

REGIONE TOSCANA



Consiglio Regionale

Pianeta Galileo

2007

a cura di Alberto Peruzzi

Con il contributo di



FONDAZIONE
MONTE DEI PASCHI
DI SIENA

Indice

Presentazione	5
Riccardo Nencini e Gianfranco Simoncini	
Introduzione	7
Alberto Peruzzi	
Antonio Meucci: inventore e tecnologo	11
Alessandro Alberigi Quaranta	
Ricordo di Antonio Meucci	17
Piero Meucci	
La principessa e il matematico: questioni di filosofia naturale nelle "Lettres" di Euler	23
Umberto Bottazzini	

Prospezioni

Quante sono le dimensioni dell'universo in cui viviamo? Dal modello standard delle particelle elementari ad un universo a molte dimensioni	45
Roberto Casalbuoni	
Scienza e musica	67
Andrea Frova	
Fisica, logica e musica	79
Maria Luisa Dalla Chiara - Eleonora Negri - Giuliano Toraldo Di Francia	
Alan Turing: tra logica e informatica	91
Giuseppe Rosolini	
Quando il computer parlava italiano: la nascita dell'informatica a Pisa negli anni cinquanta	105
Alfio Andronico	
Informatica e multimedia	141
Alessandro Trojani	
Il mangiare: natura e cultura	165
Paolo Rossi	
Steven Spielberg, il libero arbitrio e la logica trivalente	187
Andrea Sani	
Il valore della scienza per la democrazia	209
Alberto Peruzzi	

Scienza, scuola e società

La geometria dimenticata Mario Landucci	245
Il cielo sopra la Cina Lara Albanese	251
La prevenzione dei disturbi del comportamento alimentare tra i giovani: alcune riflessioni Laura Dalla Ragione	259
I disturbi del comportamento alimentare. Anoressia/bulimia: un'epidemia moderna Paola Dei	267
A proposito di Tras-formazioni Guaraní, tra paradigma sciamanico e scuola Silvia Lelli	275
Obiettivi del sistema oncologia Gianni Amunni	287
Il Polo Tecnologico di Navacchio Elisabetta Epifori	291
Qualche noterella su scienza ed editoria Virginio B. Sala	301
Giochi e giocattoli scientifici: riflessioni a partire da un'esperienza con scuole medie superiori Gruppo Sperimentale della Federazione Italiana dei CEMEA	313

Premio Giulio Preti

Il Premio Giulio Preti: per la promozione del legame fra cultura scientifica e valori democratici	329
Motivazione per il conferimento del Premio Giulio Preti (2007) a Enrico Bellone	333
Motivazione per il conferimento del Premio Giulio Preti (2007) a George Lakoff	335
Scienza e democrazia Enrico Bellone	339
La saggezza di Giulio Preti perché il cervello, la mente e il linguaggio contano per la democrazia George Lakoff	345

Presentazione

Il mondo sta per festeggiare l'invenzione del telescopio nell'anno del Giubileo galileiano, che sarà anche il punto di arrivo dell'impegno che tutti noi abbiamo messo con entusiasmo e convinzione nella promozione della cultura scientifica. Molte regioni e città italiane hanno varato iniziative per far crescere la sensibilità dei cittadini nei confronti della conoscenza di noi stessi e del mondo nel quale viviamo, ma possiamo affermare con orgoglio che la nostra scelta di puntare soprattutto sui giovani e sulle strutture scolastiche toscane si è dimostrata negli anni quella vincente. Lo evidenziano i dati dell'edizione 2007 della nostra iniziativa Pianeta Galileo, giunta al quinto anno di vita. Agli incontri, le conferenze, gli eventi organizzati dal comitato scientifico con grande competenza - e anche con notevole capacità creativa - hanno partecipato oltre 17.600 persone agli oltre 240 eventi e alle decine di iniziative che hanno avuto luogo in tutte le province per circa un mese, dal 12 ottobre al 7 novembre. Quasi la metà del pubblico era formato da studenti con Pisa seconda nella classifica delle città toscane subito dopo Firenze per numero totale di partecipanti (3.138 contro 4.463), ma prima per dimensione del coinvolgimento giovanile (2.091 contro 1.436), omaggio obbligato all'illustre concittadino. Le percentuali di crescita parlano chiaro: a Firenze il pubblico del 2007 è cresciuto del 78% rispetto al 2006, ma è quasi triplicato rispetto a quello del 2005. I maggiori incrementi si sono registrati ancora a Pisa, che l'anno scorso ha visto raddoppiare i partecipanti rispetto al 2005 e Pistoia che li ha visti quasi triplicati rispetto all'anno precedente (2.167 nel 2007 contro i 788 del 2006).

Questi dati, se visti alla luce della maggiore attenzione che i mezzi di informazione hanno dedicato alla manifestazione, ci inducono a una riflessione che va al di là della comprensibile soddisfazione nel vedere premiati i nostri sforzi, che sono notevoli e che vedono impegnati sul campo, per molte settimane, tutte le strutture operative del Consiglio.

In primo luogo ci sentiamo confortati nella convinzione che la qualità e la serietà dell'offerta culturale alla lunga si impongono in modo più duraturo rispetto ad eventi magari spettacolari, ma proprio per questo necessariamente limitati all'emozione del momento. Senza cioè che vengano coinvolti il cuore e l'intelligenza. Non è vero dunque che la sfida dell'alta conoscenza fatta direttamente con gli scienziati, i ri-

cercatori - il nostro mondo universitario ne offre tanti a livello di eccellenza - rischi di cadere nel vuoto delle superficialità quotidiane: al contrario essa è in grado di stimolare la curiosità e l'adesione dei nostri giovani.

In secondo luogo, proprio nel successo che si conferma anno dopo anno constatiamo il raggiungimento della missione che si è posta Pianeta Galileo, cioè la diffusione della cultura scientifica. La manifestazione alimenta e moltiplica l'interesse verso temi e personaggi del mondo della scienza, che vengono riconosciuti nell'edizione successiva e diventano dunque poli di attrazione per sempre più numerosi partecipanti.

La capacità di attrazione dell'attenzione del pubblico nei confronti della nostra manifestazione è fortemente aumentata anche grazie alle iniziative nuove che abbiamo introdotto nelle ultime edizioni. Mi riferisco soprattutto ai laboratori per i ragazzi, al concorso sul giocattolo scientifico, al Premio intitolato a Giulio Preti, il filosofo che ha teorizzato l'incontro fra la cultura umanistica e quella scientifica. Sono "format" che si stanno consolidando e che hanno, ovviamente, pubblici diversi. Ma proprio per questo arricchiscono la manifestazione contribuendo a trasformarla in un momento di coinvolgimento totale della società toscana, premessa a quella completezza della cultura, umanistica e scientifica ad un tempo, che è proprio di cittadini liberi, autonomi, consapevoli.

Su questa strada proseguiamo anche per il Pianeta Galileo 2008, che si avvale sempre di più dell'alleanza con il Festival della Creatività e i Caffè Scienza, nonché con la Fondazione Toscana Spettacolo che realizza gli eventi teatrali, potenziandone la capacità comunicativa. Sarà anche un'edizione propedeutica al Giubileo galileiano, un'introduzione alla rivoluzione non solo del pensiero scientifico, ma un grande momento di crescita e maturazione dell'uomo nell'affermare la sua libertà di sconvolgere gli schemi e i dogmi. Da qualunque parte essi vengano.

Riccardo Nencini

Presidente del Consiglio regionale della Toscana

Gianfranco Simoncini

Assessore all'Istruzione, formazione e lavoro della Regione Toscana

Introduzione

Pianeta Galileo è diventato nel giro di pochi anni il principale appuntamento che la Toscana dedica alla “divulgazione” scientifica. Rispetto a manifestazioni analoghe che si svolgono con periodicità in Italia e in altri paesi europei, Pianeta Galileo si contraddistingue per una serie di aspetti: la sua distribuzione sul territorio regionale invece che in una singola città, la varietà nella tipologia degli eventi (che vanno da esperienze di laboratorio per i più piccoli a conferenze su temi alla frontiera della ricerca attuale, da seminari per insegnanti a spettacoli teatrali, da mostre e visite guidate a tavole rotonde), l’interesse rivolto a iniziative che favoriscano il contatto fra ricerca e industria, lo spazio riservato a discussioni sul significato della cultura scientifica, lo stretto rapporto con il mondo della scuola (cui si correla il sostegno a esperienze innovative nella didattica delle scienze), l’attenzione alla dimensione storica delle idee scientifiche, che da accessorio diventa ingrediente formativo e dà un respiro più ampio anche alla più semplificata esposizione divulgativa. Quella che ne emerge è un’immagine a tutto tondo della cultura scientifica e del suo significato: un’immagine che, oltre a includere momenti di consapevolezza critica, sotto il profilo storico e filosofico, e momenti di stimolo alla curiosità e all’invenzione, fa di questi momenti un essenziale ingrediente alla diffusione delle conoscenze.

Qual è il posto che la conoscenza scientifica occupa nella formazione culturale dei cittadini, a partire dai più giovani, e qual è il posto che può (dovrebbe) avere nella nostra società? È una domanda che si presta a molteplici tipi di risposta, in considerazione della molteplicità di dimensioni che ne sono coinvolte (istruzione, economia, politiche sociali). L’efficacia di qualunque proposta al riguardo dipende, oltre che dal valore che attribuiamo al sapere, da quale idea ne abbiamo e da quali aspetti della scienza intendiamo promuovere allo scopo di una crescita culturale. Sembra un discorso che più vago non si può. È invece un discorso che si fa concreto e incisivo nel momento in cui si valorizzano *lo spirito della ricerca*, l’atteggiamento mentale che si coltiva nel fare ipotesi e nel controllarle sperimentalmente, lo stimolo a capire il mondo che ci circonda, la chiarezza e il rigore argomentativo. Tutto questo, naturalmente, comporta scelte d’impostazione e configura un

preciso legame tra impresa scientifica e cultura democratica.

Molte volte, pur di avvicinare il pubblico (e quello dei giovani in particolare) alla scienza, si corre il duplice rischio di una spettacolarizzazione del progresso scientifico e di una eroificazione dei grandi scienziati: se ne fanno "personaggi" e per illustrare il loro apporto ci si affida ad altri "personaggi"; al che si accompagnano concetti semplificati al massimo e ridotta capacità critica, ovvero l'esatto contrario di ciò che è richiesto dalla crescita di una feconda mentalità scientifica. Molte volte, la preoccupazione per lo stato dell'istruzione scientifica nel nostro paese porta a disquisire di metodologia didattica e a ricavarne progetti cervelotici e di problematica gestione (ed efficacia). Pianeta Galileo è una scommessa in senso opposto; una scommessa che si propone di far crescere quel tessuto che, in profondità, unisce spirito scientifico e spirito democratico. È anche una scommessa sulla possibilità di far cogliere il senso del *fare scienza* e il valore che la scienza ha rappresentato e rappresenta per la civiltà europea, non separando l'ambito scientifico da altre forme della cultura, come l'arte, la musica, la letteratura, bensì mettendone in risalto contatti e sinergie.

Con simili presupposti, la scommessa non avrebbe forse dovuto esser persa in partenza? Non rischiava di essere un raffinato esercizio accademico, una manifestazione di intenti fine a se stessa, un progetto autoreferenziale, insomma un cocktail soporifero? Che l'equilibrio fra idee ispiratrici ed efficacia comunicativa fosse difficile da conseguire è stato chiaro fin dall'inizio, nel 2004, tanto chiaro quanto forte è stata la convinzione che *capire è un piacere*, oltre che un'esigenza e un'opportunità, e che questo piacere non è poi così difficile da trasmettere. Si poteva confidare nell'intelligenza e nella curiosità dei giovani, ai quali era rivolta la maggior parte delle iniziative in programma? Si poteva confidare nella passione che anima chi fa ricerca e nella sua nitidezza nell' esporre le ricerche svolte o quelle che sta facendo senza ancora sapere a che cosa porteranno? Si poteva confidare nella partecipazione degli insegnanti, già oberati da una miriade di adempimenti?

Evidentemente, sì. Perché i risultati sono stati più che incoraggianti, non solo per l'affluenza di pubblico che è costantemente aumentata, ma anche perché si è messo in moto un circolo virtuoso fra mondo della scuola e mondo della ricerca. È così cresciuta la richiesta di distribuire ulteriormente le iniziative sul territorio, sono cresciute le richieste di proseguire e sviluppare nel tempo il rapporto iniziato fra studenti, insegnanti e ricercatori; è cresciuta la sensibilità delle istituzioni locali verso un progetto di cultura che vede al centro la diffusione del sapere

scientifico e che non si esaurisce in eventi occasionali destinati a un unico tipo di pubblico. L'iniziativa è ormai nota in Europa e, benché possa e debba sicuramente migliorare, i riscontri ottenuti hanno indotto a proseguirla e ad ampliarla.

Inauguratasi a Firenze il 12 ottobre, l'edizione 2007 di Pianeta Galileo, che ha ricevuto l'altro patronato del Presidente della Repubblica Giorgio Napolitano, si è conclusa il 24 novembre, dopo più di cento eventi, disseminati in tutte e dieci le province della Toscana.

Accanto all'incremento nel numero degli eventi proposti rispetto agli anni precedenti, l'edizione del 2007 ha visto un significativo incremento nella partecipazione del pubblico. Nel complesso, sommando gli studenti che hanno assistito alle lezioni-incontro tenutesi nelle scuole, agli insegnanti che hanno partecipato a workshop e seminari di aggiornamento e a tutti coloro che si sono iscritti a conferenze, proiezioni e tavole rotonde pomeridiane, si sono raggiunte circa 18.000 presenze, senza considerare il pubblico che è liberamente intervenuto.

Come i precedenti volumi di atti di Pianeta Galileo, anche questo dà un'idea parziale di quanto si è svolto; malgrado ciò, resta pur sempre una significativa testimonianza della varietà dei temi affrontati e dello spirito che ha animato e anima la manifestazione. Nel 2007, il programma includeva anche due giornate di studio su "Musei, biblioteche, università: diffusione della cultura scientifica e rapporto con la scuola" e su "La professionalità docente in ambito scientifico-matematico", svoltesi rispettivamente in Palazzo Vecchio a Firenze il 23 ottobre e presso il Museo di Storia Naturale del Mediterraneo a Livorno il 9 novembre. Data la quantità degli interventi in entrambe le occasioni, per non appesantire ulteriormente questo volume, gli atti relativi sono apparsi in un volume autonomo, curato da Silvana Barbacci e intitolato *Pianeta Galileo 2007: i convegni*.

Il presente volume è articolato in tre sezioni, precedute dagli interventi svolti nel corso della cerimonia inaugurale a Firenze e relativi all'opera di Antonio Meucci, di cui quest'anno ricorre il bicentenario della nascita, e dalla lezione galileiana tenuta a Pisa. Le prime due sezioni, "Prospezioni" e "Scienza e società" corrispondono a un'articolazione già presente nei volumi relativi alle edizioni 2005 e 2006 di Pianeta Galileo. La terza sezione è nuova ed è appunto motivata dall'istituzione, da parte del Consiglio regionale della Toscana, del "Premio Giulio Preti", dedicato alla memoria del grande filosofo, nato a Pavia nel 1911 e morto a Djerba in Tunisia nel 1972, che per molti anni è stato docente presso l'ateneo fiorentino. Preti ha lasciato una traccia

indelebile in chiunque abbia avuto la fortuna di assistere alle sue lezioni. La sua eredità, sul piano dell'impegno civile, come su quello della più ampia riflessione sulla cultura, è viva e feconda; e le stesse idee-guida di Pianeta Galileo trovano una loro comune radice nel modo in cui Preti inquadrava il rapporto fra scienza e cultura democratica.

In chiusura, desidero esprimere, a nome del comitato scientifico di Pianeta Galileo e mio personale, un sentito ringraziamento a tutti i relatori che sono intervenuti e ai rappresentanti delle istituzioni che hanno partecipato agli eventi in programma. Un non meno sentito ringraziamento rivolgo a tutti coloro che si sono adoperati per la buona riuscita della manifestazione sul piano operativo. Sono tante persone che, sebbene il loro nome non compaia su manifesti e depliant, hanno fatto un lavoro intenso con competenza e dedizione: lo staff presso il Consiglio regionale, le segreterie degli assessorati di Province e Comuni della Toscana, gli uffici dei dirigenti scolastici, il personale di tutte le istituzioni scientifiche e di tutte le associazioni culturali che hanno ospitato eventi in programma o hanno collaborato a realizzarli. Soltanto il loro apporto ha reso possibile il successo della manifestazione.

Alberto Peruzzi

Università di Firenze

Coordinatore scientifico di Pianeta Galileo

Antonio Meucci: inventore e tecnologo¹

I. Un secolo di inventori

Prima di trattare specificatamente della vita di Antonio Meucci (Firenze 1808 – New York 1889) conviene ricordare che essa si sovrappone all'incirca a tutto l'Ottocento ed è pertanto opportuno dare preliminarmente un quadro di tutto questo secolo, particolarmente per quanto riguarda la tecnologia e i suoi sviluppi. Gran parte delle innovazioni tecnologiche dell'Ottocento furono ottenute con scoperte di nuove conoscenze e invenzioni tecnologiche realizzate in larga misura empiricamente, con scarso supporto di razionali conoscenze scientifiche, per cui si può definire questo secolo come "il secolo degli inventori" (empirici).

Fin dall'inizio dell'Ottocento, un susseguirsi di geniali invenzioni consentì infatti la realizzazione, fra le altre, delle macchine termiche, apparati fondamentali per la generazione di grande quantità di energia meccanica e di conseguenza per l'industrializzazione della società. Grossa parte di questa attività fu basata principalmente su invenzioni empiriche, che solo dopo alcuni decenni vennero scientificamente comprese e teorizzate con il nascere della moderna termodinamica.

Un altro personaggio esemplare è quel gigante della tecnologia che fu Thomas Alva Edison (1847 – 1931) la cui genialità produsse grandi intuizioni e numerose invenzioni di grande rilevanza, da apparati telegrafici, alle lampade elettriche al fonografo, sorrette per altro da grandi capacità organizzative e dal talento dimostrato nel reperimento delle risorse indispensabili alle sue vaste attività, condotte sempre con razionalità e buone metodologie, ma senza adeguate conoscenze scientifiche, in quanto non ancora disponibili.

Al finire del secolo si ebbe invece la scoperta della radio, che Guglielmo Marconi (1874 – 1937) realizzò con grande successo, senza potere contare neppure lui su un soddisfacente insieme di conoscenze scientifiche e incontrando anche per questa ragione una diffusissima

¹ Il presente testo corrisponde all'intervento fatto nella cerimonia inaugurale di Pianeta Galileo nell'aula magna del rettorato dell'Università di Firenze il 12 ottobre 2007.

ostilità alle sue invenzioni da parte della scienza ufficiale. Ciò nonostante la radio divenne in pochi anni di impiego e diffusione mondiali.

Sia Edison che Marconi avviarono grandi imprese che utilizzarono con grande successo anche finanziario le loro invenzioni. In queste attività sia Edison che Marconi riuscirono a conquistare la fiducia di adeguati investitori e a valersi dell'opera di molti collaboratori. Una importante notazione riguarda infine le vicende giuridiche e i conflitti legali connessi a tante invenzioni che, particolarmente nella seconda metà del secolo, divennero sempre più frequenti e di crescente impegno economico, richiedendo risorse finanziarie spesso ingenti.

2. Meucci – Instancabile inventore

L'opera di Antonio Meucci si colloca nello scenario dell'Ottocento, scenario che ci aiuta a comprenderla nelle sue svariate particolarità. Ritengo che Meucci ebbe il merito di inventare il capostipite della lunga famiglia dell'attuale telefono. Questo merito, dopo più di un secolo di vicissitudini è stato finalmente riconosciuto dal Congresso degli Stati Uniti d'America che, con sentenza in data 11 giugno 2002, ha riconosciuto a Meucci il merito dell'invenzione del telefono.

Non vi è dubbio che Meucci ebbe, per tutta la sua vita, una forte attitudine a inventare nuovi dispositivi e a realizzarli (anche se non raggiunse sempre gli obiettivi che si era proposto) nonché a intraprendere nuove iniziative. Rimase sempre un autodidatta e cercò costantemente e tenacemente di aumentare le proprie conoscenze tecnologiche con la lettura di pubblicazioni della più svariata natura e livello, rendendosi conto con grande ingenuità dei limiti della sua formazione, sempre autonoma e priva di quella sistematicità che una appropriata preparazione scolastica avrebbe potuto conferirgli.

Sempre con grande tenacia perseguì gli obiettivi che si era posto, talvolta in anticipo sui dispositivi e i materiali disponibili al suo tempo, perfezionando e innovando continuamente le proprie invenzioni nonché cercando di avviare imprese industriali. Non farò qui la storia, molto ampia e diversificata, delle sue attività tecnologiche, né dei conflitti legali in cui si trovò coinvolto nella seconda parte della sua vita. Tutte queste informazioni e considerazioni trovano ampia e completa trattazione nell'ottimo volume di Franco Capelvenere: *Meucci: l'uomo che ha inventato il telefono* (Vallecchi, Firenze 2003). Intendo invece sottolineare alcuni aspetti, a mio parere di primaria importanza, della

vita di Meucci.

È importante ricordare che, oltre alla realizzazione degli apparati telefonici, riuscì a creare nella città di Baltimora la rete telefonica Globe che, pur se di piccole dimensioni (alcune centinaia di apparecchi), costituiva una prova reale del raggiungimento del principale obiettivo che Meucci si poneva come punto di arrivo della lunga sequenza di invenzioni tenacemente perseguito per la realizzazione del telefono.

Occorre a questo punto distinguere una tale realizzazione, indubbiamente raggiunta, e l'insuccesso nel creare un sistema di comunicazioni telefoniche di rilevanza, dapprima nazionale e poi mondiale. A quel tempo Alexander Graham Bell (1847 – 1922) aveva già creato reti telefoniche di comunicazione con l'installazione di molte migliaia di apparecchi. A questo punto è lecito domandarsi quali siano stati i motivi che impedirono a Meucci di affermare anche industrialmente, economicamente e finanziariamente imprese basate sulla propria invenzione.

Occorre riconoscere che per tutta la vita Meucci tentò di raggiungere tali affermazioni senza mai ottenere adeguati successi, ostacolati sempre da:

- a) scarsa conoscenza della lingua inglese;
- b) difficoltà di documentare e comunicare con precisione e chiarezza le proprie realizzazioni;
- c) una cronica incapacità a valutare sotto il profilo economico le possibilità di sviluppo delle proprie imprese;
- d) i suoi continui insuccessi caratterizzarono infatti anche altre sue iniziative (ricordiamo la fabbricazione di candele), del tutto estranee al telefono;
- e) a questi ostacoli va aggiunta la sua totale estraneità agli ambienti in cui introdursi per ottenere risorse, per una sorta di discriminazione "classista", basata sul suo aspetto esteriore e le sue lacune culturali anche tecniche;
- f) va notato che Meucci, mentre risultava molto ben accetto alla comunità italiana in cui godeva di una forte simpatia, non riuscì a intrattenere rapporti con personaggi eminenti, a differenza ad esempio di Edison che fu per molti anni buon amico di Ford;
- g) inoltre, Meucci non riuscì a (o non volle) costituire un valido gruppo di collaboratori che lo aiutassero nelle sue attività.

In definitiva, mentre si può confermare il valore di Meucci nella

sua geniale attività di inventore, occorre riconoscere la sua ingenuità e incapacità ad addentrarsi nel mondo degli affari e a reagire adeguatamente alla concorrenza di Bell.

Purtroppo, anche i personaggi con cui riuscì a collaborare per intraprendere l'utilizzazione industriale ed economica della sua invenzione non furono certamente all'altezza di competere con Bell e il suo folto gruppo di collaboratori fra i quali – è indispensabile ricordarlo – erano presenti personaggi di ottimo livello, con una diversificata gamma di competenze. Bell poteva infatti contare non solo su tecnici di valore, ma anche su giuristi, esperti in grado di convincere adeguati finanziatori e infine di organizzatori in grado di dare vita in pochissimi anni e poi gestire un gruppo di telecomunicazioni di grande dimensione.

L'aspetto che maggiormente colpisce, nel confrontare l'opera di Meucci e quella di Bell, è l'enorme disparità dei numeri che caratterizzarono le due iniziative, che differirono ben presto di fattori pari a migliaia, e ben presto anche di centinaia di migliaia. A ciò si aggiunse ben presto la diffusione internazionale dell'iniziativa di Bell.

La tenacia di Meucci nel perseguire la priorità della propria invenzione, veniva oscurata dall'enorme diffusione degli apparati del gruppo Bell, caratterizzata appunto dal grandissimo potere economico – e quindi politico e industriale – che quest'ultimo gruppo assunse fin dai suoi primi anni di vita.

Il confronto delle dimensioni assunte dalle due iniziative lasciava facilmente prevedere che la battaglia industriale, condotta con tanta tenacia da Meucci, era destinata inevitabilmente alla sua sconfitta.

Occorre riflettere sulla profonda diversità tra l'invenzione e il suo sfruttamento industriale ed economico. Considerazioni basate su esperienze per lo più posteriori alla vicenda di Meucci hanno mostrato che il "costo" di un'invenzione risulta quasi sempre pari a circa il 10% della spesa totale necessaria per la realizzazione industriale e commerciale – e quindi ai ritorni economici – dell'invenzione stessa.

La figura di Meucci desta indubbiamente stima e simpatia per le sue qualità umane e per la sua tenacia e genialità ed è indubbiamente molto disdicevole che si sia atteso più di un secolo perchè gli fosse riconosciuto il merito prioritario della sua invenzione, fondamentale per lo sviluppo della nostra società.

3. Dalle invenzioni al trasferimento tecnologico

Il trasferimento tecnologico si effettua quando le conoscenze raggiunte in un settore scientifico, vengono utilizzate per supportare la realizzazione di prodotti e/o processi suscettibili di applicazioni tecnologiche e per dare quindi vita ad attività di rilevanti positive conseguenze nell'industria e nei servizi anche sotto il profilo economico. Tale trasferimento non poteva avvenire facilmente nel "secolo degli inventori", mancando ancora un adeguato corpo di conoscenze scientifiche a cui attingere, e ricorrendo quindi, come abbiamo visto anche nel caso di Meucci, a istituzioni e procedimenti empirici, intrapresi dagli inventori.

Soltanto sul finire dell'Ottocento cominciarono a verificarsi alcuni importanti casi che possiamo considerare di trasferimento tecnologico.

La chimica e l'elettrotecnica furono due settori in cui i risultati delle ricerche consentirono ad esempio grandi progressi nella farmaceutica e nello sviluppo di macchine elettriche.

In altre parole, si può schematizzare il procedimento di trasferimento tecnologico come un arco in cui due pilastri (scienza e applicazioni) risultano di circa pari altezza e sufficientemente vicini perchè si possa realizzare l'arco che li unisca (trasferimento tecnologico).

Nel corso del ventesimo secolo il trasferimento tecnologico divenne il procedimento più diffuso, crescendo da un lato le conoscenze scientifiche e dall'altro la domanda di nuove applicazioni.

Soltanto qualche decennio dopo la scomparsa di Meucci le conoscenze ottenute sull'elettrone e la così detta ottica elettronica, consentirono di sviluppare nuovi componenti (tubi a vuoto) che permisero di potenziare telefoni, radio e tutta una generazione di apparati elettronici per applicazioni le più disparate, dalle telecomunicazioni ai controlli industriali e all'elaborazione di calcoli matematici, solo per citarne alcuni. Edison, Marconi e tanti altri vissero abbastanza a lungo per poter cominciare ad effettuare trasferimenti tecnologici, anche per l'orientamento che le applicazioni richiedevano per ottenere nuovi apparati. La domanda applicativa suscitò la disponibilità di risorse sempre più crescenti da parte di settori sia pubblici che privati, con precedenza ai trasferimenti più facilmente effettuabili e meno costosi, ma che non si esitò ad accrescere impegnandosi in procedimenti sempre più ardui.

La storia dell'elettronica è fondata pressoché esclusivamente su

trasferimenti sempre più sofisticati tra le crescenti conoscenze sugli elettroni e le conseguenti opportunità applicative. I laboratori di ricerca che i gruppi industriali crearono nella prima metà del secolo scorso testimoniano questa tendenza e si può senza tema di smentita affermare che lo sviluppo dell'elettronica non avrebbe potuto avvenire senza il continuo e cospicuo fluire di nuove conoscenze scientifiche.

Oggi il trasferimento tecnologico è divenuto così importante e nel contempo abituale che non si riesce più neppure ad immaginare una evoluzione delle industrie e dei servizi senza tali trasferimenti.

L'opera di Meucci va quindi giustamente valutata nell'ambito del suo tempo e delle possibilità che offriva alla inventività di Meucci, cui vanno comunque riconosciuti i grandi meriti di intelligenza, tenacia e perseveranza di cui ebbe purtroppo dai suoi contemporanei così scarsi riconoscimenti.

Alessandro Alberigi Quaranta

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Ricordo di Antonio Meucci

Quando il 13 aprile dell'anno prossimo celebriamo il bicentenario della nascita di Antonio Meucci, potremo ufficialmente anche mettere la parola fine alla leggenda dell'eroe buono, geniale ma perdente, insomma un capitolo dell'italico vittimismo. Fra gli addetti ai lavori questa leggenda è da tempo in declino grazie a ricercatori di grande spessore come Basilio Catania, ma nella cultura popolare è ancora saldamente radicata, nonostante che, negli ultimi venti anni, la storia abbia dato definitivamente ragione all'inventore fiorentino e abbia stigmatizzato il comportamento sleale del suo rivale, Alexander Graham Bell. Meucci d'ora in avanti deve essere visto come l'uomo che si è battuto per il riconoscimento dei suoi diritti e al quale l'America si è inchinata, seppure 100 anni dopo la sua morte. Grande il concittadino, e grande anche l'America. Del resto il caso non era mai stato chiuso. Basta sfogliare le rassegne stampa del secolo scorso per averne un'idea. In famiglia ne abbiamo di ritagli, che sono passati di mano in mano da nipote a nipote per corroborare una convinta tradizione familiare.

Parlando di anniversari, ce n'è uno, meno rotondo del bicentenario, che deve essere ricordato: sono passati 23 anni da quando l'Antitrust americano ha smontato il gigante della telefonia mondiale At&t, American Telephone and Telegraph. Nel 1984 la creatura di Bell - qualcuno si ricorderà che fu molto chiacchierata per il ruolo svolto nell'America del Sud delle dittature militari - fu condannata per violazione dei principi della concorrenza e costretta a smembrarsi nelle cosiddette "baby Bell", società regionali indipendenti che si spartirono pezzi di mercato e cominciarono a competere fra di loro, dismettendo anche il nome del fondatore. Nessuno allora lo scrisse, perché Meucci era ancora un personaggio da sussidiario per le scuole inferiori italiane (con ogni tanto qualche buona iniziativa da parte delle istituzioni, come quella del Presidente del Consiglio Bettino Craxi, che nel 1985 lo ricordò in un suo viaggio negli Stati Uniti), ma quella sentenza non fu che l'atto finale della lunga causa che gli Usa tentarono contro la Bell company accusandola di comportamento monopolistico.

Diciotto anni dopo, l'11 giugno 2002, Meucci ha vinto anche la battaglia che gli ha restituito il merito di avere sviluppato per primo l'invenzione che ha lanciato l'umanità nella modernità: il telefono,

strumento per la trasmissione della voce per via elettrica. Quel giorno, infatti, il Congresso degli Stati Uniti ha approvato la risoluzione numero 269, presentata dal deputato Vito J. Fossella, che rimetteva insieme il frutto del lavoro fatto negli anni da Catania e dal giudice della Corte suprema dello Stato di New York, Dominic R. Massaro. Nei documenti preparatori veniva ammesso in modo definitivo che Bell aveva potuto consultare i disegni e leggere le relazioni tecniche di Meucci, prima di depositare il suo brevetto nel 1876, cinque anni dopo il caveat (il brevetto provvisorio annuale) con il quale Meucci tentò di tutelare un'intuizione che risaliva al 1849, quando viveva ancora all'Avana. Nella capitale cubana c'è una lapide che ricorda il primo esperimento di trasmissione della parola per via elettrica che fu apposta all'esterno del teatro Tacòn, nel 1999. Meucci rese una testimonianza nella causa che opponeva la Bell alla Globe, la società che aveva acquistato la sua invenzione, nella quale descrive il momento cruciale della sua scoperta: "All'Avana, per mezzo di qualche piccolo esperimento, arrivai a scoprire che con uno strumento messo all'orecchio e con l'aiuto di un cavo elettrico e di un cavo metallico poteva essere trasmessa la parola esatta tenendo il conduttore in bocca". Ciò avveniva, dunque, 27 anni prima dell'entrata in scena dello scozzese.

Si tratta ovviamente di soddisfazioni postume che non possono ridare al nostro concittadino quello che gli è stato sottratto, né cambiare il corso di una vita che negli ultimi anni fu amareggiata dalla povertà e da delusioni di ogni genere. E tuttavia sono decisive per fare giustizia di mitologie e pregiudizi, positivi e negativi, incrostazioni dure a morire che si sono accumulate in questo secolo, relegando Meucci nella schiera dei personaggi minori, tra i quali c'è anche Dorando Petri, l'atleta che non vinse le Olimpiadi di Londra del 1908 perché fu aiutato ad alzarsi da un giudice di gara. Eroi cavalieri di battaglie perdute.

Pregiudizi che le celebrazioni dell'anno prossimo dovrebbero seppellire per sempre. Fra i più freschi difensori del vecchio cliché, c'è per esempio il politologo Giuliano da Empoli, che dopo aver parlato della nostra storia come una delle tante senza lieto fine, definisce "la sindrome di Meucci" come quella "grave deficienza" del sistema produttivo italiano che si manifesta di solito con un'unica domanda: "Se l'idea è nostra, perché loro sono riusciti a farci i soldi?". E allora, alzando gli occhi, si vedono in giro tanti Meucci, cioè tante idee italiane che altri hanno trasformato in business. Altri hanno costruito imperi industriali, sulla pizza, il cappuccino, il design industriale italiano.

Il problema è reale, ma è sbagliata la premessa. Tante cose si possono

dire di Meucci, tranne che sia il modello dell'ingenuità, dell'astrattezza, dell'incapacità di valutare la portata industriale della sua invenzione. Al contrario. In un mondo esplosivo come quello americano della seconda metà dell'Ottocento, dopo la fine della guerra civile, il fiorentino aveva chiarissima l'importanza della tutela della proprietà della sua idea. Tanto è vero che – secondo i risultati degli studi più recenti - il suo trasferimento negli Stati Uniti non fu dovuto all'incendio del teatro Tacòn dell'Avana, ennesima stazione della leggendaria "via crucis" meucciana, quanto dalla convinzione di avere in mano le carte giuste e i denari sufficienti per conquistare il mercato più promettente, e anche più aperto, che ci fosse allora. Sapeva che in quel contesto dove la competizione avveniva senza esclusione di colpi, ma dove c'era la possibilità di tentare la grande fortuna, doveva imporre il suo teletrofono. Non trovò alleati potenti, ma non per sua dabbenaggine. Edward Grant, vicepresidente della American District Telegraph Co., avrebbe potuto cambiare il corso della sua vita . Il problema stava nel fatto che aveva già scelto il suo cavallo, Bell, nelle tasche del quale probabilmente aveva smarrito – come ebbe l'impudenza di annunciare al mancato socio - i disegni che il fiorentino gli aveva portato. Con Bell, Grant stipulò un accordo in seguito al quale poté contare sul 20% dei profitti del nuovo ricchissimo business telefonico.

Qualcuno evidentemente giocò sporco e le carte dei numerosi processi che segnarono la nascita del telefono ne lasciano tracce molto precise. La dimostrazione più lampante è la sentenza del giudice William Wallace della Corte distrettuale di New York che non si vergognò di affermare che l'apparecchio, al quale Meucci aveva dato il nome di teletrofono, non aveva niente a che vedere con l'elettricità. La conclusione appare talmente infondata da far pensare che la sua sia stata una di quelle sentenze suicide - ne conosciamo anche da noi - che stabiliscono qualcosa di grossolanamente contraddittorio e che aspettano dunque solo di essere cassate, dopo aver dato ottimi risultati per chi vuole guadagnare tempo.

La sentenza fu emessa nel 1887, due anni prima che Meucci morisse. La battaglia giudiziaria fu perduta, sostanzialmente perché Bell aveva messo in piedi in pochissimo tempo un impero di centinaia di migliaia di utenti, una forza che fu difficile anche per il procuratore federale mettere in discussione, non solo a causa delle sue dimensioni, ma anche per il prestigio che la rivoluzione telefonica portava alla democrazia americana, impegnata in una furiosa competizione con le vecchie potenze europee. Tutto ciò emerge con chiarezza dal libro

del giornalista Franco Capelvenere, che ha contribuito a riportare il personaggio Meucci alla ribalta dell'interesse nazionale.

La corsa al telefono fu come la corsa all'oro. In tanti parteciparono e in tanti rimasero delusi. Oggi è stato definitivamente riconosciuto anche dai suoi più grandi rivali che il vincitore fu Meucci e che ancora il nome di un fiorentino è all'origine della civiltà contemporanea fondata sulla comunicazione. Meucci era un grande combattente, onesto e leale, come il suo amico Giuseppe Garibaldi. Difficile sottrarsi alla tentazione di paragonare i due amici: idealisti, generosi, geniali nel loro rispettivo campo, politicamente un po' naïf, come sovente accade a chi nutre una fede forte.

Riflettendo sulla vicenda Meucci, quattro sono gli aspetti che, a mio parere, devono essere messi in evidenza:

1) Il fatto che un'idea innovativa, così cruciale per lo sviluppo della società contemporanea, sia venuta in mente a un giovane formatosi all'Accademia di Belle Arti di Firenze, poi diventato capo macchinista al Teatro La Pergola, fa riflettere sul rapporto che c'è fra la creatività artistica e ogni altra forma di pensiero innovativo. Fra parentesi, andare in teatro a vedere e toccare il tubo che fu installato da Meucci per creare un collegamento fra i macchinisti di scena e quelli del sipario, è un'emozione, che si prova sempre quando si incontrano le tracce di una storia che ci riguarda così da vicino.

Ritengo che questa circostanza possa risultare anche un buon antidoto al pessimismo, quando si discute sui problemi connessi alla formazione dei giovani in un ambiente come il nostro che non favorisce l'impiego per l'alta qualificazione.

Dire di una persona che "di professione fa l'inventore" oggi non ha senso, perché la ricerca viene condotta da team ad alta specializzazione, in laboratori che richiedono ingenti investimenti in attrezzature e macchinari. Nell'Ottocento, invece, chiamarsi inventore era una declinazione del creativo, qualcosa di mezzo fra l'artigiano, il tecnico, lo scienziato e l'artista. Si trattava in genere di personalità determinate che si imponevano per la loro forza di volontà, la capacità di interessare e coinvolgere le persone, la loro fiducia incrollabile in ciò che stavano facendo. Se si scorre l'elenco delle invenzioni, innovazioni e scoperte diverse dal telefono fatte da Meucci, si può avere un'idea precisa della sua grande creatività. Si scopre per esempio che inventò anche bibite effervescenti vitaminiche e salsa per alimenti che secondo alcuni anticipa le tecnologie moderne per le conserve alimentari.

2) Una seconda riflessione, tuttavia, mette in evidenza che nell'era del "team di ricerca", anche l'individuo può avere un ruolo propulsivo per l'innovazione. Certo oggi, come ha recentemente dichiarato Federico Faggin, l'inventore del microchip, l'invenzione non può essere il frutto di un genio solitario: scienziati, inventori e ingegneri sanno unire le loro forze con gli imprenditori, i manager, il "venture capitalism" per dare vita a nuove invenzioni e portarle sul mercato.

Ma, nella mia attività professionale, mi è a volte capitato di incontrare personaggi e storie che richiamano quanto accadde a New York nella seconda metà dell'Ottocento. Per esempio il caso di Andreas Pavel, giovane tedesco che aveva concepito e brevettato il "walkman", il sistema di lettura magnetica portatile di musicassette. Il brevetto valeva però solo per i Paesi europei, mentre il potente fondatore della Sony Akio Morita stava per lanciare sul mercato l'idea che ha contribuito al successo del colosso giapponese. La mitologia Sony voleva che fosse stato Morita in persona a inventare l'apparecchio, per cui Pavel dovette combattere per anni contro i principali studi legali del mondo. La battaglia si è chiusa nel 1999, con una transazione economica, ma questa vicenda insegna che anche nel millennio delle squadre e dei grandi investimenti resta ancora un po' di spazio per l'idea concepita da un singolo cervello. Proprio per questo è importante che personaggi come Meucci rimangano ben presenti nel ricordo, perché la loro lezione va al di là dell'esempio generico che sempre offre una forte personalità.

3) La terza lezione da trarre dalla figura di Meucci riguarda la cultura della proprietà intellettuale, cioè la consapevolezza che, nella società della conoscenza, le idee hanno un valore sempre maggiore sul mercato soprattutto se hanno alte potenzialità di applicazione industriale. L'inventore fiorentino questo lo ebbe ben chiaro, anche se gli strumenti a sua disposizione per difendersi erano troppo limitati di fronte al nascente colosso industriale di oltre oceano, a partire dal fattore umano. Che l'inventore del telefono fosse ben consapevole degli imperativi del nuovo sistema economico internazionale lo rivelano le sue lettere: "Unitevi alle arti e al commercio, e sarete felici: niente manca all'Italia", raccomandava al fratello Giuseppe nel 1863.

4) C'è un'ultima riflessione che mi sta a cuore e riguarda il ruolo della stampa in tutta questa vicenda. I giornali americani presero le parti dell'italiano, certo anche perché il personaggio colpiva più

l'immaginazione popolare degli aspiranti magnati wasp, e soprattutto quella dei membri delle comunità di immigrati pienamente coinvolti nel sogno americano. In ogni caso, la storia ha dimostrato che i giornalisti fecero bene il loro lavoro, prendendo le parti giuste in difesa del più debole contro le potenze economiche che stavano dalla parte di Bell. Un caso di buon giornalismo che dovrebbe insegnarci, a noi operatori dell'informazione, che si deve sempre dare ascolto a chi ha qualcosa da dire, anche se questo colpisce interessi molto più vasti e potenti di lui.

Per concludere, devo dire di avere una predilezione per Antonio Meucci, non solo perché - banalizzo - il nome che porto mi ha avvantaggiato negli esami di fisica (la prima domanda era inevitabilmente sul telefono, tanto per sdrammatizzare la prova).

Se mi è permesso sintetizzare in due parole, ho cercato di seguire le sue raccomandazioni: non smettere di sperimentare e mai darsi per vinti. Credere in ciò che si fa e difenderlo fino in fondo.

Piero Meucci

*Direttore Agenzia per l'Informazione
del Consiglio regionale della Toscana*

La principessa e il matematico: questioni di filosofia naturale nelle "Lettres" di Euler¹

I primi due volumi delle *Lettres à une princesse d'Allemagne sur divers sujets de physique et de philosophie*, le lettere che tra il 1760 e il 1762 Euler scrive alla principessa d'Anhalt-Dessau, nipote di Federico II, escono a Pietroburgo nel 1768. Le *Lettres* sono ancora fresche di stampa quando Lagrange, scrivendo a d'Alembert il 1 giugno 1769, non esita a definirle un'opera che "per il suo onore Euler non avrebbe mai dovuto pubblicar^È". Sullo stesso tono è la pronta risposta (16 giugno) del matematico francese, che ancora non ha avuto modo di leggerle: "Non mi dispiacerebbe neppure di vedere le sue *Lettres*. Da quanto mi dite si tratta del suo commentario sull' *ApocalissÈ*'. Visibilmente, d'Alembert immagina che le *Lettres* di Euler siano qualcosa di assimilabile al trattato sull'Apocalisse di Newton. In ogni caso, la sua conclusione è perentoria: "Il nostro amico Euler è un grande analista, ma un pessimo filosofo".

A Berlino, dove Lagrange si è trasferito da qualche anno per prendere il posto di Direttore della Classe di scienze della locale Accademia, lasciato vacante da Euler ritornato a Pietroburgo, le comunicazioni con la capitale russa sono più spedite che a Parigi. Lagrange s'incarica di fargli avere una copia: "vi divertiranno - promette - per le sortite che vi troverete contro gli *esprits forts*". Come la seguente (Lettera 90), dove Euler risponde 'alle obiezioni che quasi tutti i sistemi filosofici rivolgono contro la preghiera'². Secondo Euler, "quando Dio ha stabilito il corso del mondo e ha disposto tutti gli avvenimenti che dovevano accadervi, ha prestato attenzione a tutte le circostanze che avrebbero dovuto accompagnare ciascun avvenimento", comprese le preghiere e i voti di "ciascun essere intelligente".

¹ Testo della Lezione Galileiana, tenuta il giorno 16 novembre a Pisa, presso il Centro Ennio De Giorgi nell'ambito di Pianeta Galileo 2007.

² Le citazioni dalle lettere di Euler sono tratte da: L. Euler, *Lettere a una principessa tedesca*, 2 voll., Bollati Boringhieri, Torino 2007.

Insomma, quando uno prega, dice Euler, non si deve immaginare che la preghiera pervenga solo allora a conoscenza di Dio, che l'ha già intesa "fin dall'eternità" e ha "disposto espressamente il mondo in favore di questa preghiera". Il suo compimento è dunque "una conseguenza del corso naturale degli avvenimenti", senza bisogno di alcun intervento miracoloso. Ecco perché "l'ordinamento del corso del mondo, una volta fissato, ben lontano dal rendere inutili le nostre preghiere, come sostengono gli *esprits forts*, accresce piuttosto la nostra fiducia" nel fatto che le nostre preghiere sono già "disposte nel piano del mondo". Non c'è dubbio che affermazioni come queste non potevano non divertire *esprits forts* come d'Alembert o Voltaire, materialisti che, scrive Euler nella Lettera 80, si vantano di quel titolo "quantunque vogliano bandire dal mondo l'esistenza degli spiriti, cioè degli esseri intelligenti e ragionevoli". Campioni di una "saggezza immaginaria", che "vogliono distinguersi dal popolo" anche se tutta la loro saggezza "trae la sua origine dal modo grossolano con cui si è ragionato sulla natura dei corpi, cosa che non torna certamente a loro gloria".

Nonostante le promesse, il 2 agosto Lagrange non ha ancora inviato l'opera all'amico. Ma in fondo non è cosa grave, egli si giustifica, poiché quelle *Lettres* "non hanno altro merito che quello di essere uscite dalla penna di un grande geometra". A stretto giro di posta, il 7 agosto d'Alembert, che nel frattempo ha avuto modo di avere tra le mani l'opera di Euler, gli risponde: "avete ben ragione a dire che non avrebbe dovuto far stampare quest'opera per il suo onore. È incredibile che un così gran genio come lui in geometria e in analisi sia in metafisica inferiore allo scolaro più piccino, per non dire così piatto e assurdo. È davvero il caso di dire *Non omnia eidem Dii dederÈ*".

L'opera che, secondo Lagrange e d'Alembert, per il suo onore Euler non avrebbe mai dovuto pubblicare, ebbe invece uno straordinario successo di pubblico, con traduzioni e ristampe innumerevoli, tanto da diventare un classico della divulgazione scientifica. Come nella migliore divulgazione, le *Lettres* si fanno leggere da tutti, e la principessa diventa la finzione per un interlocutore immaginario. La semplicità della prosa può trarre in inganno, ma non si tratta di una lettura superficiale. E neppure di un trattato, ridotto in forma divulgativa per comodità d'esposizione, anche se Euler è un maestro in quell'arte, come ha dimostrato con *l'Introductio in analysin infinitorum* (1748) e le più recenti *Institutiones calculi differentialis* (1755). Alle *Lettres* affida le sue convinzioni più profonde in materia di fisica e di metafisica, affrontando le diverse questioni in maniera tematica, per gruppi di

lettere.

Certo, con d'Alembert, si può rimproverare ad Euler la superficialità, se non addirittura la piattezza degli argomenti quando si tratta di metafisica e di religione, il suo dar credito ad ogni sorta di credenze, dagli spiriti agli spettri e agli angeli - dei quali si sofferma ad argomentare seriamente sulla liceità o meno di attribuir loro estensione e massa. Tuttavia non bisogna dimenticare il vero terreno su cui si muove Euler, quello della critica serrata delle teorie sostenute dalle filosofie contemporanee (dai cartesiani ai newtoniani ai seguaci di Wolff che dominavano nelle università tedesche) nel campo dei principi della scienza (della filosofia naturale, come allora si diceva). Le idee di Euler - lontano dall'essere risibili o degne di compatimento, come sembra suggerire d'Alembert - toccano punti delicati e controversi e rivelano una sicura originalità, alla quale non fu indifferente lo stesso Kant. D'altra parte, come vedremo, le sue idee non mancarono di esercitare una riconosciuta influenza anche sulle concezioni di filosofia naturale di Riemann.

In un frammento (senza data, ma con buona evidenza databile alla metà degli anni Cinquanta dell'Ottocento) Riemann scriveva infatti che il suo "lavoro principalÈ' riguardava non tanto i contributi matematici per cui è diventato celebre, ma una "nuova interpretazione delle leggi di natura" e riconosceva di essere stato condotto a queste ricerche dallo studio da un lato delle opere di Newton e Euler, e dall'altro, di Herbart". Non è certo un'indicazione bibliografica molto precisa, ma ci sono passi nelle *Lettres* di Euler che lasciano fondatamente congetturare che quell'opera (inserita insieme agli altri scritti di filosofia naturale nella cosiddetta edizione di Bruxelles (1838) delle opere di Euler) fosse sul tavolo di Riemann quando scriveva i frammenti e gli abbozzi di teoria unitaria dei fenomeni naturali, che ci sono pervenuti nelle carte del suo *Nachlass*.

1. Tra Descartes e Newton

Una delle grandi novità delle *Lettres* è data dal fatto che, in un quadro teorico che ormai vede il trionfo del newtonianesimo sulla filosofia cartesiana, Euler non esita a riprendere argomenti e tesi dei cartesiani, che si ritenevano oramai destinate all'archivio delle teorie errate di cui è ricca la storia della scienza.

Solo pochi anni prima, quelle tesi erano state messe in ridicolo

dall'ironia di Voltaire nelle sue *Lettres philosophiques* (1734): "Un francese che capiti a Londra trova che le cose sono molto cambiate nella filosofia come in tutto il resto. Ha lasciato il mondo pieno e lo trova vuoto. A Parigi l'universo lo si vede composto di vortici di materia sottile. A Londra nulla si vede di tutto questo. Da noi in Francia è la pressione della Luna a causare il flusso del mare; presso gli inglesi è il mare a gravitare verso la Luna". Al fondo, però, Voltaire doveva riconoscere che le 'metafisichÈ di entrambi i sistemi erano altrettanto oscure: "Presso i cartesiani tutto avviene per effetto d'un impulso incomprendibile; per Newton, invece, in forza di un'attrazione di cui non si conosce meglio la causa".

I cartesiani che dominavano nell'Accademia delle scienze di Parigi erano forse disposti a riconoscere la maggiore precisione matematica della teoria newtoniana rispetto alle troppo spesso vaghe formulazioni della fisica di Descartes – "una fisica matematica senza matematica", l'ha efficacemente definita Koyré - ma certo non erano pronti a dar credito né all'esistenza del vuoto né all'attrazione dei corpi celesti.

Le divergenze sul sistema del mondo si traducevano poi in una questione molto concreta: qual è la forma della Terra? "A Parigi ci si raffigura la Terra come un melone, a Londra come appiattita ai due poli" scriveva Voltaire. Infatti quella era la forma della Terra stando alla teoria cartesiana dei vortici, mentre Newton aveva concluso che per effetto della gravità e della rotazione attorno all'asse, "gli assi dei pianeti sono minori dei diametri perpendicolari ai medesimi assi". Per restare nel paragone di Voltaire, a Londra la Terra assomigliava ad un'arancia, piuttosto che a un melone.

Agli occhi di Voltaire, Newton incarna la scienza moderna. La scienza consapevole dei propri limiti, che si basa sui dati dell'esperimento e dell'osservazione, e si affida alla matematica e non a una metafisica *a priori* come invece fanno Cartesio e i suoi seguaci con le loro ipotesi fantastiche sulla natura e le proprietà della materia. Insomma, da una parte la verità trionfante, dall'altra l'errore. Nelle stesse *Lettres philosophiques* Voltaire (fingendosi Newton) aveva scritto, a proposito dell'attrazione, di aver scoperto una nuova proprietà della materia, di aver rivelato "uno dei segreti del creatorÈ' e di averne "calcolato e dimostrato gli effetti". E ai cartesiani obiettava che "a meritare la qualifica di qualità occulte sono i vortici, la cui esistenza non è mai stata dimostrata. Invece l'attrazione è una cosa reale, perché se ne dimostrano gli effetti e se ne calcolano le proporzioni". Quale ne è la causa? Voltaire nei panni di Newton non esitava a scrivere: "la causa di

questa causa è nel grembo di Dio”.

Una sentenza definitiva sembrava esser stata pronunciata dallo stesso Voltaire nella prefazione all’edizione francese dei *Principia* (1759) di Newton: “se vi fosse ancora qualcuno talmente stolto da difendere la materia sottile e scanalata, da affermare che la Terra è un Sole coperto da una crosta, che la Luna è stata trasportata nel vortice della Terra, che la materia sottile produce gravità e tutte quelle altre fantastiche opinioni che si sostituirono all’ignoranza degli antichi, si potrebbe allora dire: quest’uomo è un cartesiano; se poi credesse nelle monadi, si potrebbe dire: è un leibniziano. Ma non ci sono newtoniani, così come non ci sono euclidei. È privilegio soltanto dell’errore quello di dar nome a una setta”. Con la cruda efficacia della sua penna pungente Voltaire delinea il modo di sentire che si sta affermando, a Parigi come in tutta l’Europa colta. Quando Euler scrive le sue lettere, l’edizione francese dei *Principia* profuma ancora di inchiostro.

Nelle parole di Voltaire si trovano molti dei temi che Euler affronta in un gruppo di lettere sulla gravitazione universale e il ‘sistema del mondo’. Egli comincia (Lettera 45) con la discussione della forza di gravità o ‘pesantezza’, considerata come una proprietà generale di tutti i corpi conosciuti (perché, aggiunge Euler senza ironia, “potrebbero esserci corpi privi di peso, come i corpi degli angeli, che sono qualche volta apparsi”). Angeli e spettri a parte, che non conosciamo, tutti gli altri corpi a noi noti - conclude Euler - condividono questa proprietà della pesantezza.

Contrariamente a d’Alembert, che alla voce *Gravité* dell’*Encyclopédie* aveva distinto tra *pesanteur* e *gravité* (quest’ultima si riferisce solo alla causa che fa cadere i corpi, mentre la prima si riferisce talvolta all’effetto di questa forza su un corpo particolare) Euler usa indifferentemente i due termini, anche se quando parla del fenomeno proprio non solo della Terra, ma di tutti i corpi celesti, userà solo il termine ‘gravità’.

Al di là della terminologia, la questione filosofica fondamentale riguarda la natura di questa forza. Si tratta cioè di una forza che agisce ‘in modo invisibile sui corpi, spingendoli verso il basso’ oppure di una ‘qualità interna essenziale alla loro natura’? Insomma, la causa della pesantezza, della gravità, risiede fuori dai corpi, in qualche ‘materia sottile’ o invece è interna e peculiare ad essi? Si annuncia qui una questione assai dibattuta all’epoca, e che si ritrova nelle pagine di Euler, come un aspetto della più generale discussione sulla natura della gravitazione universale.

Euler introduce ‘la scoperta della gravitazione universale fatta

dal grande Newton' nella Lettera 52, dando credito al racconto della mela riportato dai primi biografi. Newton ha chiamato il suo sistema della gravitazione universale, dice Euler, perché tutti i corpi celesti sono dotati della proprietà che ogni corpo è 'sospinto' verso l'altro da una forza simile alla pesantezza o gravità e tuttavia questa forza "è assolutamente invisibile, noi non vediamo nulla che agisca sui corpi". L'uso dei termini non è indifferente. Quando si dice che un corpo è "sospinto" verso un altro si evoca l'idea di una forza esterna agente sul corpo. Alla voce *Attraction* dell' *Encyclopédie* d'Alembert aveva scritto che, "secondo l'uso comune di parlare si dice che un corpo *A* è attratto da un altro corpo *B* quando *A* è legato o attaccato a *B* mediante una corda, una correggia, un bastone; è così che un cavallo tira un carro o una barca". In generale, continua d'Alembert, si parla di attrazione tra due corpi quando "il primo comunica un movimento al secondo mediante qualche corpo posto fra i due". Inoltre, "i filosofi antichi e moderni" parlano di attrazione anche quando si vedono due corpi liberi, lontani tra loro, che si avvicinano reciprocamente, senza che se ne scorga la causa.

Euler riprende l'immagine di d'Alembert (Lettera 54) per concludere altrimenti: se vedessimo un carro seguire dei cavalli senza essere attaccato ad essi, e senza vedere corde o altri strumenti in grado di collegarli, non diremmo che il carro è attratto dai cavalli. Saremmo piuttosto portati a credere ("a meno che si tratti dell'effetto di qualche incantesimo") che il carro è spinto da una qualche forza, anche se noi non vediamo nulla. Altrove (Lettera 53) l'immagine che Euler suggerisce è quella del magnete, che attrae il ferro senza che ne sia data da vedere la causa, un fenomeno che a suo parere ("si è ormai sicuri") è dovuto a "una materia estremamente sottile che attraversa i pori del magnete e del ferro". Si può dunque parlare di attrazione del ferro da parte del magnete, a patto di non dimenticarne la causa. Analogamente, a suo parere, accade con l'attrazione gravitazionale.

2. Un'ipotesi controversa?

L'attrazione reciproca del Sole e degli altri pianeti spiega le perturbazioni dei moti planetari ("tutti questi disturbi sono stati verificati dall'esperienza, e ciò ha portato il sistema dell'attrazione universale al più alto grado di certezza, tanto che nessuno può più dubitare della sua verità"). Euler omette di ricordare che egli stesso vi

ha contribuito in maniera determinante, e che ancora pochi anni prima il grande matematico A. Clairaut – un newtoniano convinto, che aveva partecipato alla spedizione in Lapponia guidata da Maupertuis per misurare l'arco di meridiano e trovare conferma alle tesi di Newton – aveva letto all'Accademia di Parigi una memoria *Du système du monde dans les principes de la gravitation universelle* (1747) in cui annunciava la sensazionale conclusione che il moto reale della Luna, come risultava dalle osservazioni astronomiche, non sembrava in accordo con l'orbita teorica calcolata sulla base della teoria newtoniana. Fino a che punto era valida la legge dell'inverso del quadrato della distanza?

“Non vedo ancora la necessità di ricorrere ai vortici per rimediare alla legge del quadrato delle distanzÈ’, aveva scritto Clairaut ad Euler, tuttavia “tutta la gravitazione non mi sembra che un’ipotesi controversa”. Analoga l’opinione di Euler: la legge di Newton non gli sembrava sufficiente per “spiegare i fenomeni”. Nella *Theoria motuum planetarum et cometarum* (1744) Euler aveva trattato in maniera esaustiva il problema di due corpi che si attraggono secondo la legge di Newton, studiando in particolare i moti e le orbite delle comete. Le cose si complicano grandemente non appena si considerano tre corpi - il modello astratto del sistema Sole, Terra, Luna. Nella situazione reale, la presenza di altri pianeti complica ulteriormente le cose. Si hanno dei moti perturbati, e furono proprio le perturbazioni osservate nell’orbita della Luna a suggerire a Clairaut la necessità di un termine correttivo nella formula di Newton, ipotizzando che la legge di attrazione dovesse essere data dalla formula “ $1 / dist^2 +$ una piccola funzione delle distanze, abbastanza sensibile per distanze piccole come quella della Luna e pressoché nulle per delle grandi distanze.

Clairaut corrodò la propria ipotesi con una serie di calcoli per mostrare che essa non era “né assurda né impossibile per se stessa”, mentre d’Alembert pensava a delle irregolarità nella figura e nella densità della Luna e congetturava l’esistenza di un’attrazione magnetica tra Terra e Luna responsabile delle irregolarità osservate. Esortando alla cautela, egli scriveva a Euler che “bisognava prendere tutto il tempo necessario per esaminare una questione così importantÈ’. Da parte sua, Euler proponeva all’Accademia di Pietroburgo di porre a concorso per il 1750 la questione se le irregolarità del movimento della Luna si accordassero o meno con la legge newtoniana, e comunque quale fosse la “vera teoria” che permettesse di determinare la posizione della Luna ad un dato istante.

Con una ritrattazione altrettanto clamorosa quanto la sua precedente

denuncia, Clairaut rinunciò alla propria ipotesi della necessità di termini correttivi e concorse al premio con una memoria *Théorie de la Lune déduite du seul principe d'attraction*. Euler, esitante di fronte agli argomenti di Clairaut, dopo aver rifatto alla sua maniera “i terribili calcoli” che queste ricerche imponevano, si convinse della correttezza del ripensamento di Clairaut. Mentre quest’ultimo infatti si serviva del metodo delle serie per rappresentare le soluzioni del sistema di equazioni differenziali che traduce analiticamente il problema, Euler aveva elaborato un proprio metodo (detto della variazione dei parametri o delle costanti d’integrazione) che sarà poi ripreso e perfezionato da Lagrange e Laplace nei loro lavori di meccanica celeste.

Un’ulteriore conferma veniva a Clairaut dalla corretta previsione del ritorno della cometa di Halley, della quale nel 1759 egli riuscì a determinare con esattezza il perielio. Euler ne faceva implicito riferimento nella Lettera 61, affermando che solo da quando ‘il grande Newton’ ha scoperto le vere forze che agiscono sulla Luna i matematici e gli astronomi si sono progressivamente avvicinati alla verità. “Io stesso vi ho impiegato molto tempo”, affermava Euler, e solo da dieci anni, ossia dall’epoca della discussione con Clairaut, “ci si può vantare di avere sufficienti conoscenze sul movimento della Luna”, e di saper prevedere le eclissi di Luna con un’esattezza al punto da non sbagliarci neppure di un minuto. Ma aver ristabilito la correttezza della legge di Newton, e il suo accordo con i dati d’osservazione, non significava affatto aver risolto una volta per tutte i problemi sollevati dalla sua teoria dell’attrazione.

3. Qualità occulte?

Se è dunque incontestabile, “un fatto provato con le ragioni più solide, che il sistema del mondo è soggetto ad una gravitazione generale, dice Euler (Lettera 54), si discute invece, e molto, se lo si debba chiamare un *impulso* o un *attrazione*. Com’è evidente, il nome da solo non cambia nulla della cosa stessa. Ma è altrettanto evidente che i diversi nomi fanno riferimento a diverse filosofie della natura, cartesiana per chi crede agli impulsi, newtoniana per chi crede nell’attrazione. Se si vuole “penetrare i misteri della natura”, afferma Euler, è di estrema importanza decidere se i corpi celesti agiscono gli uni sugli altri per impulso o per attrazione. In altre parole, “se è una materia sottile e invisibile ad agire sui corpi e a spingerli gli uni verso gli altri” o se

invece i corpi si attirano l'un l'altro per una "qualità nascosta e occulta" della quale i corpi stessi sono dotati.

Prima di affrontare lo spinoso argomento Euler si sofferma sui fenomeni dell'attrazione universale, spiega come funziona il 'sistema del mondo', il moto dei corpi celesti comprese le loro irregolarità, e il fenomeno delle maree, discutendo in maniera particolareggiata (Lettere 62-67) il fenomeno del flusso e riflusso del mare. Ma spiegare questo fenomeno significa ancora una volta prendere posizione tra cartesiani (che spiegavano le maree con la pressione esercitata dalla Luna sull'atmosfera terrestre) e newtoniani (che invece ricorrevano all'attrazione della Luna sulla Terra). E per Euler non c'è dubbio che la spiegazione newtoniana sia quella corretta, e falsa quella di Cartesio, anche se a lui va attribuito il merito di aver per primo riconosciuto il ruolo decisivo della Luna.

Quanto alla natura della forza di attrazione gravitazionale, le opinioni erano quanto mai controverse. Newton aveva dichiarato che, in mancanza di evidenze, preferiva limitarsi alla formulazione matematica degli effetti della gravità. "Non considero le cause e le sedi fisiche delle forze, aveva avvertito Newton nei *Principia*, affermando poi di usare "le parole attrazione, impulso, o propensione di qualcosa verso un centro indifferentemente e promiscuamente una per l'altra; visto che queste forze sono considerate non fisicamente ma matematicamente. Per cui il lettore si guardi dal credere che io con quelle parole abbia voluto definire una specie o un modo d'azione o una causa o una ragione fisica, o che io, se per caso parlerò di centri che attirano, o di centri muniti di forza, attribuisca le forze, in un senso reale e fisico, a centri (che sono soltanto punti matematici)".

L'avvertenza di Newton non aveva contribuito molto a chiarire le cose. Cosa significava, infatti, dire che le forze erano soltanto dei concetti matematici? E poi c'era l'ambiguità insita nei termini 'attrazione e 'impulso' che Newton dichiarava di usare indifferentemente l'uno per l'altro o, come precisava nell'introduzione alla sezione XI del libro I, di considerare "le forze centripete come attrazioni, sebbene forse parlando il linguaggio dei fisici (*physice loquendo*) sarebbe più corretto chiamarle impulsi (*verius dicantur impulsus*)". Ma i due termini non erano affatto equivalenti, anzi, come si è detto, facevano riferimento a due diverse filosofie.

Newton aveva ripreso la questione nello *Scholium* che conclude quella sezione, precisando di assumere la parola 'attrazione' nel significato di "una qualsiasi tendenza dei corpi ad accostarsi l'uno

all'altro". Quanto all'origine di questa 'tendenza', Newton non aveva preso esplicitamente posizione, limitandosi ad affermare che poteva dipendere "dall'azione dei corpi per effetto del loro mutuo cercarsi, oppure per effetto di spiriti emessi che li muovono continuamente". O ancora, quella 'tendenza' poteva aver origine "dall'azione dell'etere, o dell'aria, o di un qualunque mezzo corporeo o incorporeo che spinge in un modo qualsiasi i corpi che vi nuotano dentro l'uno verso l'altro". E nello stesso senso aveva assunto la parola 'impulso', ribadendo quanto aveva detto nelle definizioni introduttive, dove aveva affermato di prendere in esame non le specie delle forze e le qualità fisiche, ma le quantità e le proporzioni matematiche.

Secondo Koyré, "la posizione di Newton sembra dunque perfettamente chiara", e appare sorprendente che gli fosse attribuita l'idea di una azione a distanza della forza di attrazione insita nei corpi. Tuttavia, contrariamente a quanto mostrava di ritenere Koyré, per i contemporanei la posizione newtoniana non era affatto chiara e, considerando quanto scrive Newton in più luoghi a proposito di forze di attrazione (che agiscono sui corpi e non sui punti matematici, che sono direttamente proporzionali alle masse e inversamente al quadrato delle loro distanze, che dipendono dalla natura e dalla quantità dei corpi, come avviene nelle calamite, che agiscono senza che si precisino mai quali sono i mezzi che trasmettono queste forze a distanza) non è affatto sorprendente che gli si attribuisse l'idea di azione a distanza. Come infatti avvenne.

Né la pubblicazione dell'*Ottica* contribuì molto a chiarire le cose. Nelle *Queries* poste in appendice egli sosteneva l'azione a distanza dei corpi sulla luce, e ancora "contro quanti vogliono i cieli pieni di mezzi fluidi, a meno che non siano straordinariamente rarefatti, si può obiettare che i pianeti e le comete solcano i cieli in ogni possibile direzione con moti regolari e permanenti. Ciò dimostra pertanto che i cieli sono privi di ogni sensibile resistenza". D'altra parte, nelle lettere a Bentley del 1692 Newton aveva dichiarato che non pretendeva affatto di conoscere la causa della gravità, ma aveva protestato contro l'idea materialistica che la gravità fosse una proprietà "essenziale" dei corpi, ribadendo con forza che era inconcepibile che la materia bruta e inanimata potesse, senza alcun mezzo interposto, esercitare una qualunque azione su altra materia senza un mutuo contatto. L'idea di azione a distanza attraverso il vuoto gli sembrava una tale assurdità, che nessuna persona competente in faccende filosofiche avrebbe potuto darle credito. Ma le lettere di Newton a Bentley furono pubblicate solo

nel 1765, cinque anni dopo che Euler aveva scritto le sue *Lettres*.

Quanto alla gravità, Newton aveva chiarito nella III delle *Regulae philosophandi* enunciate a partire dalla seconda edizione dei *Principia*, di non considerarla una proprietà “essenzialÈ’ dei corpi, come invece lo erano l’estensione, la durezza, l’impenetrabilità, la mobilità e la forza d’inerzia. Quest’ultima era la sola forza insita nei corpi. Lo stesso Newton, nello *Scholium generale*, apposto dalla seconda edizione a chiusura dei *Principia*, dopo aver criticato la teoria cartesiana dei vortici, aveva riconosciuto di aver spiegato i fenomeni del cielo e del mare ricorrendo alla forza di gravità senza aver mai determinato la causa di tale forza. “Questa forza - affermava Newton - nasce interamente da qualche causa che penetra fino al centro del Sole e dei pianeti, senza diminuzione della capacità, e opera non in relazione alla quantità delle superfici delle particelle sulle quali agisce (come le cause meccaniche)” - in altre parole non è legata all’estensione dei corpi, come pensavano i cartesiani - “ma in relazione alla quantità di materia solida”. È il passo che si conclude con la celebre affermazione *hypotheses non fingo* sulle ragioni delle proprietà della gravità. Nonostante le reiterate proteste e affermazioni di Newton, l’idea che la gravità fosse una proprietà insita dei corpi finì per affermarsi anche negli ambienti di più stretta osservanza newtoniana.

È nella Lettera 68 che Euler comincia a delineare la sua presa di distanza da Newton *sul terreno filosofico*. Guardiamo - dice Euler - a quanto accade alla superficie della Terra. I newtoniani dicono che è la Terra ad attirare i corpi con una forza che le appartiene in virtù della sua stessa natura; i cartesiani invece affermano che è l’etere, o un’altra materia sottile e invisibile, a spingere i corpi in basso in modo che l’effetto sia identico, nell’un caso come nell’altro. “Quest’ultima opinione - afferma Euler - piace più a coloro che in filosofia preferiscono i principi chiari, perché non riescono a vedere come due corpi lontani possano agire l’uno sull’altro senza un mezzo comune”. Come si vede, quella che è messa in causa da Euler è la possibilità di un’azione a distanza. Il fatto che due corpi possano agire l’uno sull’altro a distanza, in mancanza di un mezzo interposto. Per darne conto, i newtoniani ricorrono all’onnipotenza divina, “e sostengono che Dio ha infuso in tutti i corpi una forza che li rende capaci di attirarsi reciprocamente. Quantunque sia pericoloso stare a discutere su ciò che Dio avrebbe potuto fare - obietta Euler - sostenere nondimeno che l’attrazione è un’opera diretta dell’onnipotenza divina e non è fondata nella natura dei corpi, sarebbe come dire che Dio spinge immediatamente i corpi gli uni verso gli altri,

che cioè avvengono continui miracoli”.

Immaginiamo che Dio al momento della creazione avesse creato due soli corpi, fermi e lontani l'uno dall'altro, e che oltre ad essi non esistesse assolutamente nulla. Ebbene, si chiede Euler, come sarebbe stato possibile che essi avessero una tendenza ad avvicinarsi? In che modo avrebbero potuto accorgersi l'uno dell'altro? E poi, come avrebbero potuto desiderare di avvicinarsi? Qui il linguaggio di Euler è volutamente antropomorfo, perché l'argomento che egli vuole criticare sembra richiamare in vita la fisica 'antropomorfa' degli antichi, che attribuivano scopi e finalità agli oggetti materiali quando per esempio parlavano di corpi che tendevano al loro luogo naturale.

“Sono idee che ripugnano al nostro intelletto, dichiara senza mezzi termini Euler. Ma se si suppone che lo spazio fra i corpi è riempito di una materia sottile, si comprende subito che se tale materia può agire su di essi, spingendoli, l'effetto sarebbe lo stesso come se si attirassero reciprocamente. E poiché noi sappiamo che tutto lo spazio fra i corpi celesti è riempito da una materia sottile, chiamata etere, sembra più ragionevole attribuire la reciproca attrazione dei corpi a un'azione che l'etere esercita su di essi, quantunque ce ne resti ignoto il modo, piuttosto che ricorrere a una qualità inintelligibile. Gli antichi filosofi si sono contentati di spiegare i fenomeni del mondo con questo genere di qualità che essi chiamavano occulte, dicendo per esempio che l'oppio fa dormire per una sua qualità occulta che lo rende adatto a procurare il sonno. È come non dire assolutamente nulla o meglio ancora, è come voler nascondere la propria ignoranza; così si dovrebbe considerare l'attrazione come una qualità occulta, in quanto la si spaccia per una qualità essenziale dei corpi; ma poiché oggi ci si sforza di bandire dalla filosofia tutte le qualità occulte, anche l'attrazione, presa in questo senso, dovrebbe essere bandita”.

L'accusa alla filosofia naturale di Newton di richiamare in vita le qualità occulte non era certo nuova. Per Huygens il principio di attrazione era assurdo, e non dissimile era l'opinione di Leibniz, che aveva anche criticato il ricorso all'onnipotenza divina per giustificare la presenza nella materia della proprietà di attrarre i corpi. Questi argomenti erano diventati alla lunga un luogo comune delle critiche a Newton, così come le risposte dei newtoniani. Questi argomenti avevano trovato espressione nella *Théorie des tourbillons cartésiens avec des réflexions sur l'attraction* (1752) di Fontenelle, dove scriveva che noi vediamo chiaramente cosa accade quando un corpo *A* in movimento urta un corpo *B* in quiete. L'impulso o l'urto, dice Fontenelle, avrà certo

un effetto. Ma se *A* e *B* sono entrambi in quiete e a distanza tra loro, non segue affatto che essi debbano muoversi l'uno verso l'altro. Anzi, egli aggiunge, non solo non si vede la necessità di alcun effetto, ma se ne vede l'impossibilità.

La risposta a queste obiezioni era venuta, tra gli altri, da d'Alembert, alla voce *Impulsion* dell'*Encyclopédie*. La proprietà dei corpi, per la quale un corpo comunica il movimento a un altro, è "qualcosa di molto oscuro", dice d'Alembert. Quando un corpo urta un altro corpo e lo rimuove dal suo posto ci meraviglia quasi altrettanto quanto ci meraviglia il fatto che un pezzo di ferro si muova verso un magnete o un grave cada verso terra. Insomma, conclude d'Alembert, non si facciano illusioni i cartesiani: "è un errore credere che l'idea di impulso non racchiuda in sé nessuna oscurità e volere, escludendo qualsiasi altro principio, considerare questa forza come la sola che produca tutti gli effetti della natura".

Per quanto radicale sia il rifiuto di Euler delle qualità occulte, non sta in ciò l'aspetto più interessante del lungo passo sopra riportato. L'aspetto più interessante è che la critica degli argomenti dei newtoniani sia fatta propria da un uomo come Euler, che sul piano matematico sta certamente dalla parte di Newton, che ne sostiene con decisione le teorie, ma che con altrettanta decisione ne critica la filosofia (o quella che egli riteneva essere la sua filosofia) per contrapporvi invece l'idea di un mondo pervaso di materia sottile, responsabile dell'attrazione dei corpi. Un mondo pieno contrapposto al mondo vuoto dei newtoniani.

D'altra parte, Euler è anche un convinto (e isolato) sostenitore della teoria ondulatoria della luce, una posizione largamente minoritaria nel suo secolo, che aveva universalmente accettato la teoria corpuscolare proposta da Newton. E la teoria ondulatoria, come Euler sottolinea nella Lettera 18, è a suo dire incompatibile con la concezione di uno spazio vuoto. Se lo spazio tra il Sole e la Terra fosse assolutamente vuoto, argomenta Euler, i raggi della luce solare non potrebbero giungere sulla Terra, perché si propagano in maniera analoga al modo in cui, per mezzo dell'aria, si propaga il suono di una campana. Ammesso che un vuoto perfetto esista tra i corpi celesti, non ci sarebbe alcun mezzo in grado di trasmettere la luce, e non resterebbe altra opinione da seguire se non quella della teoria dell'emanazione sostenuta da Newton che, sostiene Euler, si è visto "costretto" a sostenere che i raggi sono una parte del corpo luminoso (il Sole) "lanciata con terribile forza" verso la Terra.

4. Principi

La questione `metafisica' sulla possibilità o meno che i corpi possano essere dotati di una forza 'interna' quale la forza di attrazione comporta per Euler un'analisi più ravvicinata della natura e dell'"essenza" dei corpi (Lettera 69). Per cominciare, Euler ha buon gioco nel mostrare che hanno torto Cartesio e i cartesiani ad affermare che la natura dei corpi consiste nell'estensione. Non è vero che tutto ciò che ha estensione sia anche un corpo. Per esempio, l'idea di spazio racchiude un'estensione a tre dimensioni, osserva Euler, ma uno spazio non costituisce un corpo, se mai il luogo che i corpi occupano. Si potrebbe pensare che la mobilità sia necessaria per poter parlare di corpo. Ma oltre la mobilità e l'estensione, occorre la materia, che "è ciò che distingue un corpo reale da una semplice estensione. E, a ben vedere, osserva Euler, il carattere generale che conviene a qualsiasi materia è l'impenetrabilità. È questa qualità che dà ragione, per esempio, dell'urto fra i corpi. Questa proprietà dei corpi, afferma Euler, "costituisce la grande forza che ha la natura per compiere tutte le sue produzioni", e consente di far luce sulla natura dei corpi e sui principi di tutti i movimenti.

Euler è dichiaratamente newtoniano quando, per esempio nelle *Reflexions sur l'espace et le temps* (1750), prima ancora che nelle *Lettres*, afferma che lo spazio e il tempo assoluto, così come lo immaginano i matematici, "sono delle cose reali, che sussistono anche al di fuori della nostra immaginazione", riprendendo quanto Newton aveva detto in proposito nei *Principia*: "Lo spazio assoluto, per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, rimane sempre uguale e immobile. Lo spazio relativo è una dimensione mobile, o misura dello spazio assoluto, che i nostri sensi definiscono in relazione alla sua posizione rispetto ai corpi". E, analogamente, Newton definisce il tempo assoluto, vero e matematico e quello relativo, apparente e volgare.

D'altra parte, i corpi sono in luoghi o occupano luoghi. Cosa sono i luoghi? Un luogo, dice Newton, è la parte dello spazio che è occupata da un corpo, e può essere, a seconda dello spazio, assoluto o relativo. E come per lo spazio, assoluto e relativo, così ci sono due tipi di movimento, assoluto e relativo. "I metafisici hanno torto - protesta con vigore Euler - quando vogliono bandire completamente dal mondo lo spazio e il luogo, sostenendo che sono solo idee astratte e immaginarie". D'altra parte, egli aggiunge, le idee di spazio e tempo sono sempre andate di pari passo: chi nega la realtà del primo nega anche la realtà del secondo, e viceversa. Chi sono i 'metafisici' con cui

polemizza Euler? Sono i cartesiani, che confondono l'idea di estensione con quella di luogo. Sono i seguaci di Leibniz e Wolff, che pensano che il tempo non sia altro che l'ordine di successioni, e rigettano l'idea di luogo dei matematici per ricorrere invece a quella di relazione con altri corpi, mediante la quale essi credono ad esempio di poter spiegare il principio d'inerzia.

Euler è newtoniano quando nelle *Reflexions* fa propria come "una verità incontestabile" la prima legge di Newton, verità che ribadisce nelle Lettere 72 e 73 affermando che 1) un corpo, una volta in quiete, conserverà eternamente questo stato, a meno che sia posto in movimento da una causa esterna, 2) un corpo, una volta in movimento, conserverà eternamente questo suo movimento nella stessa direzione e con la stessa velocità, si muoverà cioè di moto uniforme secondo una linea retta, a meno che non sia disturbato da una causa esterna. Su queste proposizioni, dice Euler, si fonda tutta la scienza del moto.

Newton attribuisce a Galileo il principio di inerzia. Nelle *Istorie e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti* Galileo aveva scritto "e però, rimossi tutti gli impedimenti esterni, un grave [...] in quello stato si conserverà nel quale una volta sarà stato posto: cioè se sarà messo in stato di quiete, quello conserverà, e se sarà posto in movimento, v. g. verso occidente, nello stesso si manterrà". Apparentemente, Galileo ha in mente un movimento "nella superficie sferica e concentrica alla Terra", osserva Koyré, e dunque sta illustrando un' "inerzia circolarè", per così dire. Se davvero, come affermava Newton, il principio d'inerzia si deve a Galileo è questione che ha diviso l'opinione degli storici della scienza. Secondo Koyré, Galileo "distrusse, è vero - e fu un suo grande merito - la concezione scolastico-aristotelica del movimento come processo, affermandone la perpetua conservazione; tenne fermo, cioè, che un corpo, una volta in movimento, continua a muoversi all'infinito né mai rallenta o si arresta, a meno che, naturalmente, non incontri resistenze contrarie. Ma anch'egli ritenne questa conservazione propria del movimento circolare, eterno movimento dei corpi celesti e della Terra". Come in fondo pensavano gli antichi, che consideravano il moto circolare dei cieli l'unico moto realmente perpetuo e uniforme. Si potrebbe obiettare a Koyré - ma egli stesso lo riconosce - che Galileo, pur se non parlava esplicitamente di moto in linea retta, parlava di moto (uniforme) orizzontale o su un piano orizzontale. D'altra parte, intendendo il movimento (uniforme) come uno stato, e non come un processo di mutamento, Galileo eliminava con ciò la necessità di una causa o di un motore. Se il movimento (rettilineo uniforme) è uno stato,

come la quiete, un corpo in movimento può perseverare in quello stato, come nello stato di quiete, senza dover ricorrere a forze o cause che lo mantengano in moto.

La proprietà di restare nello stesso stato (di quiete o di moto rettilineo uniforme) a meno che intervenga qualche forza esterna, commenta Euler, compete necessariamente a tutti i corpi in quanto composti di materia. Quanto alla forza d'inerzia, nell'*Ottica* Newton aveva scritto che essa è "quel principio passivo per il quale i corpi persistono nel loro stato di movimento o di quiete, ricevono un movimento sempre proporzionale alla forza motrice, e resistono tanto quanta è la resistenza che si oppone loro. Ma da questo solo principio non potrebbe mai originarsi in tutto l'universo alcun movimento. Per il movimento dei corpi era assolutamente necessario un altro principio" un principio attivo quale appunto la gravità.

Per Euler le cose stanno altrimenti. Nella *Enodatio questionis: utrum materiae facultas cogitandi tribui posse necne?* (1746) egli aveva affermato che il principio d'inerzia rendeva impossibile concepire l'attrazione come una forza originaria della materia. Come si poteva concepire che un corpo potesse essere dotato al tempo stesso della proprietà di permanere nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme e di un 'principio attivo' del tutto opposto come quello dell'attrazione? "Dal momento che la forza di cambiare continuamente il proprio stato è direttamente contraria alla forza di permanere nel proprio stato, è chiaro che una forza di quel genere non può essere attribuita ai corpi, più di quanto lo sia la mancanza di estensione e di impenetrabilità. Su questa base sarà facile confutare la forza di attrazione di cui i filosofi inglesi credono siano forniti i corpi". Una tesi attaccata da d'Alembert nella voce *Force d'inertie* dell'*Encyclopédie*. "Un dotto geometra del nostro tempo sostiene che l'attrazione, se la si considera come un principio diverso dall'impulso, è contraria al principio della forza d'inerzia, e quindi non può appartenere al corpo". Ebbene, osserva d'Alembert, a questo argomento è sufficiente obiettare che 1) la tendenza dei corpi a muoversi gli uni verso gli altri, qualsiasi possa essere la causa, è una legge di natura, la cui verità è confermata dall'osservazione dei fenomeni; e 2) che se questa tendenza non è prodotta dall'impulso, la presenza di un altro corpo basta ad alterare il moto di un corpo che si muove e l'azione di un corpo su di un altro, esercitata a distanza, non contraddice la verità di questo principio.

Ma per Euler è proprio l'idea di azione a distanza a dover essere messa in discussione. Anche il termine *forza* a suo parere è usato

impropriamente a proposito dell'inerzia. Col quel termine egli intende, infatti, tutto ciò che è capace di cambiare lo stato di un corpo. È quanto accade quando un corpo in quiete viene posto in movimento, e quando, se in movimento, cambia direzione e velocità. In una parola, quelle forze sono sempre esterne al corpo in cui è avvenuto il cambiamento. Al contrario dell'inerzia, che esiste nel corpo stesso ed, anzi, è una sua proprietà essenziale. Da qui la conclusione che "l'inerzia è una quantità: è la stessa quantità di materia che un corpo contiene, e poiché quella quantità di materia non è altro che la massa, "la misura dell'inerzia è la stessa misura della massa". Ecco a cosa si riduce la nostra conoscenza dei corpi.

Euler non crede all'azione a distanza. A suo parere, anche le forze che agiscono sui corpi celesti potrebbero benissimo essere prodotte dalla materia sottile che circonda i corpi celesti. Anzi, "l'opinione che l'attrazione sia essenziale ad ogni materia è sottoposta a tali inconvenienti, che non è possibile accoglierla in una filosofia ragionevole. È meglio credere che ciò che si chiama attrazione sia una forza contenuta nella materia sottile che riempie tutto lo spazio del cielo, quantunque non si sappia in che modo. Ci si deve abituare a confessare la propria ignoranza su un gran numero di altre cose importanti".

Qual è la conclusione di Euler? A suo parere, l'inerzia e l'impenetrabilità dei corpi - che per Newton hanno carattere passivo e necessitano di un principio attivo come la gravità - costituiscono invece i principi di qualsiasi movimento, mentre la nozione di forza, lontano dall'essere una nozione originaria che si possa riferire a qualche realtà insita nei corpi, è una nozione derivata da essi. Abbiamo visto il ruolo da Euler assegnato all'inerzia. Quanto all'impenetrabilità, essa costituisce la ragione o causa del cambiamento nello stato di un corpo. Opporsi alla penetrazione, dice Euler, non significa altro che "dispiegare le forze necessarie a impedirle". La conclusione, al termine di questa lunga discussione, è enunciata in chiusura della Lettera 77: "È dunque l'impenetrabilità dei corpi a costituire la vera origine delle forze che cambiano continuamente lo stato dei corpi nel mondo: questa è la vera spiegazione del grande mistero che ha tanto tormentato i filosofi".

5. Nuovi principi

Le idee di Euler, e in particolare la tesi che l'origine dell'attrazione gravitazionale risieda nella materia sottile che riempie lo spazio, trovano eco in pagine di Riemann ritrovate nel suo *Nachlass*. L'appunto è datato 1 marzo 1853. Riemann non esita a intitolarlo *Nuovi principi matematici della filosofia naturale*. Il titolo di per sé è tanto eloquente, quanto ambizioso e dichiarato è l'intento: trovare una formulazione unitaria dei fenomeni naturali, in grado di dar conto non solo della gravitazione, ma anche della propagazione della luce e dei fenomeni elettrici e magnetici.

Riemann assume che lo spazio sia pieno di una sostanza elastica, omogenea e isotropa - *Stoff* nelle sue parole, sia essa la materia sottile o l'etere - le cui deformazioni sono responsabili dell'origine e della propagazione delle forze. Riemann si richiama non solo ad Euler, ma anche a Newton, e a sostegno delle proprie affermazioni cita proprio il passo della lettera a Bentley sopra ricordato, in cui Newton dichiara apertamente di ritenere del tutto insensata l'idea che corpi a distanza possano agire l'uno sull'altro senza alcun mezzo interposto.

Per studiare lo spazio che circonda una particella di *Stoff*, Riemann introduce un sistema di coordinate cartesiane e considera una particella nel punto $O(x_1, x_2, x_3)$ al tempo t , e nel punto $O'(x'_1, x'_2, x'_3)$ al tempo t' (dove le x'_i sono funzioni di x_1, x_2, x_3). Allora, afferma Riemann, le corrispondenti forme differenziali ds^2 e ds'^2 si possono esprimere come

$$ds'^2 = \sum G_i^2 ds_i^2$$

$$ds^2 = \sum ds_i^2$$

dove s_i ($i = 1, 2, 3$) è una (nuova) base opportuna. Riemann chiama le $G_i - 1$ dilatazioni principali. La ragione risiede nella teoria classica dell'elasticità, che consente infatti di interpretare il risultato di Riemann come la variazione $\delta(ds^2) = ds'^2 - ds^2$, che egli suppone capace di produrre una forza in grado di modificare la particella di etere in modo tale che la particella stessa, reagendo a questa deformazione, propaghi le forze fisiche nello spazio. La deformazione della particella di etere è ricondotta ad una variazione della metrica, al fatto che la metrica varia (in generale) da punto a punto.

Non ci interessa qui seguire nel dettaglio i calcoli di Riemann: il

manoscritto si interrompe dopo qualche pagina e non sembra che con quei calcoli si possa andare molto lontano. È invece ragionevole affermare che in quel manoscritto di filosofia naturale si trovano le motivazioni delle idee sui fondamenti della geometria che egli presenterà nel 1854 nella sua lezione sulle ipotesi che stanno alla base della geometria. Infatti, dopo aver definito la metrica associando ad una varietà n -dimensionale la forma fondamentale

$$\Phi = \sum_{i,j=1} g_{ij} dx^i dx^j$$

Riemann si propone di determinare le condizioni necessarie e sufficienti per cui le forme Φ e $\Phi' = \sum_{i,j=1} g'_{ij} dx'^i dx'^j$ si trasformino l'una nell'altra. Questo equivale a risolvere il sistema

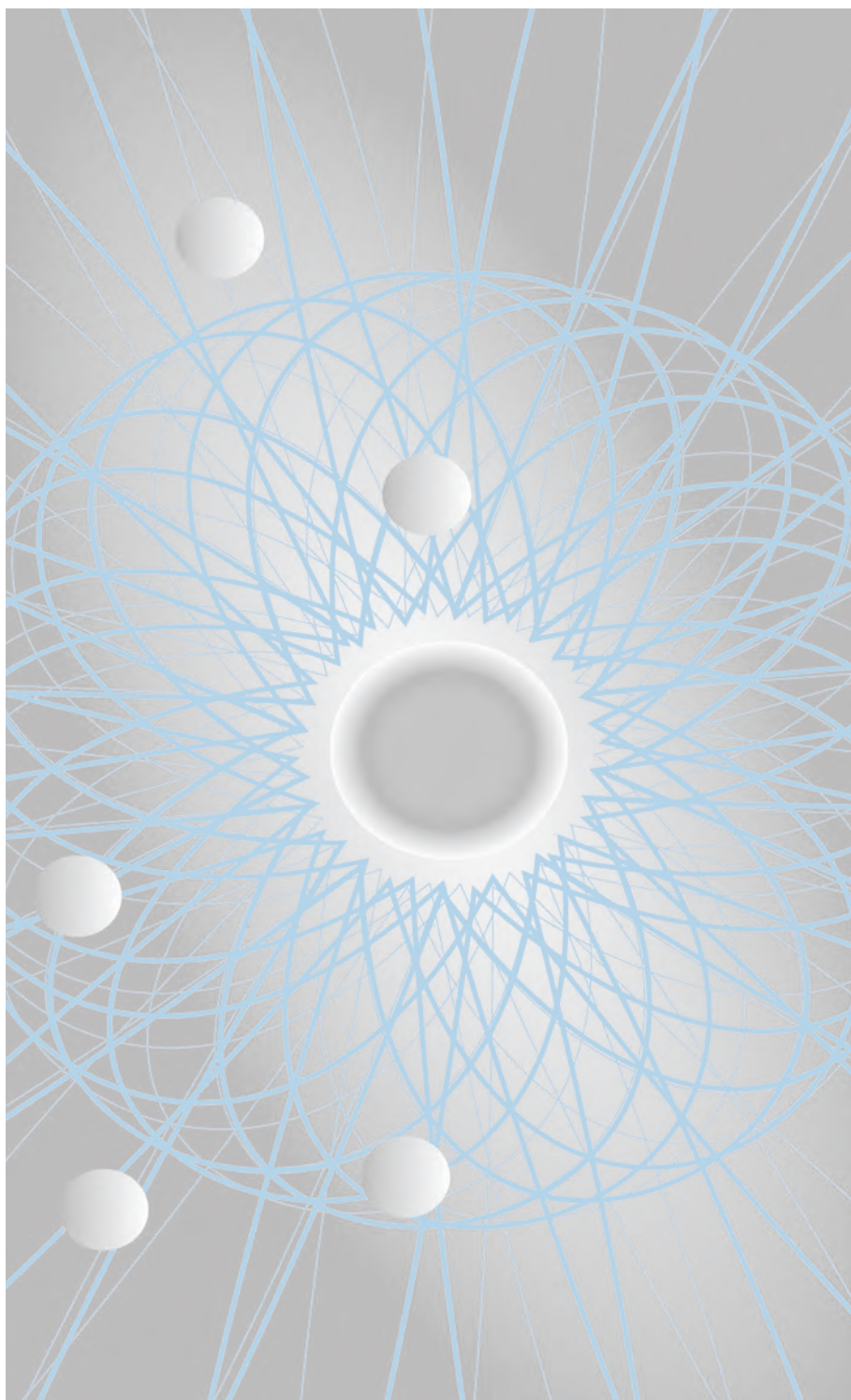
$$\sum_{i,j=1} g_{ij} dx^i dx^j = \sum_{i,j=1} g'_{ij} dx'^i dx'^j$$

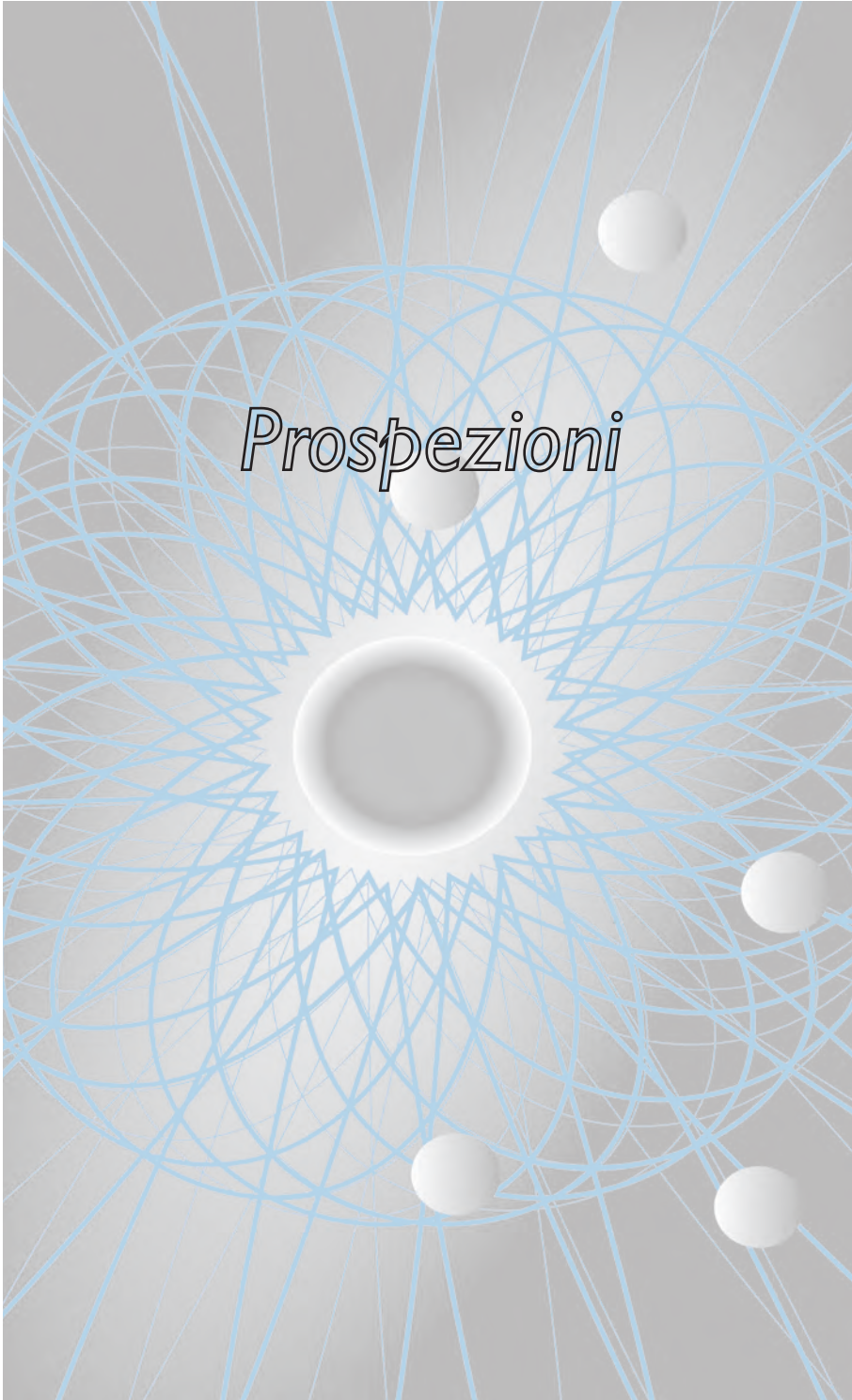
che non è altro che una generalizzazione a una varietà n -dimensionale del sistema

$$\sum dx_i^2 = \sum dx'_i^2$$

che Riemann aveva considerato nel suo manoscritto di *Naturphilosophie*. Nelle conclusioni della sua lezione Riemann congetturava che se, come egli sembrava credere, la realtà sulla quale si fonda lo spazio non è data da una varietà discreta, allora "il fondamento dei rapporti metrici deve essere cercato al di fuori di essa, nelle forze di legame che agiscono su di essa". Per decidere della cosa, concludeva Riemann bisognava apportare alla concezione newtoniana dei fenomeni fisici "le successive modificazioni richieste dai fatti che essa non può spiegarÈ". Nient'altro che criptiche allusioni, che dovevano tuttavia rivelare il loro valore profetico oltre mezzo secolo più tardi nelle pagine di Einstein.

Umberto Bottazzini
Università Statale di Milano





Quante sono le dimensioni dell'universo in cui viviamo?

*Dal modello standard delle particelle elementari
ad un universo a molte dimensioni*

1. Introduzione

Per capire perché i fisici teorici sono arrivati all'idea che il nostro universo abbia più dimensioni di quelle che osserviamo tutti i giorni, occorre risalire alle ipotesi sulla struttura della materia. Tralascieremo le teorie basate sui quattro elementi, terra, aria fuoco e acqua, e passeremo direttamente alla prima ipotesi di una materia fatta di corpuscoli formulata da Democrito verso il 400 a.C. Questa idea si è evoluta attraverso i secoli fino ad una affermazione completa che avvenne solo all'inizio del Novecento. Quasi contemporaneamente nacquero le idee teoriche che dovevano permettere una interpretazione consistente dei fenomeni microscopici. Il primo segnale della nuova fisica, la fisica dei quanti, si ebbe nel Novecento con la formulazione della ipotesi dei quanti da parte di Planck.

La formulazione completa di questa teoria, che avrebbe fornito il linguaggio necessario per descrivere gli atomi, richiese ancora alcuni anni. La chiave di questa descrizione è la dualità onda-corpuscolo. Secondo questa idea la materia ha un duplice aspetto: la si può descrivere in termini corpuscolari ma anche in termini ondulatori a seconda dei fenomeni che si stanno studiando. La stessa cosa è vera per quelli che fino ad allora erano stati considerati fenomeni puramente ondulatori, quali la luce. Ebbene, anche la luce ha una duplice descrizione e in certe situazioni di osservazione la descrizione corretta è in termini puramente corpuscolari. L'idea del fotone, formulata da Einstein nel 1905, costituisce la base corpuscolare per la descrizione dei fenomeni elettromagnetici.

Il passaggio dagli atomi ai loro costituenti, i nuclei, ed ai costituenti dei nuclei, protoni e neutroni, fino a quelli che oggi sono ritenuti i costituenti ultimi della materia, i quark, richiese un ulteriore passaggio: l'unificazione della teoria quantistica con la teoria della relatività formulata da Einstein nel 1905. La teoria risultante ha preso il nome di

teoria quantistica dei campi e racchiude in modo estremamente elegante il duplice aspetto ondulatorio e corpuscolare della natura. Sulla base di questo linguaggio si è sviluppata la descrizione delle particelle elementari e delle loro interazioni. Questo processo ha portato a metà degli anni '60 a formulare quello che è chiamato il modello standard delle particelle elementari. Questo modello ha avuto le prime verifiche sperimentali all'inizio degli anni '70 ed è stato confermato in modo definitivo negli anni '90 con esperienze fondamentali fatte al CERN (Centre Europeenne pour la Recherche Nucleaire) di Ginevra e a SLAC (Stanford Linear Accelerator Center) in California.

Si potrebbe pensare che dopo la formulazione di questo modello non ci sia più niente da fare. Invece si ha una situazione alquanto paradossale perchè da un lato il modello standard è stato confermato dagli esperimenti con una precisione spettacolare, mentre d'altro lato noi sappiamo che la descrizione della natura data da questo modello ad energie più elevate di quelle fin qui esplorate è sicuramente errata. Cercheremo di dare un'idea della difficoltà principale cui va incontro questo modello e di far capire che una soluzione a questo problema potrebbe essere in un universo che ha un numero di dimensioni superiore a quelle che osserviamo, cioè tre dimensioni spaziali ed una dimensione temporale. Infatti la difficoltà del modello standard è che in esso non c'è spazio per una descrizione della gravità in modo consistente con la teoria quantistica e l'idea di avere delle ulteriori dimensioni spaziali origina dalla ricerca di una teoria che possa permettere di riconciliare il modello standard con la gravità stessa.

2. Il modello standard delle particelle elementari

Le ricerche moderne sulla struttura della materia iniziano alla fine dell'Ottocento con la scoperta dell'elettrone. Successivamente fu stabilita la struttura dell'atomo come un nucleo centrale di carica positiva circondato da elettroni in numero tale da renderlo elettricamente neutro. A sua volta il nucleo risulta composto da protoni, particelle di carica positiva e massa pari a quasi 2000 volte quella degli elettroni, e da neutroni, particelle neutre con massa quasi uguale a quella dei protoni. La carica dei protoni è esattamente uguale ed opposta a quelle degli elettroni e quindi la neutralità dell'atomo è assicurata dall'aver ugual numero di elettroni e di protoni. A causa di questa relazione torna utile usare come unità di misura della carica elettrica la carica

del protone. Quindi il protone, in queste unità di misura, ha carica +1 e l'elettrone -1. Il neutrone ha invece carica 0.

Negli anni '70 è stato poi scoperto (sebbene già supposto precedentemente per via teorica) che il protone ed il neutrone sono essi stessi composti da nuove particelle, i quark. I quark hanno carica frazionaria e sia il protone che il neutrone sono costituiti da tre quark. I quark costituenti sono di due tipi: il tipo *up* (abbreviato *u*) e il tipo *down* (abbreviato *d*). Il quark *u* ha carica +2/3 mentre il *d* ha carica -1/3. Quindi il protone ha una struttura *uud*, mentre il neutrone *ddu*. Fin qui le particelle elementari sembrerebbero essere l'elettrone, il quark *u* ed il quark *d*. A queste andrebbe aggiunto il neutrino, la cui esistenza fu predetta da Pauli negli anni '30. Queste quattro particelle, che indicheremo con *v*, per neutrino, *e* per elettrone ed *u* e *d*, costituiscono quella che viene chiamata la prima famiglia delle particelle elementari, dato che nel corso degli anni si sono trovate negli esperimenti altre due famiglie, costituite da particelle del tutto simili a quelle della prima famiglia ma di massa via via crescente.

Leptoni	Massa(Gev/c ²) [*]	Carica elettrica	Quark	Massa(Gev/c ²)	Carica elettrica
ν_e e	<10 ⁻⁸ 5x10 ⁻⁴	0 -1	<i>u</i> <i>d</i>	3x10 ⁻³ 6x10 ⁻³	+2/3 -1/3
ν_μ μ	<2x10 ⁻⁴ 0.1	0 -1	<i>c</i> <i>s</i>	1.3 0.1	+2/3 -1/3
ν_τ τ	<0.02 1.8	0 -1	<i>t</i> <i>b</i>	175 4.3	+2/3 -1/3

Tavola 1

Le tre famiglie corrispondono alle righe orizzontali della tabella. Nella prima riga a sinistra ci sono l'elettrone, il suo neutrino ed i quark *u* e *d*. Analogamente per le altre due famiglie. Le particelle corrispondenti all'elettrone si chiamano muone (μ) e tau (τ). Le particelle corrispondenti ai quark *u* e *d* sono i quark charm (*c*), strano (*s*) e top (*t*), bottom (*b* rispettivamente). Le particelle alla sinistra della riga grossa centrale si chiamano leptoni (perchè sono in genere più leggere di quelle sulla destra), mentre quelle sulla destra si chiamano genericamente quark.

Le particelle elementari fin qui scoperte sono illustrate in Tavola 1. In particolare la divisione della tavola separa le particelle in due gruppi, a sinistra i leptoni ed a destra i quark.

* Le energie in particelle elementari si misurano facendo uso degli elettronvolt (eV), cioè l'energia che un elettrone acquista passando attraverso una differenza di potenziale di 1 Volt. Dalla relazione di Einstein $E=mc^2$ segue che le masse hanno dimensioni di una energia divisa per il quadrato di una velocità e quindi si misurano in eV/c². 1 MeV corrisponde ad un milione di eV.

3. Le interazioni fondamentali

Le forze conosciute in natura sono di quattro tipi: (1) l'interazione gravitazionale, responsabile del moto dei pianeti e la cui manifestazione più nota è nel fatto che tutti i corpi cadono; (2) ci sono poi le interazioni elettromagnetiche, cioè quelle che danno luogo alle forze elettriche e magnetiche, e (3) le interazioni forti che sono responsabili del legame nucleare. Infatti, se non ci fosse una forza ulteriore, i protoni del nucleo si respingerebbero, dato che le interazioni elettriche sono enormemente più grandi di quelle gravitazionali (vedi dopo), e non si avrebbe dunque la stabilità nucleare. Quindi deve esistere un'altra forza, o interazione, detta interazione forte (perchè deve essere più grande di quella elettromagnetica). Esistono infine (4) le interazioni deboli, che sono le responsabili dei decadimenti radioattivi.

È interessante conoscere in quale rapporto stanno tra loro le varie forze. A questo scopo si può calcolare quanto valgono se le riferiamo a due protoni. Se facciamo uguale ad uno la corrispondente forza elettromagnetica si ha:

$$\text{Forza elettromagnetica} = 1$$

$$\text{Forza forte} = 20$$

$$\text{Forza debole} = 10^{-7}$$

$$\text{Forza gravitazionale} = 10^{-36}$$

Come si vede, la forza gravitazionale è enormemente più piccola di tutte le altre. Questo punto va sottolineato perchè è la fonte di tutti i guai del modello standard ed è il motivo per cui esploreremo la possibilità che l'universo abbia un numero di dimensioni spaziali superiore a tre.

Ci possiamo ovviamente chiedere per quale motivo l'interazione gravitazionale è così piccola. Ricordiamo che la forza di gravitazione è proporzionale al prodotto delle due masse che si attraggono. Quindi se vogliamo avere una forza gravitazionale comparabile con la forza elettromagnetica dovremo considerare delle masse dell'ordine di 10^{18} – 10^{19} volte più grandi della massa del protone. In altri termini: la forza gravitazionale è così piccola perchè la forza gravitazionale dipende da una costante di proporzionalità, la costante gravitazionale di Newton G_N che è estremamente piccola. In termini di questa costante è possibile definire una massa tipica associata alla gravitazione, la massa di Planck, data da

$$M_P = \sqrt{\frac{hc}{G_N}} \approx 10^{19} m_p \quad (1)$$

dove h è la costante di Planck, cioè la costante fondamentale della meccanica quantistica, c è la velocità della luce e m_p la massa del protone. Come si vede, questa costante universale con le dimensioni di una massa ha circa la grandezza che avevamo trovato con il ragionamento precedente. Notiamo che mentre le masse delle particelle elementari variano da frazioni a un centinaio di volte m_p , la massa di Planck è enormemente più grande. Torneremo su questa differenza nel seguito per mostrare quali problemi crea.

Nella descrizione classica le interazioni sono trattate in termini ondulatori. Pensiamo al lancio di un sasso in uno stagno. Il sasso, entrando nell'acqua, genera delle onde che si propagano nello stagno. Analogamente per il campo elettromagnetico, una carica oscillante produce un campo elettrico (con associato un campo magnetico) che si propaga nello spazio. L'interazione tra due cariche si genera perchè ognuna delle due cariche emette un campo elettromagnetico che arrivando sull'altra carica genera una forza. Ovviamente le due forze sono uguali ed opposte.

Lo stesso meccanismo si applica a tutte le altre interazioni. La descrizione quantistica è alquanto diversa perchè dipende dal tipo di osservazione che viene effettuata. Per esempio, quando un'onda viene assorbita da un sistema atomico non si comporta affatto come un'onda, come invece succede durante la sua propagazione. Quando viene assorbita si comporta come una particella, viene cioè assorbita tutta insieme invece che un poco alla volta. Si dice che ad ogni onda è associato un quanto (o particella). I quanti associati alle interazioni elettromagnetiche sono i *fotoni*, mentre quelli associati alle interazioni gravitazionali vengono detti *gravitoni*. Quelli associati alle interazioni forti *gluoni*¹ ed infine i quanti delle interazioni deboli sono le particelle W (di cariche elettriche $+1$ e -1) e la particella Z di carica nulla. Queste ultime particelle furono scoperte al CERN dal gruppo di Rubbia a metà

¹ *Gluoni* ha origine dalla parola inglese *glue* che significa *colla*. Cioè, i gluoni "incollano" assieme i quark all'interno del nucleo.

degli anni '80.

Le stranezze della meccanica quantistica non finiscono qui perchè, in modo perfettamente simmetrico, ad ogni particella materiale, come i quark, viene associato un campo. Avremo dunque un campo associato all'elettrone, un altro campo associato al quark u , eccetera. Quindi la meccanica quantistica non fa una reale distinzione tra materia ed interazioni, almeno dal punto di vista della loro descrizione. Questi elementi, le particelle elementari di Tavola 1 e le tre interazioni, forte, elettromagnetica e debole sono i pilastri su cui si basa il così detto modello standard. Come vediamo l'interazione gravitazionale rimane fuori da questa descrizione.

Rispetto alle tre interazioni descritte dal modello standard, deboli, forti ed elettromagnetiche, i leptoni sono soggetti solo alle interazioni deboli ed elettromagnetiche. In particolare i neutrini, essendo neutri, risentono solo delle interazioni deboli. Dunque i leptoni non sono soggetti alle interazioni forti. Viceversa i quark subiscono tutti e tre i tipi di interazioni.

Come già osservato, il modello standard è stato verificato sperimentalmente con ottima precisione sia al CERN di Ginevra con l'acceleratore elettrone-positrone² chiamato LEP, che all'acceleratore di Stanford in California e fino ad ora non ci sono evidenze sperimentale per la sua non validità. Però ci sono dei seri dubbi teorici sul fatto che il modello standard possa rimanere valido allorchè lo si vada a verificare ad energie più grandi di quelle finora usate (circa 220 GeV³ al CERN). Vediamo di capire perchè i teorici hanno un tale dubbio nonostante le evidenze sperimentali. Così come lo abbiamo presentato sino a questo momento il modello standard non è completo; manca un elemento fondamentale, la così detta particella di Higgs.

La formulazione precedente del modello standard con le particelle elementari divise in quark e leptoni e le tre forze è consistente da un punto di vista matematico solo se ci sono particolari relazioni tra le interazioni di una data forza con le varie particelle. Come si dice, si devono avere delle particolari simmetrie, altrimenti la teoria non è matematicamente consistente. Si può però mostrare che, affinché queste

² I positroni sono le antiparticelle degli elettroni. Sono cioè identici agli elettroni salvo per la loro carica che è opposta, hanno cioè carica +1. Lo stesso è vero per tutte le particelle di Tavola 1; ad ogni particella è associata una antiparticella con le stesse proprietà, con l'eccezione della carica che è opposta.

³ 3 GeV corrisponde ad un milione di MeV.

simmetrie siano operanti, tutte le particelle (quark, leptoni ed i quanti delle interazioni) devono essere rigorosamente a massa nulla⁴. D'altra parte, sperimentalmente tutti i quark ed i leptoni (inclusi i neutrini) hanno massa diversa da zero così, come i quanti delle interazioni deboli, W e Z .

Un certo numero di ricercatori, tra cui Higgs, hanno mostrato che è però possibile conservare queste simmetrie anche con masse non nulle, purchè si introduca una particella speciale. Questa particella è stata appunto chiamata particella di Higgs. Dato che lo scopo di questa particella è di fornire un meccanismo con cui dare massa a tutte le altre, nella teoria viene introdotta una scala di massa che ha un valore di circa 250 GeV. Le masse di tutte le altre particelle sono allora proporzionali a questa massa fondamentale.

4. I problemi del modello standard

Discutiamo adesso i motivi per cui il modello standard non può essere la teoria finale. Infatti, la gravità non è incorporata in esso ed inoltre i tentativi fin qui fatti per effettuare questa operazione portano a risultati non coerenti. Quindi il modello standard si può al più considerare come una teoria effettiva, sicuramente valida sino alle energie fin qui studiate (~ 200 GeV), ma ad energie più elevate potrebbero emergere fatti nuovi. Il modello standard dovrà essere modificato e, se niente altro succede, ci aspettiamo che questa modifica debba necessariamente avvenire prima di quelle energie (o masse) a cui la gravità diventa importante per le particelle elementari. Come abbiamo già visto questo valore corrisponde alla massa di Planck, m_p , $\sim 10^{19}$ GeV/ c^2 .

Ciò non sarebbe necessariamente un problema se non fosse che in una teoria effettiva di questo tipo, ed in mancanza di situazioni particolari, le masse delle particelle devono essere tutte dell'ordine della massa sino alla quale la teoria è corretta. Per quark e leptoni questa situazione particolare esiste: infatti, la simmetria che rende il modello consistente permette di controllare le masse e di prenderle piccole a piacere. Ciò

⁴ In teoria della relatività le dizioni "una particella ha massa nulla" o "la particella si muove a velocità pari a quella della luce" sono equivalenti.

però non vale per la massa della particella di Higgs, che dovrebbe quindi essere dell'ordine di m_p .

Il punto è che la teoria dipende dal valore di questa massa e gli esperimenti fatti al CERN e a Stanford mostrano che, se il modello standard deve valere, allora la massa della particella di Higgs deve essere dell'ordine della scala corrispondente (~250 GeV). Quindi cadiamo in una palese contraddizione. Come se ne può uscire? In pratica ci sono solo due soluzioni che si conoscano:

- Esistenza di nuove interazioni che diventino effettive alla scala naturale del modello standard, diciamo dell'ordine del TeV⁵. In questo modo il modello standard sarebbe una teoria effettiva sino alla scala del TeV e la massa naturale della particella di Higgs sarebbe di quest'ordine di grandezza e quindi in accordo con il modello.
- La gravità è più forte di quanto si congetturi. Questo significa, per quanto abbiamo visto prima, che la scala di massa associata è più piccola della massa di Planck, però noi percepiamo solo una frazione della forza gravitazionale.

La prima ipotesi non sembra incoraggiata dagli attuali dati sperimentali, però occorre tener presente che nel 2008 entrerà in funzione il nuovo acceleratore del CERN di Ginevra, LHC (Large Hadron Collider) che permetterà di esplorare energie dell'ordine di qualche TeV. Quindi a LHC si dovrebbe verificare l'ipotesi di Higgs o trovare della nuova fisica. La seconda ipotesi che abbiamo formulato suona un po' strana, però come vedremo è proprio ciò che accade in teorie in un numero di dimensioni spaziali maggiori di tre.

5. La teoria di Kaluza -Klein

L'idea di considerare in fisica un numero di dimensioni spaziali superiore a tre non è nuova. Infatti, già negli anni 20 Kaluza e Klein studiarono questa possibilità nell'intento di unificare la gravitazione universale con l'elettromagnetismo. Ciò che fecero Kaluza e Klein fu di considerare l'universo come costituito da 4 dimensioni spaziali ed

⁵ Un TeV corrisponde a mille GeV.

una temporale (complessivamente 4+1) ed i campi elettromagnetico e gravitazionale come componenti di un campo gravitazionale nello spazio totale 4+1-dimensionale. Questo funziona pur di risolvere il problema della inosservabilità della quinta dimensione (o quarta spaziale). Questi autori supposero che l'ulteriore dimensione non fosse osservabile perchè compattificata ad un cerchio di raggio piccolissimo corrispondente alla lunghezza di Planck definita da

$$L_p = \sqrt{\frac{hG_N}{c^3}} \approx 10^{-35} \text{ m.} \quad (2)$$

Notiamo che questa lunghezza è definita in termini della costante gravitazionale di Newton, così come lo era la massa di Planck. Come abbiamo detto la massa di Planck è grande perchè G_N è piccola. Per lo stesso motivo L_p è piccola. È chiaro che aumentando G_N , m_p diminuisce e L_p aumenta. Come si vede, L_p è piccolissima e per questo motivo la quarta dimensione spaziale non è osservabile così come esemplificato in figura 1.

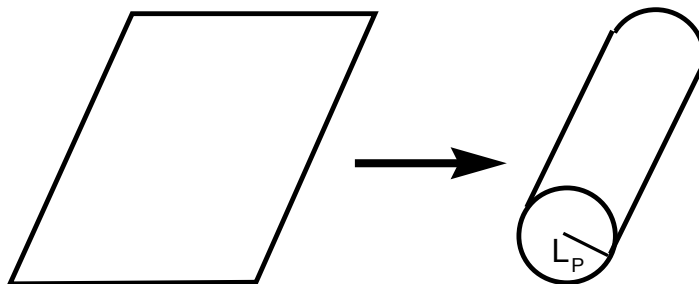


Figura 1 - La figura esemplifica come si esegue la compattificazione di una dimensione. Nel piano a sinistra, la dimensione orizzontale viene trasformata in un cerchio di raggio L_p . Ciò che risulta è un cilindro.

Chiaramente, per un osservatore di dimensioni molto grandi rispetto a L_p , il cilindro compattificato appare come un filo unidimensionale, mentre se l'osservatore ha dimensioni dello stesso ordine di L_p il cilindro appare come tale, cioè come un oggetto bidimensionale.

È possibile pensare a degli esperimenti che possano mettere in luce questa dimensione ulteriore? Come abbiamo detto il campo gravitazionale esiste in tutte le dimensioni spaziali, inclusa quella compattificata. Ma in questa dimensione le onde gravitazionali si devono, per così dire, avvolgere su se stesse e quindi si ha una

condizione sulle possibili lunghezze d'onda. Lungo il cerchio di raggio L_p possono stare solo un numero intero di lunghezze d'onda:

$$2\pi L_p = n\lambda \quad (3)$$

dove λ è la lunghezza d'onda ed n è un numero intero. Il problema è analogo a quelle delle vibrazioni di una corda di violino. Essendo la corda fissa agli estremi le possibili lunghezze delle onde (o le vibrazioni) emesse da un violino sono discrete ed un sottomultiplo della lunghezza della corda. La relazione fondamentale della meccanica quantistica che associa onde a particelle è

$$E = h\nu \quad (4)$$

dove E è l'energia della particella (o quanto) e ν la frequenza dell'onda. Ricordiamo anche che la relazione tra lunghezza d'onda e frequenza di un'onda che si propaghi alla velocità della luce, c , è data da

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (5)$$

Dunque, dalla quantizzazione della lunghezza d'onda (sottomultiplo della circonferenza del cilindro), segue la quantizzazione dell'energia

$$E = \frac{hc}{\lambda} = n \frac{hc}{2\pi L_p} \quad (6)$$

Dunque le possibili energie o masse dei quanti associati alle vibrazioni lungo la dimensione supplementare sono multipli interi di $hc/(2\pi L_p)$. È facile vedere che la massa associata a questa energia ($m=Ec^2$) è dell'ordine della massa di Planck.

Per 'vedere' queste particelle occorrerebbe avere degli acceleratori tali da produrre energie dell'ordine di 10^{19} GeV. Dato che arriveremo alla decina di TeV $\sim 10^4$ GeV ad LHC, l'impresa di rivelare particelle con massa di quindici ordini di grandezza più elevata si dimostra di fatto impossibile. Questo è il motivo per cui le teorie alla Kaluza-Klein, sebbene molto attraenti, sono state trascurate per molti anni vista l'impossibilità pratica di poterle verificare con degli esperimenti. Detto in maniera equivalente: ad LHC verranno esplorate dimensioni

spaziali dell'ordine di 10^{-18} - 10^{-19} metri, rispetto ai quali i 10^{-35} metri della lunghezza di Planck sono assolutamente trascurabili.

6 Un cenno alla teoria delle corde

Le teorie con più di tre dimensioni spaziali sono ritornate in auge negli ultimi anni grazie alle teorie di corda. La teoria delle corde assume che le particelle elementari non siano puntiformi come nel modello standard, ma bensì siano costituite da corde piccolissime, delle dimensioni di L_p . La teoria prevede poi che ci siano sia corde aperte che corde chiuse (vedi figura 2)



Figura 2 - Esempi di corde aperte e corde chiuse

Queste corde possono oscillare come corde di violino e, come nel ragionamento precedente, possono dar luogo a particelle con varie masse che dipendono dalla lunghezza della stringa. Nelle figure 3 e 4 sono rappresentati vari modi di oscillazione sia delle corde aperte che delle corde chiuse.

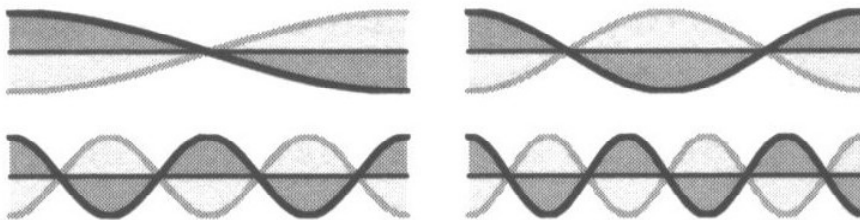


Figura 3 - Modi di oscillazione di una corda aperta



Figura 4 - Modi di oscillazione di una corda chiusa.

Nel loro stato di energia minima le corde aperte sono in grado di descrivere tutte le particelle del modello standard, inclusi i quanti delle loro interazioni. Lo stato di energia minima della stringa chiusa può invece descrivere il gravitone, cioè il quanto delle interazioni gravitazionali. Quest'ultimo è uno dei punti di maggior interesse di queste teorie, perchè per la prima volta si è accesa la speranza di poter descrivere le forze gravitazionali in un modo consistente con la meccanica quantistica. D'altra parte è un risultato fondamentale di queste teorie che la loro consistenza richiede che il numero di dimensioni spaziali del nostro universo sia uguale a 9. Pertanto il numero di dimensioni spazio-temporali, in accordo alla teoria di corda, dovrebbe essere pari a $10=9+1$. Un altro risultato abbastanza recente è che la dinamica delle corde richiede la presenza di altri oggetti dinamici nella teoria, le cosiddette *brane*⁶ (vedi figura 5).

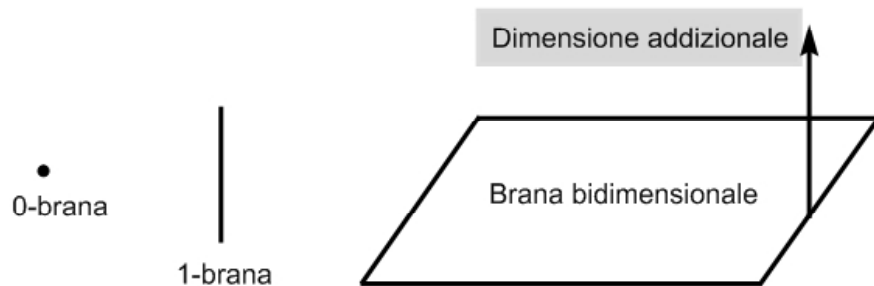


Figura 5 - Esempi di brane in uno spazio a tre dimensioni. Una 0-brana è un punto, una 1-brana è una linea ed una 2-brana un piano. Una corda è un caso particolare di 1-brana.

In queste teorie le corde aperte sono attaccate per le loro estremità ad

⁶ La parola brana è una deformazione dall'inglese *brane* che a sua volta è una contrazione di *membrane*. Quindi con "brana" si intende un oggetto geometrico che altro non è che un piano multidimensionale.

una brana, e sono vincolate a muoversi rimanendovi attaccate, mentre le corde chiuse si possono muovere in tutto lo spazio (vedi figura 6).

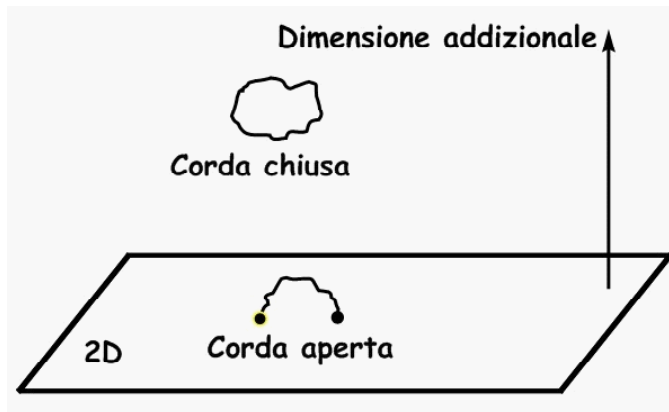


Figura 6 - La figura illustra il moto di una corda chiusa e di una corda aperta in tre dimensioni spaziali. La corda aperta è vincolata a muoversi sul piano bidimensionale, mentre la corda chiusa può muoversi in tutto lo spazio.

Pertanto le particelle ordinarie del modello standard, che sono gli stati di energia più bassa delle corde aperte, si muovono su una brana, mentre il gravitone, stato di energia minima della stringa chiusa, si muove in tutto lo spazio. È questa particolarità che le teorie recenti hanno estratto dalla teorie di corda, cioè che il nostro spazio-tempo (3+1 dimensionale) sia una 3-brana immersa in uno spazio con dimensioni spazio-temporali maggiori di quattro.

7. Il modello di Arkani-Hamed, Dvali e Dimopoulos

Le teorie recenti basate su dimensioni spazio-temporali maggiori di quattro [1] cercano di risolvere il problema del modello standard che abbiamo visto precedentemente, cioè l'enorme differenza tra la scala tipica del modello standard, dell'ordine del TeV, rispetto alla scala tipica della gravità, la scala di Planck dell'ordine di 10^{19} GeV. Questo problema è anche detto il "problema della gerarchia". I modelli con extra-dimensioni (come chiameremo da qui in avanti i modelli con dimensioni spazio-temporali maggiori di quattro) cercano di risolvere questo problema costruendo una teoria della gravità che abbia una scala di energie più piccola della scala di Planck. Come vedremo, in queste teorie la scala delle extra-dimensioni è dell'ordine del millimetro piuttosto che della lunghezza di Planck. Ciò nonostante, la teoria può

ancora essere compatibile con i fatti sperimentali conosciuti. Come abbiamo già detto, in queste teorie il nostro universo, pensato come costituito dalle particelle elementari di Tavola 1 e dai quanti delle loro interazioni forti, deboli ed elettromagnetiche, è confinato su una brana a 3 dimensioni spaziali, mentre la gravità esiste in tutto lo spazio che ha dimensioni maggiori di tre.

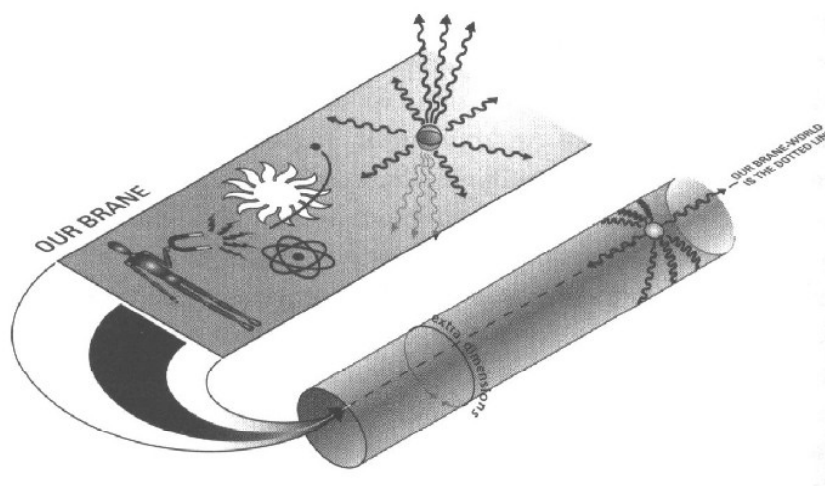


Figura 7 - Il cilindro vuol rappresentare un mondo con 4 dimensioni spaziali, la linea tratteggiata rappresenta il nostro universo tridimensionale e la quarta dimensione è compattificata ad un cerchio. In questa figura la linea tratteggiata è espansa in due dimensioni per mostrare come le interazioni del modello standard (e quindi noi stessi) siano confinate sulla brana. Mentre l'interazione gravitazionale si estende in tutte le direzioni.

È evidente che le interazioni elettromagnetiche, responsabili del nostro meccanismo della visione, essendo confinate sulla brana tridimensionale non ci permettono di osservare le dimensioni extra. Lo stesso discorso vale per le interazioni deboli e forti. Anche queste non ci permettono di fare esperimenti che possano confermare o meno l'esistenza di altre dimensioni.

L'unica forza su cui possiamo contare per "vedere" le dimensioni extra è la gravità. Quali sono i possibili esperimenti che possiamo fare con questa forza? Uno di questi è la verifica della legge di gravitazione universale di Newton su piccole distanze. Infatti la dipendenza della forza di gravitazione dalla distanza è legata al numero di dimensioni in cui tale forza agisce. In tre dimensioni questa forza varia con l'inverso del quadrato della distanza tra le masse che si attraggono. Possiamo però far vedere con un esempio che questo andamento dipende dal numero di dimensioni. A titolo esemplificativo consideriamo un getto

d'acqua come in figura 8.

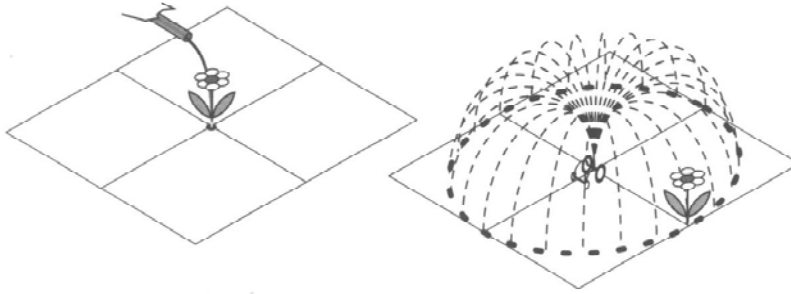


Figura 8 - A sinistra un getto d'acqua unidirezionale: tutta l'acqua finisce sul fiore. Se tramite uno spruzzatore l'acqua è diretta su un cerchio come nella figura di destra, sul fiore finisce solo una piccola frazione dell'acqua.

Prima di tutto osserviamo che la quantità di acqua che finisce sul fiore dipende dal numero di dimensioni lungo le quali viene spruzzata l'acqua. Se viene spruzzata in una dimensione finisce tutta sul fiore, se viene spruzzata in due dimensioni solo una piccola frazione finisce sul fiore. Quindi la quantità di acqua spruzzata che finisce sul fiore dipende dalle dimensioni e diminuisce man mano che le direzioni in cui viene spruzzata aumentano. Ancora meno acqua arriverebbe se il getto finisse sulla superficie di una sfera. Inoltre la quantità di acqua diminuisce come l'inverso della distanza se lo spruzzo è in due dimensioni.

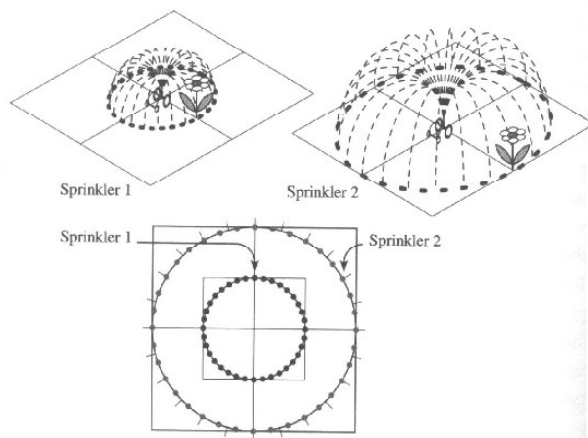


Figura 9 - La figura mostra il getto in situazioni corrispondenti a raggi diversi

Se la quantità di acqua totale è la stessa nei due casi illustrati in

figura 9, e se viene distribuita in maniera uniforme, la quantità di acqua che arriva sui cerchi per unità di lunghezza diminuisce all'aumentare della lunghezza della circonferenza. Dato che questa è proporzionale al raggio ne segue che la quantità d'acqua per unità di lunghezza diminuisce all'aumentare del raggio. Se il getto viene spruzzato su una superficie sferica, la quantità di acqua che arriva per unità di superficie diminuisce all'aumentare della superficie della sfera e quindi con l'inverso del raggio al quadrato.

Abbiamo esemplificato quello che avviene per uno spruzzo d'acqua, ma lo stesso avviene per la gravità. In due dimensioni la forza di gravità diminuisce con l'inverso della distanza, in tre dimensioni con l'inverso al quadrato e così, via. In d dimensioni spaziali la gravità diminuisce come $1/R^{d-1}$. In particolare se le dimensioni spaziali fossero 4 dovremmo osservare un andamento come $1/R^3$. Perché allora in condizioni ordinarie osserviamo un andamento del tipo $1/R^2$? Questo è illustrato nella figura 10.

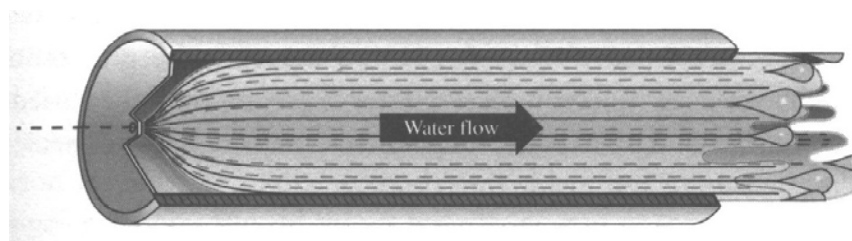


Figura 10 - L'acqua entra dal foro a sinistra e fluisce all'interno del tubo

Qui vediamo che l'acqua entrando dal foro a sinistra viene spruzzata in modo bidimensionale, ma allontanandosi dal foro l'acqua fluisce in una dimensione. Quindi a piccole distanze dalla sorgente (dell'ordine delle dimensioni del foro) il getto d'acqua vede effettivamente due dimensioni, ma a distanze più grandi il getto vede una sola dimensione (quella longitudinale). Ancora una volta questa analogia la si applica pari pari alla gravità. A distanze dalla sorgente della forza gravitazionale dell'ordine o più piccole della dimensione compattificata (supponiamo di essere in 4 dimensioni spaziali), la gravità varia come $1/R^3$, mentre a distanze maggiori varia come $1/R^2$.

Quindi, per verificare l'ipotesi di una dimensione compattificata occorre studiare la gravità a distanze sufficientemente piccole. D'altra parte abbiamo anche visto che solo una parte della gravità che vive nello spazio totale viene rivelata sulla brana, dunque potremmo supporre

che nello spazio totale la gravità sia così forte da corrispondere ad una massa di Planck di $1 \text{ TeV}/c^2$, mentre sulla brana sia talmente diluita da corrispondere effettivamente alla nostra massa di Planck, cioè $10^{19} \text{ GeV}/c^2$. È allora facile stabilire una corrispondenza tra il numero di dimensioni compatte e il valore del raggio R di compattezza. Il risultato di questa analisi è mostrato nella seguente tabella:

D	R
1	10^6 Km
2	0.1 mm.
3	10^{-6} mm.

Tavola 2 La tavola mostra i valori del raggio di compattezza a seconda del numero di dimensioni spaziali extra sotto la condizione che nello spazio totale la massa di Planck sia di $1 \text{ TeV}/c^2$, mentre sulla nostra brana valga $10^{19} \text{ GeV}/c^2$.

Mentre il caso di una dimensione extra è eliminato dai dati sperimentali, il caso di due dimensioni è consistente con quanto si osserva. Infatti gli esperimenti più precisi ci dicono che la gravità ha un andamento che dipende dall'inverso del quadrato della distanza fino a distanze dell'ordine di 0.2 mm . Quando saremo in grado di studiare distanze più piccole dovremmo trovare un andamento del tipo $1/R^4$. Quindi la forza di gravità diminuirebbe molto più rapidamente con la distanza.

Ci possiamo chiedere se esistano altri modi per rivelare possibili dimensioni extra. Consideriamo l'urto di due palle da biliardo come in figura 11:

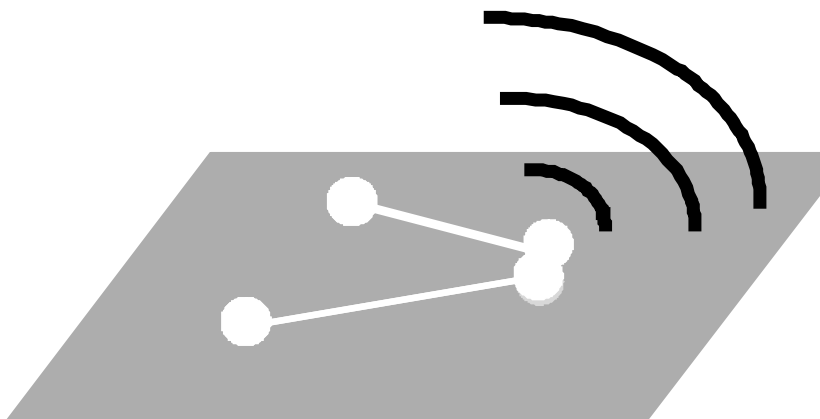


Figura 11 - La figura mostra le onde sonore emesse dallo scontro di due palle da biliardo.

Quando le due palle si scontrano, parte della loro energia di movimento viene trasformata in onde sonore generate dall'urto e che si propagano in tutto lo spazio. Un osservatore che viva sul biliardo sarà in grado di osservare solo le onde sonore emesse lungo il piano del biliardo. Se adesso si fa il calcolo dell'energia rimasta nelle palle dopo l'urto e ci si somma l'energia delle onde sonore emesse lungo il piano del biliardo si ha un'apparente violazione della conservazione dell'energia perchè non si tiene conto dell'energia trasportata dalle onde che si propagano lungo la terza direzione. Al prossimo acceleratore del CERN, LHC, potremo cercare di capire se nei processi di urto tra due protoni ci sono eventi con apparente violazione della conservazione dell'energia⁷. Questi processi, se osservati, potrebbero fornire indizi importanti sull'esistenza di ulteriori dimensioni.

Questo modello, formulato da Arkani-Hamed, Dvali e Dimopoulos, non risolve in modo completo il problema della gerarchia. Infatti le extra-dimensioni sono dell'ordine di $0.1 \text{ mm} = 10^{-4} \text{ m.}$, mentre una scala di 1 TeV, trasformata in lunghezza corrisponde a circa 10^{-19} m. Quindi la differenza di scala è ancora molto grande, circa 15 ordini di grandezza. La virtù del modello è però quella di mostrare una possibile via di uscita al problema della gerarchia anche se in modo non completamente soddisfacente. Randall e Sundrum hanno fatto un'analisi critica di questo modello ed hanno visto che il suo difetto principale è quello di trascurare l'energia che la brana necessariamente possiede. Dato che la relatività generale ci insegna che la presenza di energia in un certo luogo equivale ad avere nei dintorni una curvatura dello spazio-tempo è necessario tener conto di questi effetti per la formulazione di un modello completo.

8. Il modello di Randall e Sundrum

La teoria della relatività generale di Einstein assegna un significato geometrico alla gravità, nel senso che identifica la gravità stessa come la geometria dello spazio-tempo, ed in particolare la curvatura in una determinata zona dello spazio è determinata dalla quantità di materia che si trova nei dintorni. Questo fa vedere che il modello considerato

⁷ Questi eventi si chiamano "eventi con energia mancante".

precedentemente non può essere corretto perchè lungo l'extra dimensione spaziale. nei dintorni della brana su cui noi viviamo, lo spazio non potrà essere piatto. Randall e Sundrum hanno calcolato questo effetto ed hanno modificato il modello precedente aggiungendo una seconda brana a quella su cui, per ipotesi, siamo confinati (vedi figura 12). Questa è detta la brana del modello standard (SM), mentre l'altra è chiamata brana di Planck.

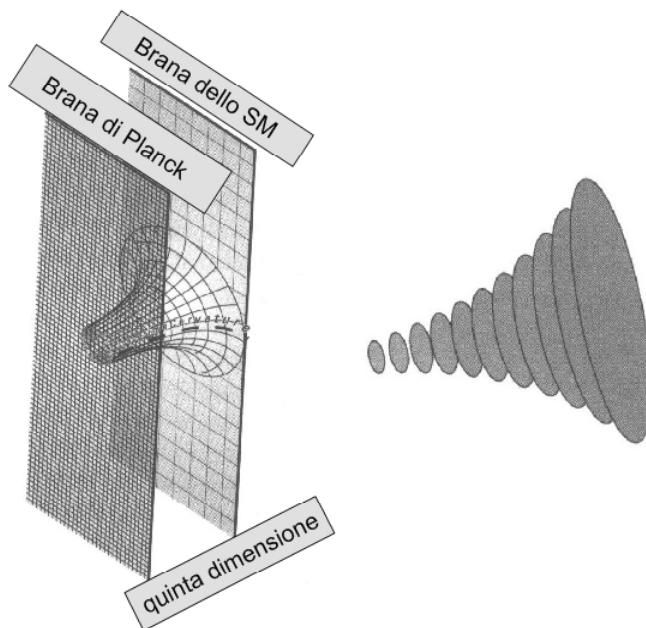


Figura 12 - A sinistra le due brane del modello di Randall e Sundrum. Nella parte destra la distorsione provocata dalla gravità generata dalle due brane lungo la quinta dimensione.

L'effetto della distorsione prodotta da queste due brane sulla quinta dimensione (quarta dimensione spaziale) è illustrato in figura 12. La geometria della quinta dimensione è paragonabile a un imbuto ed il suo effetto è quello di cambiare la scala delle lunghezze (o delle masse) lungo la quinta dimensione. È come se nell'esempio di figura 12 la scala delle lunghezze fosse determinata dal raggio della circonferenza che si ottiene tagliando l'imbuto perpendicolarmente al suo asse. Il raggio aumenta andando verso la bocca dell'imbuto. Dato il rapporto inverso tra masse e lunghezze, la scala di massa diminuisce muovendosi verso la nostra brana. In questo modello la gravità è determinata sulla brana di Planck dalla massa di Planck stessa, 10^{19} GeV. Questa è l'unica scala di tutta la teoria, ma muovendosi dalla brana di Planck alla nostra brana

questa scala di massa diminuisce e si può definire il modello in modo tale che la scala di massa naturale sulla nostra brana sia dell'ordine del TeV. Questo risolve il problema della gerarchia. Inoltre la riduzione delle masse si può ottenere assumendo che la distanza fisica nella quinta dimensione tra le due masse sia dell'ordine della lunghezza di Planck, rendendola praticamente inosservabile.

Esiste però una possibilità per vederne gli effetti. Abbiamo visto precedentemente che l'effetto di una dimensione compattificata è quello di produrre degli stati di energia (o massa) inversamente proporzionale al raggio di compattificazione. Nel caso in esame non si ha una dimensione compattificata ma una dimensione di lunghezza finita (di ordine L_p). Questa si comporta nè più nè meno come una corda di violino e quindi anche in questo caso abbiamo degli stati eccitati: le particelle corrispondenti sono dette particelle di Kaluza-Klein. Il calcolo della loro massa è più complicato perchè alle due estremità le scale di massa sono molto diverse.

Si può però dimostrare che tra gli stati di energia più bassa ce ne sono di massa dell'ordine del TeV/c^2 . Il motivo è che corrispondono a vibrazioni della corda in vicinanza della nostra brana. Ma particelle di questa massa possono essere prodotte facilmente a LHC, dove si accelerano due fasci di protoni l'uno contro l'altro. I quark costituenti i protoni si possono annichilare e produrre queste particelle di Kaluza-Klein che poi possono decadere in una coppia elettrone-positrone (l'antiparticella dell'elettrone). Dato che a LHC i protoni saranno accelerati ad energie dell'ordine della decina di TeV, un processo di questo tipo sarebbe sicuramente osservabile.

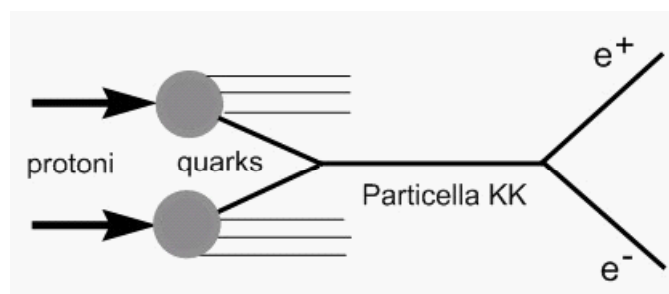


Figura 13 – L'urto di due protoni dà luogo all'annichilazione di due quark che producono una particella di Kaluza-Klein che decade in una coppia elettrone-positrone

9 Conclusioni

Per terminare questa discussione, vorrei citare un libro molto bello, scritto nel 1884 da un reverendo inglese, Edwin A. Abbott, intitolato *Flatland: A romance in many dimensions* [2]. Questo libro fornisce una descrizione accurata di un mondo bidimensionale con tutti i problemi che questo comporta per la sociologia degli abitanti. Questi hanno strutture geometriche di tipo poligonale ed un ovvio problema è che un abitante vede solo una proiezione unidimensionale degli altri. Il protagonista della storia, di tendenze eretiche (per quel paese), ipotizza che in realtà l'universo abbia più di due dimensioni, per quanto sia difficile per lui poterle immaginare. Però, un giorno riceve una visita da un abitante del mondo tridimensionale in cui Flatlandia è immersa (in altri termini Flatlandia è una 2-brana) che gli mostra come un oggetto intrinsecamente tridimensionale, quale una sfera, possa essere osservato in due dimensioni. Per esempio se la sfera passa attraverso il piano di Flatlandia, l'abitante bidimensionale vedrà prima un punto, poi un cerchio di dimensioni sempre più grandi; in seguito il cerchio comincerà a diminuire fino a ridursi ad un punto ed infine sparire. La sfera può essere ricostruita incollando insieme le sezioni trasversali che sono tutte porzioni di piano ma di dimensioni diverse. Questo è esattamente l'analogo della struttura a imbuto che abbiamo visto nel modello precedente. Sarà interessante seguire lo sviluppo futuro di queste teorie multidimensionali perchè, se ci saranno segnali in senso positivo da LHC, il nuovo secolo ci potrebbe offrire orizzonti fin qui sconosciuti.

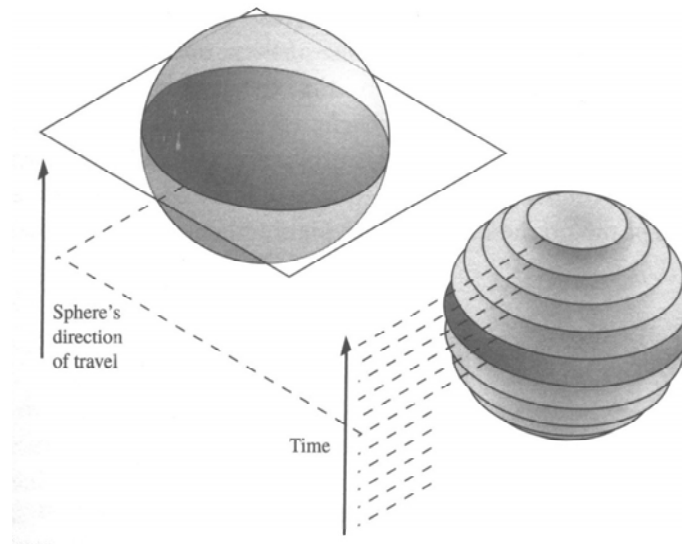


Figura 14 – La figura mostra il passaggio di una sfera attraverso un piano (lato sinistro) e la sua ricostruzione ottenuta incollando le varie sezioni. Le frecce indicano la direzione del moto della sfera attraverso la superficie ed i tempi ai quali sono ottenute le varie sezioni.

Bibliografia

- [1] L. Randall, *Warped Passages: Unraveling the Mysteries of the Universe's Hidden Dimensions*, Harper Collins, Londra 2005.
- [2] E.A. Abbott, *Flatlandia – Racconto fantastico a più dimensioni*, Adelphi, Milano 1966.

Roberto Casalbuoni

Università di Firenze

Istituto Galileo Galilei per la Fisica Teorica e OpenLab - Firenze

Scienza e musica

Riassunto

Al fine di comprendere le ragioni per cui talune musiche del Novecento - segnatamente la musica seriale, quella dodecafonica e le loro diramazioni - non hanno saputo raccogliere attorno a sé che un pubblico esiguo, vengono esaminati i vari aspetti che hanno caratterizzato il rapporto tra musica e scienza attraverso i secoli. Dalla numerologia pitagorica si va alle ipotesi meccanicistiche del Cinque-Seicento e, passando attraverso le prime analisi psicoacustiche dell'Ottocento, si perviene agli ultimi ritrovati delle neuroscienze, indicativi di una evidente corrispondenza tra la teoria classica dell'armonia e le caratteristiche fisiologiche del sistema orecchio-cervello. Il discorso vale per gli ascoltatori "spontanei", ossia gli appassionati di musica sprovvisti di un bagaglio professionale specifico.

1. Introduzione

Fatto nuovo nella storia della musica, nel Novecento si è aperta una grande spaccatura tra taluni compositori d'avanguardia - segnatamente del genere dodecafonico - e il pubblico degli appassionati di musica "colta". Dice il Maestro Roman Vlad: "La musica si trova in una situazione drammatica, che rischia di diventare tragica... L'unità del mondo musicale è spezzata". È un dato di fatto che, a cent'anni di distanza dalle scelte dodecafoniche di Schoenberg e dei suoi allievi della scuola di Vienna, larga parte del pubblico tende a schivare l'esecuzione di quel genere di musica e delle sue varie diramazioni. Fin dal tempo degli antichi Greci, la scienza ha cercato di individuare i criteri che rendono un brano musicale più o meno ben accetto all'ascoltatore. Qui si tratta di rovesciare la questione e chiedersi: ci sono delle ragioni oggettive che giustificano la resistenza del pubblico a certi generi musicali? Una risposta penso possa venire dall'esame del rapporto tra scienza e musica attraverso i secoli, a partire dalla matematica di Pitagora per giungere, passando attraverso il meccanicismo dei fisici del Seicento e la psicoacustica di Helmholtz, fino alle odierne

neuroscienze sperimentali.

Per sgombrare il campo dagli equivoci, è opportuno chiarire che nel Novecento non sono mancati i grandi talenti che, pur uscendo in modo più o meno marcato dalle linee della tradizione, hanno prodotto opere di livello artistico pari a quelle dei massimi compositori del passato. Per togliere dubbi su chi appartiene a questa categoria, ricorderò alcuni nomi: Bartók, Debussy, De Falla, Janáček, Hindemith, Prokofieff, Ravel, Shostakovich, Stravinskij; elenco al quale si possono aggiungere Britten, Chavez, Copland, Gershwin, Honegger, Kaciaturian, Kodály, Ibert, Ives, Martinu, Messiaen, Milhaud, Orff, Ponce, Poulenc, Respighi, Rimskij-Korsakov, Rodrigo, Skrjabin, Sibelius, Tansman, Villa-Lobos, e diversi ancora. Al contrario, i serialisti, i dodecafonicisti, gli aleatori e altri compositori – tra cui Pierre Boulez, Karlheinz Stockhausen, Luigi Nono, Bruno Maderna, per citare i più conosciuti in Italia - che hanno “anteposto il nuovo al vero”, per dirla ancora con Roman Vlad, non hanno incontrato da parte del pubblico non professionale - anche quello di miglior qualità e competenza - un'accoglienza altrettanto favorevole. Quasi come se la loro musica fosse afflitta da un certo “adiabatismo”, per usare un termine della termodinamica, ossia stentasse a trasmettere messaggi ed emozioni all'ascoltatore, in certo senso smentendo l'affermazione di Stravinskij che “la musica deve piacere in sé e per sé”, senza richiedere all'ascoltatore speciali competenze. O quella del francese Roland-Manuel (al secolo Roland Alexis Manuel Levy, 1891-1966) che la musica “commuove in quanto muove”. I quali obiettivi - reazione emotiva e risposta motoria - con l'abrogazione di armonia, melodia, ritmo e metro che per lo più caratterizza le composizioni che ho chiamato “adiabatiche”, sono ardui da raggiungere.

2. Dai Greci al Seicento

Nell'antica Grecia, Pitagora aveva stabilito, tramite il suo monocordo, che si ha consonanza tra due suoni se il rapporto delle loro frequenze fondamentali era esprimibile in termini di rapporti semplici, ovvero di rapporti di due numeri interi piccoli. Così per l'intervallo di quinta perfetta *do-sol* (in scala di *do maggiore*) si aveva $3/2$, per la quarta *do-fa* $4/3$, per la terza maggiore *do-mi* $5/4$, e via dicendo. Per Pitagora ciò si giustifica con la potenza della matematica: “il segreto dell'armonia sta nel magico potere dei numeri” affermava. Se il rapporto non è semplice,

tipo $15/8$ (*do-si*), o $25/18$ (*do-fa diesis*), il bicordo risulta dissonante.

La scala naturale, detta di giusta intonazione, fu costruita tenendo conto di questi rapporti, oltre a quello ovvio di ottava $2/1$, che compare in tutte le culture musicali del mondo. A ben guardare, però, note che hanno tali rapporti di frequenza sono riconducibili ad *armoniche* (o *armonici* come preferiscono dire i musicisti) di una stessa nota, la tonica o primo grado della scala - il *do* negli esempi fatti. Il *sol*, ad esempio, è la terza armonica del *do*, il *mi* la quinta, il *re* la nona, e possono confluire a formare la scala di *do* maggiore per semplici trasposizioni di ottava. Fatto non banale, come si vedrà tra breve, visto che i suoni emessi dalla maggioranza degli strumenti musicali – ad esempio a corde o a canne - sono sempre complessi, ossia costituiti, oltre che dalla frequenza f o tono fondamentale, anche da un certo numero di armonici, o suoni di frequenza multipla della fondamentale, $2f$, $3f$, $4f$ e così via. Fatto non banale giacché la tonalità in musica è una diretta conseguenza di questa scelta privilegiata di una particolare nota come elemento di nucleazione per le altre della scala, e quindi centro di attrazione.

I primi ad avere la percezione che i numeri di Pitagora fossero soltanto una descrizione di fenomeni fisici furono i meccanicisti del XVI secolo, da Giovanni Battista Benedetti a Vincenzo Galilei, ripresi con maggiore approfondimento da Galileo Galilei. Nei *Discorsi*, Galileo attribuisce la consonanza al fatto in tale circostanza il timpano è colpito da due suoni che non lo costringono a “flettersi” in versi sempre discordi. A intervalli regolari il timpano riceve dai due suoni una spinta cumulativa. Spiegazione che, pur non tenendo conto del ruolo della psiche, rappresenta un primo passo concreto verso l’oggettivazione della consonanza in termini di prerogative del percettore. Oggi è facile verificare con il calcolo che il modello di Galileo corrisponde alla situazione in cui le onde acustiche corrispondenti ai due suoni presentano, agli effetti della stimolazione cerebrale, dei massimi simultanei a intervalli di tempo regolari e frequenti, circostanza che non si verifica per coppie di suoni dissonanti (nella quinta *do-sol*, ogni 2 oscillazioni del *sol*).

Altri scienziati - Marin Mersenne, René Descartes, Christiaan Huygens, Jean d’Alembert - di lì a poco rilevarono che, se il rapporto delle frequenze di intervallo è costituito da numeri piccoli, le due note si trovano ad avere armonici in comune: se suonate assieme formano un accordo caratterizzato da marcata fusione armonica e forte carattere di consonanza. In caso contrario, essi sono armonicamente poco correlati, rimangono in parte individualmente distinguibili e vengono

giudicati meno consonanti, quando non dissonanti. Per esemplificare, un *do* e un *sol* hanno una forte affinità "parentela cromatica" giacché non pochi tra i loro armonici coincidono in frequenza. Non così quelli delle coppie dissonanti, come *do* e *si*. Nacque quindi la *teoria delle coincidenze*, enunciata in modo quantitativo da Pierre Estève nel 1742: la consonanza si può avere solo tra note con vari armonici condivisi. È facilmente intuibile che questo criterio è equivalente a quello di Galileo, giacché la sincronia tra i picchi di due onde sonore avviene tanto più di frequente quanto più intensi e numerosi sono gli armonici condivisi.

Anticipo qui, per non essere malinteso, che l'evoluzione della musica nei secoli è stata dall'uso quasi esclusivo della consonanza a una dialettica in cui la dissonanza, contrapponendosi al carattere risolutivo della consonanza, gioca un ruolo portante, arricchendo la trama musicale allo stesso modo in cui, nel Rinascimento, prospettiva e chiaroscuro hanno reso la pittura più espressiva e aderente al reale.

2. Helmholtz e la psicoacustica

Nell'Ottocento, Helmholtz aprì la strada alla *psicoacustica* chiedendosi quale sia la ragione per cui, a livello psichico, una forte sovrapposizione degli armonici appartenenti alle due note garantisce la consonanza, laddove suoni che hanno armonici non coincidenti, ancor peggio se leggermente sfalsati (com'è ad esempio il caso della settima maggiore *do-si*), inducono la sensazione di dissonanza, da intendersi in qualche modo come un senso di insoddisfazione e di incompletezza, che crea l'aspettativa per un ritorno su accordi armonicamente più fusi. L'ipotesi centrale di Helmholtz fu che taluni bicordi riuscissero meno graditi perché nel nostro apparato uditivo esiste una sorta di banda critica: se due frequenze sono troppo ravvicinate, esse vanno a cadere in tale zona e non si sentono come un accordo formato da due suoni distinti, bensì come un suono intermedio accompagnato da un rumore ruvido e aspro che risulta percettivamente sgradito.

Analisi anatomiche confermano che tale banda effettivamente esiste ed è dovuta al comportamento della *membrana basilare*, il filamento posto all'interno della coclea. Messa in vibrazione da timpano e catena degli ossicini, essa trasmette segnali elettrici alla rete neurale grazie alle *celle ciliate*, le terminazioni nervose che poggiano su di essa. Le diverse frequenze del suono eccitano punti diversi lungo la membrana basilare (organizzazione *tonotopica*) e la corteccia uditiva le discrimina in base

alle particolari fibre nervose che vanno ad attivare i corrispondenti neuroni (cioè generano gli “spari neurali”, in gergo neuroscientifico). Le celle ciliate, però, sono relativamente poche, qualche migliaio, per cui due frequenze troppo vicine eccitano una medesima fibra nervosa, creando ambiguità percettiva a livello mentale e ostacolando la comprensione del messaggio sonoro.

Ancora una parola su Helmholtz. È interessante ricordare l’atteggiamento che assunsero i suoi contemporanei di fronte alla sua straordinaria capacità innovativa nell’analisi del rapporto musica/uomo. L’approccio di Helmholtz propone una base di innatismo e una legalità naturale sia all’armonia classica, sia ai temi melodici, indispensabili entrambi per elaborare l’insieme dei suoni e dar loro significato. La sua morale era “... le sensazioni di consonanza e dissonanza, determinate da un preciso meccanismo acustico e fisiologico, in vista di una più elevata e spirituale bellezza della musica, sono solo mezzi: ma mezzi essenziali e potenti”. Per lui, dunque, ineludibile rimaneva la sudditanza dell’estetica musicale all’acustica e alla fisiologia dell’apparato uditivo. Poiché le informazioni oggi disponibili dalle neuroscienze erano di là da venire, egli trovò forti opposizioni nell’ambito dei musicisti, opposizioni che, come ho già detto, sussistono a tutt’oggi nei confronti suoi e di chi ha continuato il suo lavoro. E naturalmente anche dei risultati delle neuroscienze, giudicate eccessivamente riduttive del complesso meccanismo di interazione tra l’uomo e la musica.

A onore di Helmholtz, tuttavia, va detto che egli ben si rendeva conto dell’importanza della componente di assuefazione e di acculturamento nell’apprezzamento della musica. Scriveva: “il sistema delle scale, delle tonalità e del loro ordito armonico non si fonda semplicemente su immutabili leggi della natura, ma, al contrario, è in parte anche conseguenza di principi estetici che nello sviluppo progressivo dell’umanità sono stati soggetti a mutamento e lo saranno ancora”. Il che oggi è quasi scontato, considerato che “la crescita” delle facoltà mentali – e ciò vale per l’apprezzamento della musica come per ogni altra umana attitudine – è un processo che si prolunga nel corso dell’intera esistenza. Il cervello, in effetti, è dotato di una straordinaria plasticità, di fatto si modifica nel tempo. Il discorso sulle coincidenze, quindi, va preso alla lettera per un cervello relativamente *naïf*, o comunque poco assuefatto all’ascolto di musiche complesse.

3. "Spari" neurali

Grazie agli straordinari progressi delle scienze della mente, oggi siamo in grado di dare molte risposte alle domande sollevate dagli oppositori di Helmholtz. Si può calcolare a priori che, nel caso di armonici condivisi, l'energia acustica che nell'orecchio attiva i treni di impulsi nervosi diretti alla rete neurale - si veda la figura 1 - presenta particolari caratteri di riconoscibilità e ripetitività che, riflettendosi sul profilo temporale degli impulsi stessi, mettono il cervello in grado di appropriarsi del discorso musicale e dargli un significato.

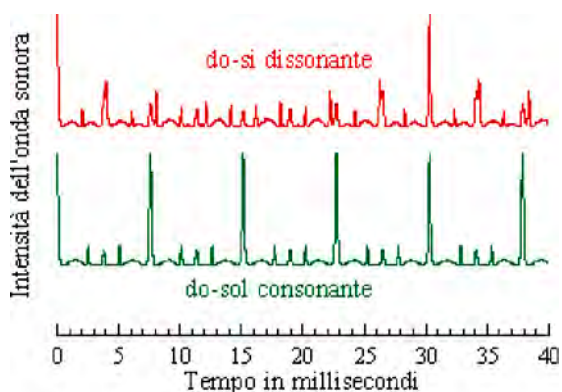


Figura 1. Confronto tra l'andamento temporale teorico dell'energia acustica che perviene nel tempo all'orecchio interno (con armonici rinfasati), alla quale il treno di "spari" neurali è direttamente correlato, per il bicordo consonante do-sol e per il dissonante do-si.

Nella musica seriale, dodecafonia e sue varie diramazioni, i treni di impulsi neurali divengono del tutto casualizzati, senza elementi di spicco, né conteggiabilità temporale, tipo quelli prodotti dal rumore; il tempo perde il suo ruolo portante; la fruibilità della sequenza di note diviene limitata a un rango molto ristretto di cervelli specialmente dotati o spinti da motivazioni particolari.

Trovo particolarmente interessante che, per definire le caratteristiche precipue della musica seriale, sia un musicista come György Ligeti [1], a fare riferimento al concetto termodinamico di entropia, che egli le attribuisce in grado "irresistibilmente crescente", di fatto definendola - in ossequio al significato termodinamico di entropia - disordinata e casuale, quindi priva di costrutti e di significati.

4. Neuroscienze e base biologica dell'armonia

Le neuroscienze studiano i correlati neurali della musica con tecniche di neuroimmagine, quali tomografia a emissione di positroni (PET), ecografia, elettroencefalografia (EEG), magnetoencefalografia (MEG) in risoluzione spaziale, risonanza magnetica funzionale (fMRI), che permette una localizzazione spaziale dell'ordine del mm³, o anche con l'analisi circuitale del cervello in animali. I risultati sembrano indicare che la teoria classica dell'armonia affonda le sue radici nella biologia del nostro sistema fisico e neurale. È difficile ora negare che l'armonia tonale classica abbia una qualche legittimazione naturale, si adatti cioè alle esigenze percettive dell'essere umano allo stadio più elementare e spontaneo. Un'idea che è stata avversata dalle avanguardie durante tutto il Novecento. Qualcosa di simile si può dire per i ruoli della melodia, del ritmo e del metro, che concorrono alla codifica dei segnali neurali e che quando sono sacrificati tendono ad accentuare i connotati di rumore nella sequenza di impulsi diretti al cervello. La facilità di elaborazione degli accordi consonanti, soprattutto in presenza di un solido profilo ritmico, è ciò che li ha resi predominanti nella maggioranza dei sistemi musicali della terra.

Quello che oggi si sa è che la possibilità per il cervello di conteggiare temporalmente gli impulsi neurali stimolati nell'orecchio interno sta alla base della sensazione di consonanza e della percezione di una stoffa timbrica omogenea e compatta. Si potrebbe dire che i segnali classicamente consonanti sono preferiti perché, avendo una fisionomia strutturata, anzitutto destano l'attenzione del cervello, e poi risultano più facili da elaborare. Il sistema orecchio-cervello opera a tutti gli effetti come un convertitore analogico-digitale, dove le informazioni nascono da un "conteggio". Se, quanto a dipendenza da ritmo e metrica, questa proprietà era stata già intuita da Leibniz¹, oggi sappiamo che lo stesso vale per altri neuroni specializzati, per esempio quelli che rilevano l'intensità del suono o quelli preposti alla discriminazione dell'altezza. È dalla confluenza di queste operazioni che l'evento sonoro assume il suo senso. E a seconda di come esso influenza la chimica del cervello, agendo sul livello di dopamina - il neurotrasmettitore che dà la sensazione di benessere - il passo musicale viene diversamente accolto.

¹ Egli scrisse: "Musica è un esercizio aritmetico della mente che conta senza sapere di contare".

Tale reazione emotiva esula dal compito dei neuroscienziati, il cui studio si limita all'*hardware* cerebrale. La sua conoscenza, d'altra parte, è indispensabile, in quanto accresce, ad esempio nel compositore, la consapevolezza delle esigenze del suono musicale.

Nel caso dell'altezza, il conteggio è tanto più agevole quanto più il suono presenta una strutturazione armonica, sia quando si tratta di suono costituito da una nota isolata, che può dirsi *autoconsonante*, sia quando risulta da un insieme di note. La strutturazione armonica è tipica dei suoni naturali, in primissimo luogo la voce umana, e quindi suscita configurazioni di eccitazione familiari al cervello. È particolarmente significativo come i neonati recepiscano in modo automatico e veloce con gli stimoli sonori ambientali a cui sono più esposti, a cominciare dal canto materno [2].

Va ribadito che la differenza qualitativa nell'andamento temporale degli impulsi neurali che si ha tra accordi tradizionalmente consonanti oppure dissonanti è talmente marcata che l'avvicinarsi di consonanze, quasi-consonanze, quasi-dissonanze e dissonanze non può non assumere un poderoso potenziale espressivo. Nella musica di genere seriale, di tale potenziale si fa inevitabilmente un uso limitato. Dunque, per non rigettare la "nuova musica", non basta "farci l'abitudine" - impegno che pure rimane indispensabile - ma occorre anche chiedere al cervello di avvalersi di chiavi di lettura meno immediate, in quanto i messaggi che riceve sono assai poco "parlanti". Per le menti non particolarmente "imparate", nell'elaborazione dei complessi segnali che corrono nei circuiti neurali, effetti semplificatori si rendono indispensabili.

Le conclusioni cui giungono oggi i neurologi impegnati nelle scienze cognitive della musica sono in parte basate sui dati sperimentali relativi ai segnali "sparati" dalle fibre nervose uditive alla volta del cervello (che, come mostra la figura 2, sono in eccellente correlazione con il modello teorico basato su

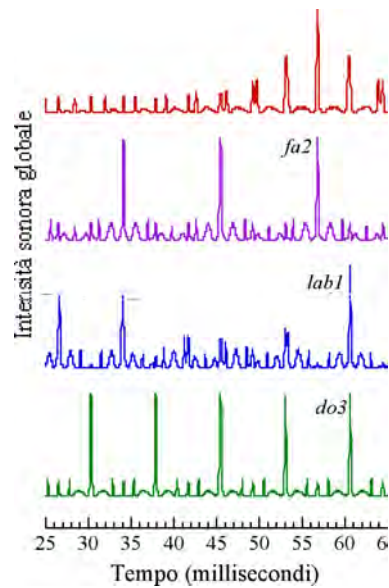


Figura 2. A sinistra: dati relativi all'andamento temporale degli i spari neurali di 50 fibre nervose di gatto per quattro bicordi [13]. A destra: per gli stessi bicordi, andamento teorico dell'energia acustica che perviene nel tempo all'orecchio interno, alla quale il treno di impulsi neurali è direttamente correlato.

considerazioni energetiche, già anticipato nella figura 1). Appare relativamente fuori questione che il profilo temporale degli impulsi neurali generati da note o insiemi di note consonanti semplifica i meccanismi di elaborazione a livello cerebrale, secondo i neurologi favorendo l'attenzione, l'immediatezza del responso e, non ultima, la memorizzabilità. Quello che possiamo dire sicuramente è che la musica è soggetta a un certo numero di leggi universali della percezione che ne condizionano fortemente la struttura [4]. *In sostanza si può avanzare la tesi che la teoria classica dell'armonia riflette proprietà fisiologiche e anatomiche del sistema nervoso uditivo e dei sistemi cognitivi associati, valendo in modo identico per tutte le popolazioni del mondo, anche nella primissima infanzia, e persino per le specie animali.*

Il non utilizzo da parte dei compositori del linguaggio biologicamente favorito comporta la generazione di profili temporali nella successione di impulsi convogliati al cervello - riguardino essi l'altezza, l'intensità, il ritmo, la durata, la timbrica - che si avvicinano a quelli prodotti dal rumore casuale. Ciò implica un inevitabile mascheramento dei significati e delle intenzioni contenuti nel messaggio sonoro, e l'insorgere di meccanismi elaborativi dell'informazione via via più complessi e remoti dal naturale modo di operare del nostro sistema nervoso. La musica è una capacità cognitiva complessa: un'ampia rete

di aree cerebrali è coinvolta nella sua elaborazione, in quanto operazioni mentali diverse sono implicate negli aspetti acustici, ritmici, melodici e armonici (operazioni che oltretutto si intrecciano variamente)². Come detto sopra, è dalla congiunzione di queste svariate funzioni che l'evento sonoro prende significato. Se tale rete non è messa in condizione di svolgere agevolmente i propri compiti, il carico di lavoro del cervello diventa eccessivo, la memoria non viene attivata, e il risultato è che gli stimoli sonori ricevuti lasciano l'ascoltatore estraniato.

5. L'aspetto motorio

Daniel Levitin, professore di psicologia e musica alla McGill University di Montreal, ha riportato i risultati di una ricerca effettuata su cervelli sottoposti ad ascolti musicali [5]. La tecnica usata era la fMRI (*functional Magnetic Resonance Imaging*), capace di individuare le zone attivate del cervello su scala del millimetro cubo (l'attivazione si riconosce per un incremento del flusso sanguigno). Sono state esaminate 13 persone durante l'ascolto di brani musicali e, come controprova, di loro versioni strutturalmente scompagnate. Si è trovato che, anche in condizioni di immobilità, l'ascolto di musica eccita zone che coordinano le attività motorie. Se il corpo non può danzare, lo fa il cervello, confermando l'indissolubilità del legame tra musica e movimento. Significative le parole di Roland-Manuel, già citate, e quelle di Hausegger: "Le espressioni sonore non sono altro che movimenti muscolari fattisi udibili, gesti che si sentono". L'attribuire scarso peso al metro e al ritmo, come si è fatto in varie forme musicali dell'ultimo secolo, quali serialità, dodecafonia e loro varianti, ha un effetto negativo giacché tali elementi, appellandosi all'aspetto motorio del discorso musicale, sono essenziali nel conferirgli forma e vitalità. Per Stravinskij "il ritmo e il movimento, e non l'espressione delle emozioni, costituiscono i fondamenti dell'arte musicale".

² Non a caso si tende oggi a preferire, come strumento di indagine dei correlati neurali, la musica agli stimoli visivi o al parlato, in quanto essa richiede la messa in atto di quasi tutte le funzioni cognitive (attenzione, memoria, motricità, percezione, ecc.). Si veda ad esempio D. Schön, L. Akiva-Kabiri e T. Vecchi, op. cit., Carocci, Roma 2007, p. 106.

Bibliografia

- [1] G. Ligeti, *Metamorfosi della forma musicale*, in *Ligeti*, di autori vari, a cura di E. Rostagno, Torino 1985, p. 229.
- [2] D. Schön, L. Akiva-Kabiri e T. Vecchi, *Psicologia della musica*, Carocci, Roma 2007, pp. 20 e 24.
- [3] M.J. Tramo, P.A. Carians, B. Delgutte e L.D. Braidà, "Neurobiology of Harmony Perception", in *The cognitive neuroscience of music*, a cura di I. Peretz e R.J. Zatorre, Oxford University Press, Oxford 2003, p. 127. Il lavoro di Tramo e coll., come altri nello stesso volume, contiene una vastissima bibliografia, che non è possibile elencare in questa sede. I risultati sono anche reperibili in un precedente scritto degli stessi autori: "Neurobiological Foundations for the Theory of Harmony in Western Music", *Annals of New York Acad. of Sciences*, 2001, p. 92.
- [4] D. Schön, L. Akiva-Kabiri e T. Vecchi, *op. cit.*, Carocci, Roma 2007, p. 70.
- [5] D. Levitin, *Dancing in the Seats*, editoriale sul *New York Times* del 26/10/2007.

Andrea Frova
Università di Roma "La Sapienza"

Fisica, logica e musica

I. Linguaggi della scienza e linguaggi della musica

Nella tradizione culturale del Novecento il mondo della scienza e quello della musica sono stati spesso descritti come se appartenessero a due universi *separati*. Ma è davvero così?

Proviamo a confrontare i linguaggi della musica e quelli della scienza, ponendo la domanda: come si codifica l'informazione nel caso delle partiture e nel caso dei linguaggi formali delle teorie scientifiche? La differenza più importante sembra essere la seguente:

- I linguaggi formali delle teorie scientifiche sono fondamentalmente *lineari*: le *espressioni ben formate* sono rappresentate come stringhe uni-dimensionali costituite da simboli dell'alfabeto. Per esempio, nel linguaggio formale dell'aritmetica, la successione di simboli "0+0=0" rappresenta una espressione ben formata (che corrisponde anche a un *teorema* della teoria).
- Le partiture, invece, sono oggetti sintattici fondamentalmente bidimensionali, che hanno nello stesso tempo una componente *orizzontale* e una componente *verticale*. Ogni tentativo di *linearizzare* una partitura condurrebbe a risultati assolutamente anti-intuitivi.

La bidimensionalità caratteristica della notazione musicale è probabilmente connessa, in modo essenziale, con quelle *strutture parallele profonde*, che sembrano avere un ruolo importante nella percezione e nella elaborazione intellettuale delle esperienze musicali. Come tutti sanno, la musica e i discorsi parlati vengono percepiti secondo modalità differenti. Quando più persone parlano simultaneamente, chi ascolta ha spesso una reazione di disagio e di malessere psicologico. Una caratteristica importante della musica è invece il misterioso fenomeno del "piacere polifonico". Pensiamo a quello che succede nel caso di tanti duetti (o terzetti o quartetti) di opere liriche. L'ascoltatore *sente* il risultato polifonico globale, ma nello stesso tempo riesce a percepire come distinte le diverse linee melodiche e a seguire i diversi *pensieri* dei protagonisti in gioco.

Si potrebbero citare molti esempi. Un caso particolarmente significativo è rappresentato da un frammento del celebre duetto della *Traviata*, in cui Germont padre convince Violetta a lasciare Alfredo.

Inizialmente Violetta propone a Germont una sorta di compromesso: “Ah comprendo, dovrò per alcun tempo da Alfredo allontanarmi ...” Questo è quel che dice, attraverso una forma di recitativo. Ma, in realtà, Violetta ha capito benissimo che quello che Germont le chiede è molto più grave: la separazione dovrà essere per sempre.

Musicalmente, i pensieri e l'angoscia della protagonista sono realizzati non dalla linea melodica del suo canto, ma dalle frasi drammatiche e concitate, che sono affidate agli archi. E la “contraddizione” fra quello che Violetta dice e quello che Violetta pensa (e teme) viene espressa da alcuni accordi dissonanti (per esempio, Violetta “dice” un *la* bemolle e “pensa” un *la* naturale). Si tratta di una situazione significativa in cui il parallelismo della musica riesce a riflettere in modo particolarmente efficace quelle strutture parallele che sono caratteristiche dei nostri processi mentali. Potremmo citare a questo proposito una felice metafora del neuroscienziato Antonio Damasco, secondo cui “il cervello umano lavora come una orchestra”.

È possibile (e interessante) rappresentare una partitura musicale come un esempio speciale di linguaggio formale? Le partiture sono, in un certo senso, *formalizzabili*? Questa domanda ammette una risposta positiva, fondata sul concetto di *rappresentazione formale di una partitura musicale*.¹ Intuitivamente possiamo immaginare la struttura formale di una partitura come in insieme di segni scritti su un quaderno a quadretti: ogni riga del quaderno corrisponde a un particolare strumento, mentre ogni colonna descrive suoni che devono essere eseguiti simultaneamente. Ogni *casella* (“quadretto”) del nostro quaderno può essere trattata come un “contenitore” per un *atomo di informazione*. Matematicamente, tutto questo può essere descritto in modo adeguato attraverso particolari configurazioni bidimensionali, che si comportano come *matrici*.

La notazione musicale standard è molto complicata e la lettura di una partitura è una operazione difficilissima per i non professionisti della musica. Non c'è dubbio che il linguaggio della musica sia molto più ricco ed eterogeneo rispetto ai linguaggi formali delle teorie scientifiche. A grandi linee, possiamo identificare almeno le seguenti categorie di espressioni simboliche che hanno un ruolo fondamentale: a) *nomi* per le diverse note, che rappresentano particolari *altezze* di

¹ Per una trattazione tecnica si veda [3].

- possibili suoni (come, per esempio, il *la* del diapason, che corrisponde alla frequenza approssimativa di 440 Hertz);
- b) indicazioni ritmiche (per esempio: 4/4, 6/8 e così via);
 - c) nomi per i diversi tipi di pausa;
 - d) indicazioni di metronomo;
 - e) indicazioni di *tempo* (come *Allegro*, *Adagio*, *Scherzo*, e così via);
 - f) indicazioni dinamiche (come *piano*, *forte*, *crescendo*, *espressivo*, e così via);
 - g) prescrizioni che riguardano l'emissione del suono (come *legato*, *staccato*, *pizzicato*, e così via);
 - h) nomi per i diversi strumenti e i diversi tipi di voce (*violino*, *viola*, *soprano* e così via).

Com'è noto, nella scrittura musicale standard, i nomi delle note vengono indicati usando un tipo di notazione che è fondata sul *pentagramma*, sulla convenzione delle *chiavi* e degli *accidenti in chiave*. In questo contesto, in ogni sua occorrenza, un nome di nota è associato a un certo *valore ritmico* (per esempio, 3/4, 4/4, 6/8). Molte indicazioni vengono date all'inizio di un movimento (per esempio, *Allegro*), o all'inizio di una battuta (come accade per le indicazioni relative al ritmo e agli accidenti in chiave). Naturalmente, tutte le indicazioni date all'inizio si devono pensare come *distribuite* su quello che segue.

Una versione formale di una partitura dovrà render conto di tutti questi elementi di informazione, che potrà eventualmente esprimere anche attraverso convenzioni diverse rispetto a quelle adottate dalla scrittura tradizionale. Per esempio, la notazione pentagrammatica può essere semplificata: si possono adottare tecniche di *aritmetizzazione del linguaggio*, convenendo che i diversi nomi di nota siano rappresentati da numeri particolari.

Mache interesse può avere cercare di formalizzare i linguaggi musicali? Nel caso delle teorie scientifiche, lo scopo della formalizzazione non è quello di proporre dei linguaggi perfetti, che dovrebbero sostituire i "vecchi linguaggi imprecisi" usati dalla comunità scientifica. In realtà, tutti i linguaggi formali sono sempre pesanti e assolutamente illeggibili, quando non siano accompagnati da opportune regole di traduzione in un linguaggio naturale. Ogni tentativo di sostituire nella pratica musicale una partitura tradizionale con una sua versione formale sarebbe del tutto irragionevole! In entrambi i casi (scienza e musica), lo scopo principale della formalizzazione è un altro: si tratta di mettere a fuoco certe strutture linguistiche profonde, che rappresentano degli

invarianti significativi in una varietà di tipi diversi di espressioni linguistiche e di sistemi notazionali. Identificare gli elementi che hanno un ruolo importante nei nostri processi di codifica dell'informazione costituisce un momento fondamentale per ogni indagine teorica.

2. Musica e meccanica quantistica

E veniamo ai problemi semantici. Come descrivere il tipo di rapporto che sussiste fra una partitura e la classe delle sue interpretazioni (reali o possibili)? E che cosa si intende esattamente per *interpretazione* di una partitura musicale? Si tratta di un concetto critico, molto discusso da musicologi e musicisti, che hanno proposto prospettive e soluzioni diverse. Come si sa, il mondo dei suoni è un mondo tipicamente *relazionale*, che si comporta in maniera molto diversa rispetto al mondo dei colori.

In generale, non è possibile associare un significato preciso a una singola nota o a un singolo suono. In un certo senso, le note singole ci appaiono tutte come *semanticamente equivalenti*. Il significato di una nota, di un accordo o di una frase musicale è sempre determinato dal contesto. Non c'è dubbio che la musica richieda una semantica di tipo *contestuale e olistico*. Ma è possibile affrontare questi problemi con metodi scientifici?

Stranamente, c'è un "aiuto" tecnico, a cui possiamo ricorrere, che viene da un mondo apparentemente molto lontano dalla musica: il mondo dei *microoggetti* (elettroni, fotoni, quarks, ...), che sono indagati dalla meccanica quantistica. Recentemente la teoria dei *computer quantistici* ha suggerito nuove forme di logica, che sono state chiamate *logiche quantistiche computazionali*. In queste logiche, i *significati* delle proposizioni sono identificati con *quantità di informazione quantistica*. Si viene a creare così un formalismo matematico per *una teoria astratta dei significati*, che può essere applicata con successo allo studio di vari fenomeni semantici, dove comportamenti *olistici, contestuali e gestaltici* hanno un ruolo essenziale (dai linguaggi naturali a quelli della musica).

Sia la percezione sia il pensiero umano sono fondamentalmente sintetici. Noi non *vediamo* mai un oggetto analizzandolo punto per punto. Quello che facciamo è invece rappresentarci una *forma* (o *Gestalt*), ossia una *idea globale* dell'oggetto in questione. Il *pensiero gestaltico* non può essere rappresentato adeguatamente nel contesto della logica

classica, la cui semantica è fondamentalmente *analitica e compositiva*: il significato di una espressione *composta* è sempre determinato dai significati delle sue *parti*. Nello stesso tempo, tutti i significati vengono descritti come *precisi e non ambigui*.

Tutto questo fa sì che la semantica classica sia difficilmente applicabile a un'analisi adeguata dei linguaggi naturali e delle opere d'arte, dove aspetti olistici e ambigui sembrano avere un ruolo fondamentale. A questo proposito, si potrebbero fare naturalmente moltissimi esempi. Un caso che ci pare particolarmente significativo è rappresentato dall'ultimo verso della celebre poesia *L'Infinito* di Giacomo Leopardi:

E 'l naufragar m'è dolce in questo mare.

Verso che è stato paragonato alle ultime parole di Isolde nell'opera *Tristan und Isolde* di Wagner:

*ertrinken, versinken, unbewusst, höchste Lust!*²

In Leopardi (ma, in modo simile anche in Wagner), il risultato poetico sembra dipendere essenzialmente dalla relazione semantica seguente: i significati delle espressioni componenti "naufragar", "dolce", "mare" non corrispondono qui ai significati più comuni di queste parole. Fra l'altro non c'è il mare a Recanati (il villaggio natio dove si trova il *Colle dell' Infinito*, cui la poesia si riferisce). Tuttavia questi significati sono in qualche modo presenti e vengono correlati in maniera ambigua con i significati metaforici evocati dall'intera poesia. Si tratta di una situazione semantica tipica, che è molto frequente nelle opere poetiche.

Ora, nella semantica delle logiche quantistiche computazionali, risultano soddisfatte le condizioni seguenti:

- i *significati globali* (che possono corrispondere a una *Gestalt*) sono essenzialmente *vaghi*, in quanto lasciano semanticamente indecise molte proprietà rilevanti degli oggetti studiati;
- ogni significato globale determina alcuni significati parziali, che, in generale, sono più vaghi del significato globale stesso;
- come accade nei fenomeni *gestaltici*, i significati sono oggetti essenzialmente dinamici.

In questo contesto logico, il *significato* di una proposizione viene identificato con una quantità di informazione quantistica: un sistema di *qubit*. Che cos'è un *qubit*? Da un punto di vista intuitivo, un *qubit*

² Naufragare, sprofondare, senza coscienza, piacere supremo!

può essere visto come una variante quantistica della nozione classica di *bit*. Com'è noto, nella teoria classica dell'informazione, un *bit* misura l'informazione che si trasmette (o si riceve), quando si sceglie un elemento da un insieme costituito da due elementi (per esempio, dall'insieme costituito dalla risposta *Sì* e dalla risposta *No*, o dall'insieme costituito dal numero 1 e dal numero 0). Nella teoria dell'informazione quantistica, invece, non è in generale possibile riferirsi a delle risposte precise (come *Sì* e *No*). La risposta tipica è rappresentata da un *forse quantistico*, che può essere descritto come una *sovrapposizione quantistica* della risposta *Sì* e della risposta *No*.

Usando, in maniera non tecnica, la notazione di Dirac, possiamo scrivere la forma generale di un *qubit* come una *sovrapposizione* che ha la forma seguente seguente:

$$| \text{Qubit} \rangle = | \text{No}_a \rangle + | \text{Sì}_b \rangle,$$

dove:

a è un numero (complesso) che determina la probabilità della risposta *No*,

b è un numero (complesso) che determina la probabilità della risposta *Sì*.

I numeri a e b sono di solito chiamati *ampiezze quantistiche*.

Da un punto di vista fisico, un *qubit* può essere visto come lo *stato puro* di una particella singola: un *massimo di informazione* dell'osservatore intorno all'oggetto studiato (anche una ipotetica "mente onnisciente" non potrebbe saperne di più). Un sistema di n *qubit* (chiamato anche *quregistro*) corrisponderà, invece, allo stato di un sistema composto costituito da n particelle. L'idea è che una particella singola (come, per esempio, un elettrone) possa trasportare fisicamente una quantità di informazione rappresentata da un *qubit*. Per trasportare l'informazione immagazzinata da n *qubit* avremo bisogno, naturalmente, di un sistema composto costituito da n particelle.

Un fenomeno quantistico molto intrigante è quello dell'*entanglement*, che rappresenta uno degli aspetti più misteriosi della teoria. Che cosa significa esattamente *entanglement* (termine che in italiano viene talvolta tradotto con le espressioni "intreccio" o anche "ingarbugliamento")? Da un punto di vista intuitivo, le caratteristiche fondamentali di uno *stato entangled* sono così descrivibili:

- lo stato rappresenta un massimo di informazione (uno *stato puro*) che descrive un sistema fisico S , composto da un certo numero di

particelle;

- l'informazione determinata dallo stato sulle parti di S non può essere massimale. Pertanto le parti risultano descritte da stati che corrispondono a informazioni, in generale, ambigue.

I fenomeni di *entanglement* possono essere usati in modo naturale per descrivere, attraverso il formalismo delle logiche quantistiche computazionali, situazioni semantiche tipicamente olistiche. Possiamo riferirci a *stati di conoscenza entangled*, rappresentati da particolari quregistri che corrispondono a significati di proposizioni *molecolari*. Per esempio, consideriamo una congiunzione che abbia la forma:

$$B \text{ e } C.$$

È possibile la situazione semantica seguente:

- il significato della congiunzione $B \text{ e } C$ è un quregistro, che rappresenta una informazione massimale (uno stato puro);
- i significati di entrambe le parti (B, C) sono *entangled* e non possono essere rappresentati da due stati puri (due quregistri).

Si può dire che il significato preciso della congiunzione $B \text{ e } C$ determina due significati ambigui per le parti (B, C), significati che sono rappresentati da *stati non puri*. Dunque, è il significato del tutto che determina i significati della parti, e non viceversa. Infatti (diversamente da quello che accade nel caso della semantica classica), non è possibile “andare all'indietro” e ricostruire il quregistro che rappresenta il significato preciso del tutto a partire dai due significati ambigui delle parti.

È come se il *puzzle*, un volta rotto, non potesse più essere ricomposto nell'immagine originaria! Lo stato (non puro) che costituisce il significato ambiguo di B (di C) può essere visto come il *significato contestuale di B (di C)*, significato che resta determinato dal *contesto globale* (il quregistro che è il significato della congiunzione $B \text{ e } C$).

Proviamo ad applicare questo tipo di analisi semantica alla poesia *L' Infinito*. Potremmo artificialmente scomporre la poesia nelle due proposizioni seguenti:

- B = la poesia *L'Infinito* senza l'ultimo verso
- C = *'l naufragar m'è dolce in questo mare*.

Otteniamo così:

$$L'Infinito = B \text{ e } C.$$

La nostra *semantica olistica* descrive come il significato contestuale dell'ultimo verso C (un significato tipicamente ambiguo) sia

determinato dal significato globale dell'intera poesia.

3. La figura di Mignon in Schubert e in Schumann

Queste idee semantiche sono applicabili, in modo naturale, anche alla musica. Per esemplificare, possiamo riferirci alla forma musicale del *Lied*. Com'è noto, la caratteristica fondamentale della struttura dei *Lieder* è una "coesistenza" fra tre *mondi* distinti: il mondo creato da una *poesia* (che in molti casi è un classico della letteratura, con una sua vita propria indipendente dalla musica), la linea melodica del canto, l'accompagnamento strumentale (la cui complessità può essere, entro certi limiti, indipendente sia dal testo sia dal canto).

Un questione cruciale, che è stata spesso discussa da musicologi e musicisti, riguarda il tipo di relazione che sussiste fra il testo e la musica di un *Lied*. Indubbiamente, ogni realizzazione musicale trasforma il testo originario in un *oggetto semantico globale* completamente nuovo, di cui però quel testo resta una componente importante. Arnold Schönberg ha dichiarato un volta che per capire un *Lied* di Schubert non è necessario capirne il testo. Si tratta di una affermazione che, a prima vista, può apparire paradossale. Ma forse Schönberg voleva riferirsi proprio al *significato musicale complessivo* della forma *Lied*, che in qualche modo *assorbe* e *rinnova* tutti i significati parziali dei testi letterari originari.

C'è un esperimento interessante che è possibile fare: che cosa succede quando una stessa poesia viene musicata da compositori diversi, in tempi diversi? Possiamo riferirci ad alcuni esempi significativi, che rappresentano dei veri classici nella storia del *Lied*: le canzoni di *Mignon* e dell' *Arpista*, dal *Wilhelm Meister* di Goethe, che sono state musicate da vari compositori, fra cui Schubert e Schumann. Consideriamo, per esempio, la celebre poesia "Kennst du das Land" e proviamo a confrontare i due *Lieder* di Schubert (1815) e di Schumann (1849).

Nel romanzo di Goethe, la figura di Mignon è una sorta di enigma: una bambina (chiamata spesso "das Kind"), che è anche una donna appassionatamente innamorata, dominata da un sentimento di perenne nostalgia (*Sehnsucht*) per un passato che ha giurato di non rivelare e che è in realtà non ricorda. In "Kennst du das Land" Mignon cerca di conciliare amore e nostalgia con il desiderio di tornare, insieme con l'amato, nella terra dei suoi vaghi e misteriosi ricordi.

Lied der Mignon

*Kennst du das Land, wo die Zitronen blühn,
im dunklen Laub die Goldorangen glühn,
ein sanfter Wind vom blauen Himmel weht,
die Myrte still und hoch der Lorbeer steht?
Kennst du es wohl?
Dahin, dahin
möcht' ich mit dir, o mein Geliebter ziehn!*

*Kennst du das Haus, auf Säulen ruht sein Dach,
es glänzt der Saal, es schimmert das Gemach,
und Marmorbilder stehen und sehn mich an:
was hat man dir, du armes Kind, getan?
Kennst du es wohl?
Dahin, dahin
möcht' ich mit dir, o mein Beschützer ziehn!*

*Kennst du den Berg und seinen Wolkensteg?
Das Maultier sucht im Nebel seinen Weg,
in Höhlen wohnt der Drachen alte Brut,
es stürzt der Fels und über ihn die Flut:
kennst du ihn wohl?
Dahin! Dahin geht unser Weg; o Vater lass uns ziehn!³*

*3 Conosci la terra, dove fioriscono i limoni, /
le arance dorate splendono fra le foglie scure, /
dal cielo azzurro spira un mite vento, /
quieto sta il mirto e alto l' alloro? /
La conosci tu forse? /
Laggiù, laggiù io /
vorrei andare con te, mio amato! / Conosci la casa? Il tetto posa su colonne, /
risplende la sala, brilla la stanza, /
e statue marmoree mi guardano: /
che cosa ti hanno fatto, povera bambina? /
La conosci tu forse? /
Laggiù, laggiù io /
vorrei andare con te, mio difensore! / Conosci il monte e il suo sentiero fra le nuvole? /
Il mulo cerca la sua strada nella nebbia, / l' antica stirpe dei draghi abita in spelonche, / precipita la rupe
e, sopra, le onde, /
lo conosci tu forse? /
Laggiù, laggiù va la nostra strada: o padre, andiamo!*

I due *Lieder* di Schubert e di Schumann sono profondamente diversi, anche se entrambi esprimono il carattere drammatico e misterioso della figura di Mignon. Nella versione di Schubert è presente un elemento di “consolazione”: per esempio, l’incipit suona quasi come una dolce ninna nanna, dove la linea melodica del *Kennst du das Land* ha un tranquillo andamento discendente. Subito dopo, i versi *Ein sanfter Wind ...* sembrano descrivere un’immagine gioiosa, anche attraverso le serene terzine dell’ accompagnamento. Il momento del dubbio, dell’ansia arriva solo più tardi con gli accordi dissonanti del *Kennst du es wohl?* In fondo, se conoscessimo solo il *Lied* di Schubert e non avessimo letto il romanzo di Goethe, potremmo pensare che la “storia” di Mignon e di Wilhelm sia compatibile con una sorta di *happy end*. In particolare, il finale, in maggiore, sulla parola *dahin* (ripetuta quattro volte) sembra suggerire uno slancio vitale ottimistico, anche se alcuni elementi dissonanti nell’ accompagnamento insinuano un’ ombra di dubbio.

Il *Lied* di Schumann è invece completamente dominato da un senso di angoscia, che sembra prefigurare la fine tragica della protagonista. Musicalmente, tutto questo viene espresso attraverso un uso frequente di accordi diminuiti del pianoforte e di dissonanze fra il canto e il pianoforte. Mentre l’incipit di Schubert aveva un rassicurante andamento discendente, il *Kennst du das Land* di Schumann (fondato su un intervallo di quarta ascendente) sembra esprimere un ansioso punto interrogativo. Subito dopo, il suo *Ein sanfter Wind ...* non suggerisce immagini tranquille, ma solo una tempesta di sentimenti angosciati. Diversamente da Schubert, Schumann termina non sulla parola *dahin*, ma sul verso *O Vater, lass uns ziehn*, che esprime una dolorosa preghiera. E il finale, affidato al pianoforte, con un semplice intervallo tonica-dominante sembra suggerire di nuovo una idea interrogativa, che rimane sospesa nel vuoto.

Naturalmente sarebbe irragionevole chiedersi: quale *Lied* è più fedele alla poesia di Goethe? In un certo senso, ogni diversa realizzazione musicale crea una poesia nuova, che è parte di un *oggetto semantico globale*.

Le caratteristiche olistiche del rapporto musica-testo rappresentano forse una delle ragioni che possono “spiegare” alcuni comportamenti psicologici e cognitivi diffusi fra i cantanti. Per esempio, un cantante che conosca perfettamente a memoria un *Lied* o un’ aria d’opera, di solito non riesce facilmente a recitare a memoria il testo separato dalla musica. Ed è assolutamente improbabile che confonda due *Lieder*

diversi solo perché sono fondati sullo stesso testo!

In conclusione, la scoperta di *similitudini strutturali* nella semantica delle teorie fisiche e in quella dei linguaggi artistici sembra interessante dal punto di vista conoscitivo e può contribuire a creare significativi “luoghi di interazione” fra ricerche scientifiche e umanistiche.

Bibliografia

- [1] M. L. Dalla Chiara, R. Giuntini e R. Leporini, “Quantum Computational Logics. A Survey”, in V. Hendricks and J. Malinowski (a cura di), *Trends in Logic. 50 Years of Studia Logica*, Kluwer, 2003, 229–271.
- [2] M. L. Dalla Chiara, R. Giuntini e G. Toraldo di Francia, “Holistic Quantum Computational Semantics and Gestalt-thinking”, in A. Bassi, D. Dürr, T. Weber, N. Zanghi (a cura di), *Quantum Mechanics. Are there quantum jumps? On the present status of quantum mechanics*, AIP, 2006, Melville, New York, 86-100.
- [3] M. L. Dalla Chiara e R. Giuntini, “A formal analysis of musical scores”, *Mathematica Slovaca*, **56** (2006), 591- 609.
- [4] M. L. Dalla Chiara, R. Giuntini e E. Negri , “From quantum to music”, *Advanced Science Letters*, di prossima pubblicazione.

Maria Luisa Dalla Chiara
Università di Firenze

Eleonora Negri
Università di Firenze

Giuliano Toraldo Di Francia
Università di Firenze

Alan Turing: tra logica e informatica

I. Introduzione

Alan Mathison Turing nacque a Londra il 23 giugno 1912; nel 1931 fu accettato al King's College di Cambridge; nel 1936 pubblicò il primo articolo scientifico su un problema di logica matematica: "On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem"¹. [2]. La soluzione che propose lo avrebbe reso famoso nel campo della matematica e dell'informatica.

Durante la Seconda Guerra Mondiale, Turing aiutò il suo paese e gli eserciti alleati producendo un metodo per decifrare i messaggi in codice degli avversari. Il 29 marzo 1951 fu eletto membro della Royal Society, il massimo riconoscimento per uno scienziato nel Regno Unito.

Turing era omosessuale e, in Inghilterra, l'omosessualità era considerata una malattia mentale. Fu processato per questo nel 1952, riconosciuto colpevole e costretto a iniezioni di estrogeni per un anno. L'8 giugno 1954 fu trovato morto dalla domestica: disteso sul letto, si era avvelenato mangiando una mela intrisa di cianuro di potassio. È difficile non pensare che il suicidio sia stato una conseguenza della punizione inflittagli l'anno prima.

L'articolo del 1936 sui numeri calcolabili si sarebbe dimostrato di importanza fondamentale per gli sviluppi del calcolo meccanico e, in seguito, dell'informatica². Ma la rilevanza storica di Alan Turing è legata in modo cruciale ad altri eventi di enorme importanza del secolo passato: nel 1938 fu reclutato dalla Government Code and Cyber School, il GC&CS, ramo del Military Intelligence - il servizio segreto inglese. Il suo contributo fu quello di sviluppare nuovi metodi per decifrare i messaggi del nemico: grazie a quei metodi, dal giugno 1941, l'Alto Comando inglese era a conoscenza di tutte le comunicazioni tra le forze naziste e Winston Churchill riceveva ogni giorno una sintesi

¹ Sui numeri calcolabili meccanicamente con un'applicazione al problema della decisione. L'Entscheidungsproblem (= il "problema della decisione" per affermazioni matematiche) venne proposto, nel 1928, da David Hilbert: determinare un metodo meccanico che permetta di stabilire, per ogni possibile affermazione matematica, se questa è vera oppure no, appunto di deciderne la verità o meno.

² Basti pensare che l'equivalente del Premio Nobel per l'informatica è il "Premio Turing".

dei messaggi scambiati dalle forze nemiche.

Alan Turing fu sicuramente uno dei più grandi eroi britannici, anche se il suo contributo per combattere il nemico del suo paese è difficile da valutare con gli schemi usuali: non si distinse per particolari azioni avventurose, ma fu l'uomo che rese possibile conoscere le intenzioni del nemico in tempo reale. Le navi mercantili venivano informate delle possibili rotte degli *U-boat*; le forze terrestri conoscevano i movimenti delle forze nemiche; nei giorni precedenti il D-Day, gli alleati furono in grado di verificare l'efficacia delle notizie erranee che stavano lasciando circolare per distogliere l'attenzione dei nazisti dalle spiagge della Normandia.

Nel seguito, analizzeremo alcuni dettagli dei successi scientifici di Turing: la nozione di calcolo meccanico, l'analisi per la decrittazione del codice ENIGMA, la questione basilare dell'intelligenza artificiale: che cosa significa che una macchina possa "pensare"?³

2. I numeri calcolabili meccanicamente

Nell'introduzione dell'articolo "Sui numeri calcolabili meccanicamente con un'applicazione al problema della decisione", Turing scrive:

I numeri "calcolabili meccanicamente" possono essere descritti in breve come quei numeri reali la cui espressione decimale si può determinare con strumenti finiti.

Che cosa intende dire con la frase "strumenti finiti"? Turing prosegue dichiarando:

Sebbene l'argomento di questo lavoro siano esplicitamente i numeri calcolabili, è quasi altrettanto facile definire e studiare le funzioni calcolabili di variabile intera o di variabile reale calcolabile, i predicati calcolabili, e così via. I problemi fondamentali sono, comunque, gli stessi in ogni caso, e ho scelto i numeri calcolabili per una trattazione esplicita perché richiedono la tecnica meno complicata.

³ Si veda [1] per ulteriori informazioni sulla vita e sull'opera di Turing.

Spero di trattare nel prossimo futuro le relazioni che intercorrono tra numeri calcolabili, funzioni e via di seguito. Questo includerà lo sviluppo della teoria delle funzioni di una variabile reale espresse in termini dei numeri calcolabili.

Purtroppo questa speranza non era destinata ad avverarsi. Poi, finalmente, afferma:

Nella mia definizione, un numero è calcolabile se la sua parte decimale può essere scritta da una macchina.

A questo punto il problema di comprendere l'intuizione che Alan Turing sta presentando si sposta sul significato di "iscritto da una macchina". E l'autore continua mantenendo un parallelo con un procedimento umano eseguito pedissequamente:

Per il momento, dirò soltanto che la giustificazione sta nel fatto che la memoria umana è necessariamente finita. Possiamo paragonare un uomo nell'atto di scrivere l'espansione decimale di un numero reale a una macchina che è in grado di considerare soltanto un numero finito di condizioni—diciamo che siano q_1, q_2, \dots, q_R —che chiameremo "stati". La macchina è provvista di un "nastro", (l'analogo della carta per l'uomo) che scorre attraverso di essa ed è diviso in sezioni (chiamate "caselle") ciascuna in grado di riportare un "simbolo".

In ogni istante c'è esattamente una casella che è "all'interno della macchina". Possiamo chiamare questa la "casella in lettura". Il simbolo nella casella in lettura è detto il "simbolo in lettura".

Il simbolo in lettura è l'unico di cui la macchina sia, per così dire, "a diretta conoscenza".

Per chiarire l'intuizione proposta da Turing usiamo un semplice schizzo del nastro, dello stato e del simbolo in lettura. Il nastro è composto di caselle su cui si possono scrivere i simboli zero 0, uno 1 e la virgola , oppure lasciar bianchi. La casella in lettura è marcata in rosso; sopra di esso viene riportata lo stato nel quale la lettura viene eseguita.

Nella figura 1 è rappresentato il nastro di una macchina che

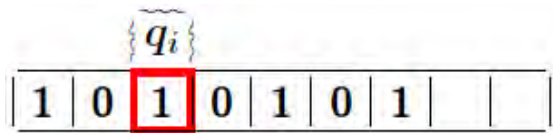


Figura 1. - Esempio di configurazione in una macchina di Turing.

- si trova nello stato q_i
- legge il simbolo **1** nella terza casella del nastro. La coppia costituita da uno stato e dal simbolo in lettura viene detta *configurazione*. Il comportamento istantaneo della macchina è determinato dalla configurazione in cui si trova: in base a questo la macchina può
- scrivere nella casella in lettura un altro segno, lasciare il segno trovato, oppure cancellarlo e lasciare la casella bianca,
- spostare la lettura sulla casella immediatamente a destra oppure sulla casella immediatamente a sinistra,
- cambiare stato.

Quello che la macchina deve fare viene stabilito da una tabella che fa corrispondere alle possibili configurazioni la terna di azioni da intraprendere.

Una volta prescritta la configurazione iniziale e approntato un nastro con eventualmente simboli scritti in alcune caselle, un' *esecuzione* consiste nel procedere attraverso la tabella delle istruzioni cercando la configurazione in cui ci si trova e obbedendo alle istruzioni, perciò scrivere nella casella in lettura, spostare la casella in lettura e passare a un nuovo stato.

Ad esempio, la tabella di istruzioni per scrivere il numero $\frac{1}{3}$ in notazione binaria – cioè $0,\overline{01}$ – su un nastro bianco con l'esecutore inizialmente nello stato q_0 , può essere la seguente

configurazione		terna di azioni		
stato	lettura	scrittura	spostamento	nuovo stato
q_0		0	a destra	q_1
q_1		,	a destra	q_2
q_2		0	a destra	q_3
q_3		1	a destra	q_2

Figura 2 - Tabella di istruzioni per scrivere $1/3$ in notazione binaria.

Si noti che le prime due istruzioni fanno scrivere **0**, e che le altre due istruzioni si ripetono alternate indefinitamente a produrre la scrittura

0,010101010...

Si noti anche che non vengono considerate configurazioni con caselle non bianche in lettura poiché si prevede che queste non saranno

mai necessarie.

L'esempio riportato sopra è esattamente il primo esempio di numero reale calcolabile, riportato da Alan Turing nell'articolo; il secondo esempio è il numero reale (scritto sempre in notazione binaria)

$$0,010110111011110\dots\underbrace{01\dots}_{n}\underbrace{101\dots}_{n+1}10\dots$$

che non è periodico. La prima reazione, pensando alle istruzioni da impartire per far scrivere il numero, è che servano un numero infinito di stati, almeno uno per ogni gruppo di simboli **1**. Ma, prima di rinunciare a scrivere una lista finita di istruzioni, è opportuno notare che i simboli **1** da scrivere dopo un simbolo **0** sono *uno di più* rispetto a quelli nel gruppo che precede quel simbolo **0**; basterà *copiare* quel gruppo e scrivere un simbolo **1** in aggiunta.

È molto più utile *vedere* l'esecuzione della macchina che scrive il numero sopra piuttosto che leggere la lista di istruzioni: al sito <http://www.disi.unige.it/person/RosoliniG/pG/> si trova un simulatore per l'esecuzione di macchine (che, dopo che Turing le ebbe introdotte nell'articolo in questione, vennero battezzate "macchine di Turing") e la lista di istruzioni da eseguire per i due numeri menzionati sopra.

Ad ogni passo di esecuzione, la tabella di istruzioni viene considerata dalla prima istruzione; dunque se ci sono in elenco due o più istruzioni che prevedono di eseguire azioni diverse a partire dalla stessa configurazione, l'esecuzione considererà sempre e soltanto la prima di quelle.

A chi oggi ha esperienza di programmazione appare chiaro che il nocciolo di base delle istruzioni di una macchina di Turing è la gestione di casi (in numero finito), ma anche chi non ha una tale esperienza riesce certamente ad apprezzare che i comandi sono veramente elementari: non è necessaria alcuna "intelligenza". Sono richieste solo attenzione, precisione e pazienza.

Il passaggio successivo nell'articolo di Turing è quello di notare che le azioni stesse di una qualunque macchina sono "calcolabili": per eseguire la lista di istruzioni di una macchina è necessario

- poter *riconoscere* il simbolo nella casella in lettura, cioè confrontarlo con i simboli **0**, **1** e ,
- accoppiarlo con lo stato della configurazione
- trovare l'istruzione che coinvolge la configurazione
- modificare il simbolo

- modificare lo stato

Turing ha un'intuizione geniale: il nastro è utilizzato per riportare numeri, scritti cifra per cifra, ma il nastro potrebbe benissimo venir utilizzato per trascrivere istruzioni, scritte carattere per carattere. Si potrebbe pensare così di avere una macchina che, se sul nastro è trascritta la lista di istruzioni di una macchina M , produce sul nastro il numero che M stessa avrebbe scritto.

Turing spiega molto chiaramente che non è difficile immaginare quali istruzioni scrivere per una tale macchina e che questa sarebbe predisposta per eseguire una qualunque macchina di Turing. Proprio per questa caratteristica, Turing chiama tale macchina "universale".

Bisogna porre molta attenzione al fatto che una tale macchina universale opera in modo leggermente diverso dalla macchina introdotta inizialmente: quelle prevedono di iniziare la propria esecuzione su un nastro bianco, questa prevede di avere un *input* scritto su nastro (la macchina da eseguire, appunto). Mentre può sembrare ovvio che tale *input* venga messo a disposizione sul nastro, non è per niente ovvio come una macchina universale possa rientrare nella definizione data in cima: infatti non ci rientra e Turing spiega come la prima definizione sia stata usata perché era la più intuitiva, ma la nozione che è necessario usare è quella di macchina che esegue a partire da *input* scritti su nastro.

I concetti presentati nell'articolo sui numeri calcolabili sono quelli che oggi noi troviamo totalmente comuni, nella vita di tutti i giorni, quando ci apprestiamo ad usare un computer: lo stesso strumento (il computer) ci permette di scrivere testi, fare calcoli, disegnare, e ben altro (leggere la posta, navigare in internet, ascoltare musica, guardare video, ecc.). È una versione tecnologicamente molto avanzata del nastro di Turing e della sua macchina universale che può eseguire ogni altra macchina. Il nucleo di ogni computer è una macchina universale come quella ideata per prima da Alan Turing.

3. La matematica astratta in guerra

Nel 1939, immediatamente dopo lo scoppio della Seconda Guerra Mondiale, quando era Fellow di King's College a Cambridge, Alan Turing prese servizio presso il GC&CS, i servizi segreti inglesi di stanza a Bletchley Park. Turing collaborava già con i servizi segreti per cercare sistemi per decifrare i messaggi tedeschi codificati con il

sistema ENIGMA.

Il sistema ENIGMA, inventato nel 1918 dall'ingegnere tedesco A. Schrebius e modificato nei decenni successivi, era uno strumento ragionevolmente semplice da usare per scrivere e leggere messaggi in codice. Una macchina ENIGMA era contenuta in una scatola in legno delle dimensioni di una grossa scatola da scarpe e pesava circa 12 kg. L'utilizzatore aveva a disposizione una tastiera alfabetica su cui comporre il messaggio; il messaggio in codice usciva, lateralmente, su una striscia di carta; poteva, a questo punto, essere trasmesso senza timore che intercettatori nemici potessero comprenderne il contenuto.



Figura 3. - Un esemplare di macchina codificatrice/decodificatrice ENIGMA.

L'enorme comodità consisteva nel fatto che la decodifica di un messaggio avveniva mediante lo stesso strumento e con la medesima procedura: si batteva il messaggio cifrato sulla tastiera per ottenere in messaggio "in chiaro" sulla striscia di carta. Questo notevole risultato

derivava dalla struttura interna dell'ENIGMA.

La cifratura prodotta dall'Enigma era una evoluzione del metodo di cifratura detto "di Giulio Cesare" perchè era stato il condottiero romano ad introdurlo per comunicare in segreto con i suoi generali. Si adotta una permutazione delle lettere dell'alfabeto. Giulio Cesare usava la seguente: al posto di una lettera si scrive quella che la segue di tre posti nell'ordine alfabetico. La parola "EFFETTO" verrebbe trasmessa come "HIIHZZR".

A prima vista, la lettura della parola cifrata scoraggia i curiosi che non conoscono il metodo adottato da Cesare, pur desiderando sapere che cosa Cesare stia trasmettendo. Ma, analizzando con calma la parola, si notano caratteristiche peculiari: ci sono due gruppi di coppie di lettere uguali. In italiano questo accade rarissimamente per vocali, ma molto spesso per consonanti. Dunque, è plausibile pensare che "I" e "Z" siano codici per consonanti distinte. Sotto questa ipotesi, è necessario che "H" sia il codice di una vocale e pure "R" è molto probabile che sia una vocale distinta dalla precedente.

Con queste considerazioni a disposizione, il tentativo per indovinare la parola diventa ragionevole: oltre alla parola "EFFETTO" che ha effettivamente generato il codice, vi sono altre possibili soluzioni⁴.

Ma, ci sono altre due considerazioni che riducono drasticamente le possibili soluzioni: il codice di Cesare *sposta* ogni lettera con lo stesso passo: "H" è il codice di una vocale e "I" è il codice della consonante che *segue* quella vocale in ordine alfabetico. Inoltre, le vocali codificate da "H" e "R" distano tra loro *esattamente* quanto le lettere che le codificano, cioè ci sono sette lettere nell'ordine alfabetico tra le due vocali. Le due vocali possono essere soltanto

⁴ Le possibili soluzioni, basate sulle prime due considerazioni della struttura della parola in codice, che ho trovato sono:

ABBASSI	ABBASSO	ABBATTE	ABBATTI	ABBATTO
ACCADDE	AFFACCI	AFFANNO	AFFATTO	ALLACCI
ALLATTI	ALLATTO	AMMACCO	AMMASSI	AMMASSO
AMMAZZI	AMMAZZO	ANNAFFI	APPANNI	APPANNO
ARRABBI	ARRAFFI	ARRAFFO	ASSAGGI	ATTACCO
AZZANNI	AZZANNO	ECCELLA	ECCELLI	ECESSI
ECESSO	ECETTO	EFFETTI	EFFETTO	IMMILLA

Si noti come le vocali più frequenti sono A, E ed I, effettivamente le lettere più frequenti in un testo in italiano.

- "A" (codificata da "H") e "I" (codificata da "R"); in questo caso "I" è il codice di "B" e "Z" è il codice di "P". Ma la parola "ABBAPPI" non esiste in italiano.
- "E" (codificata da "H") e "O" (codificata da "R"); in questo caso "I" è il codice di "F" e "Z" è il codice di "T". E la parola "EFFETTO" esiste in italiano.

Per evitare che un attacco per decifrare il messaggio abbia un tale successo, si può pensare di usare una permutazione meno "strutturata" di quella di Cesare, diciamo questa:

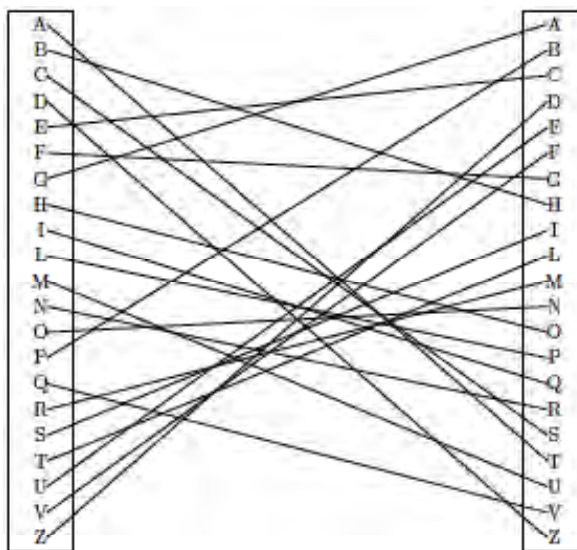


Figura 4. Una possibile permutazione per cifrare messaggi.

La parola "EFFETTO" viene codificata come "CGGCLLN", ma la prima parte dell'analisi precedente rimane valida: "G" e "L" sono codici per consonanti distinte, "C" e "R" sono codici di vocali distinte. L'elenco delle possibilità è sempre quello che si trova in appendice. Certo non si riduce all'unica soluzione, ma in un testo di più di una parola si troveranno altri indizi che permetteranno di risalire alla permutazione.

Le macchine ENIGMA contenevano un meccanismo che preveniva un tale attacco: una pressione di un tasto sulla tastiera, oltre a scrivere il codice, produceva una diversa permutazione delle lettere. Il modo era molto ingegnoso: la permutazione finale era ottenuta mediante sei permutazioni ausiliarie del tipo considerato sopra. Ogni permutazione ausiliaria era codificata mediante un segnale elettrico attraverso un

rotore che stava all'interno di una macchina ENIGMA. Oltre a tre rotori, c'era una tavola di riflessione che rispediva il segnale elettrico attraverso i rotori. Schematizziamo l'azione di ENIGMA in un caso particolare:

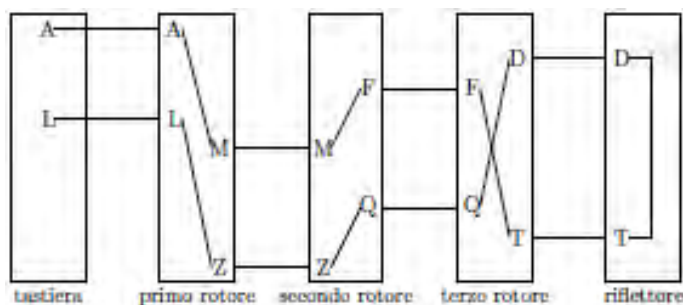


Figura 5 - Come agiva ENIGMA: un esempio.

Premendo il tasto "A" sulla tastiera, l'operatore manda un segnale al primo rotore che scambia "A" con "M"; a questo punto il segnale arriva al secondo rotore che scambia "M" con "F"; poi il terzo scambia "F" con "T". Ora, il riflettore, ricevendo il segnale "T" lo scambia con "D" e rimanda il segnale attraverso i rotori. Alla fine il codice per "A" che appare sulla tastiera (e viene scritto sulla striscia di carta) è "L".

Ottenere una permutazione come *composizione* di sei permutazioni non aggiunge nulla alla sicurezza del metodo di codifica: è una codifica ottenuta per permutazione come le precedenti. Gli attacchi al codice fatti mediante l'analisi della struttura delle parole in codice rimangono un pericolo come prima. Ma la caratteristica aggiuntiva della macchina ENIGMA sta nei rotori che, dopo la pressione di un tasto e la codifica di una lettera, ruotano *modificando le permutazioni applicate*. Così la prossima lettera nella parola viene codificata con una permutazione completamente diversa dalla precedente.

Un'altra caratteristica è il riflettore: come appare chiaro dallo schema sopra, con i rotori nella medesima configurazione, la lettera "L" viene codificata dalla lettera "A". Cambiando il punto di vista, l'operatore che deve leggere il messaggio in codice ricevuto basta che scriva il messaggio, partendo con i rotori nella medesima configurazione con cui sono stati codificati. Come in precedenza, è molto più utile *vedere l'esecuzione della codifica e decodifica* di un messaggio fatto da una macchina Enigma che immaginarne il comportamento: sempre al sito <http://www.disi.unige.it/person/RosoliniG/pG/> si trova un simulatore di una tastiera ENIGMA.

L'organizzazione per la spedizione dei messaggi cifrati tedeschi

era la seguente: ogni arma distribuiva ai propri operatori un diario con la disposizione iniziale dei tre rotori, assegnata con tre lettere di riconoscimento, per i messaggi, da seguire giorno per giorno. Perciò tutti i messaggi di una giornata venivano codificati (e decodificati) con quella specifica disposizione iniziale. La regola di trasmissione prevedeva poi che un messaggio dovesse iniziare con una sequenza di tre lettere, ripetuta due volte, che indicava un'altra disposizione che l'operatore avrebbe usato da quel momento in poi.

Contro questo castello di permutazioni e parametri modificati, Alan Turing lanciò il suo attacco con le armi della matematica astratta. La pur ingegnosa macchina ENIGMA presentava punti deboli, in effetti più deboli di quanto i suoi costruttori avessero saputo valutare: da come agisce lo schema rotori-riflettore si capisce che una lettera non può mai essere codificata da se stessa, così come la permutazione prodotta è fatta tutta da scambi disgiunti. In più la procedura iniziale di ogni messaggio – scrivere *due volte* la stessa sequenza di tre lettere – permetteva un attacco diretto al codice. Vediamolo attraverso un esempio: supponiamo che un operatore decida di usare la configurazione “BUH”. Inizierà a scrivere il suo messaggio, usando i rotori nella configurazione prevista per quel giorno, battendo la sequenza “BUHBUH”. Questa parola di sei lettere contiene in posizioni precise, le stesse lettere. Basta dunque analizzare quelle configurazioni iniziali che, dopo tre passi, codificavano la stessa lettera nel modo previsto usando le sequenze iniziali di sei lettere.

Già i matematici del servizio segreto polacco avevano determinato molte delle falle del sistema di cifratura tedesco, ma Turing riuscì a migliorare l'analisi strutturale al punto da rendere possibile ai servizi segreti inglesi di decodificare quasi ogni giorno il traffico radio tedesco. Oltre a sfruttare le proprietà matematiche disponibili, introdusse un sistema di valutazione probabilistica che permetteva di meccanizzare la ricerca del codice corretto: le configurazioni iniziali ricevevano *voti* che valutavano quanto potessero essere sospettate e la ricerca giornaliera si sviluppava seguendo la traccia del maggior sospetto. E questa traccia fu cruciale quando i tedeschi modificarono la procedura di inizializzazione.

4. Macchine pensanti?

Negli anni successivi alla Seconda Guerra Mondiale, laboratori di ricerca inglesi e americani iniziarono una sorta di competizione nella realizzazione di quelli che sarebbero stati i primi calcolatori. Molti degli scienziati che avevano lavorato a progetti scientifici di carattere bellico durante il periodo di guerra, progettando e realizzando macchine per calcoli automatici, mettevano ora a frutto le loro esperienze. Turing collaborò con laboratori inglesi, prima a Londra, poi a Manchester, e durante questo periodo affrontò anche un problema, principalmente di carattere etico e filosofico, piuttosto che tecnico. Considerò il problema di porsi in modo corretto la domanda “le macchine possono pensare?”

Nell’articolo “Computing Machinery and Intelligence”⁵, pubblicato nel 1950, Turing propone:

di considerare la domanda: “Le macchine possono pensare?” Questo dovrebbe iniziare con le definizioni del significato dei termini “macchina” e “pensare”. Le definizioni potrebbero essere studiate in modo da riflettere il più possibile l’uso comune delle parole, ma un tale metodo è pericoloso. Se si dovesse trovare il significato delle parole “macchina” e “pensare” esaminando come vengono usati normalmente sarebbe difficile evitare la conclusione che il significato e la risposta alla domanda “Le macchine possono pensare?” verranno trovati mediante un sondaggio statistico. Ma questo è assurdo.

Da buon matematico, sa come affrontare il problema di definire un concetto “intuitivamente ovvio”; dopo tutto nel 1936 aveva capito che era necessario definire quell’altro concetto “intuitivamente ovvio” di metodo meccanico per risolvere il problema proposto da David Hilbert–non l’avesse fatto, oggi non ci sarebbero i computer...

In effetti, Turing, avendo introdotto una nozione astratta di “macchina” che si stava rivelando estremamente precisa ed efficace, non ha problemi a spiegare in che senso si può interpretare il termine “macchina”. Per quanto riguarda invece il problema di definire il termine “pensare” evita completamente una definizione astratta del concetto, ma prosegue dicendo che

⁵ “Macchinario di calcolo e intelligenza”, vedi [3].

Invece di provare a dare una tale definizione, sostituirò la domanda con un'altra, che è strettamente connessa a quella e che si esprime in termini relativamente non ambigui. Si può descrivere la nuova forma della domanda in termini di un gioco che chiamiamo il "gioco dell'imitazione".

[...] Si gioca in tre: un uomo (A), una donna (B) e un interrogatore (C) che può essere di sesso qualunque. L'interrogatore è in una stanza, separato dagli altri due. Lo scopo del gioco per l'interrogatore è quello di determinare chi sia l'uomo e chi la donna. Li conosce come X e Y e alla fine del gioco deve dire che "X è A e Y è B" oppure che "X è B e Y è A". L'interrogatore può fare domande ad A e B di qualunque genere. [...] Lo scopo di A nel gioco è di far in modo che C sbagli le identificazioni. [...] Lo scopo di B nel gioco è di aiutare l'interrogatore. La migliore strategia per B è probabilmente di dare risposte vere.

Il gioco dell'imitazione è diventato un normale passatempo alle feste tra amici. Ma ora Turing si pone la domanda:

Che cosa succede quando una macchina prende il posto di A nel gioco?" Le identificazioni errate dell'interrogatore saranno tante quante quelle fatte nel gioco con un uomo e una donna? Queste domande sostituiscono la domanda originale "Le macchine possono pensare?"

È chiarissimo che Turing non risponde alla domanda: intende soltanto porre una questione, che stava sorgendo negli ambienti scientifici, in un modo che gli sembra scinetificamente più corretto di quello che dà per scontato il significato di "pensare".

5. Conclusioni

Il rapidissimo tracciato che abbiamo percorso attraverso alcune realizzazioni di Alan Turing ci ha permesso di analizzare alcuni momenti cruciali del pensiero scientifico del XX secolo. Molto di questo è rimasto sconosciuto – vuoi perchè *Top Secret*, vuoi perchè altamente specialistico–al pubblico, ma le ricadute di quanto egli aveva ottenuto sono state enormi e tangibili per tutta l’umanità. Personalità scientifica di enorme valore, Turing è stato un genio che ha segnato un momento storico dando contributi filosofici e scientifici importantissimi che soltanto ora iniziamo tutti ad apprezzare. Gli spunti che abbiamo presentato prevedono (e pretendono) approfondimenti che rimangono estremamente attuali.

Bibliografia

- [1] A. Hodges, *Alan Turing: Una biografia*, Bollati Boringhieri, Torino 2006.
- [2] A. M. Turing, On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem, *Proceedings of the London Mathematical Society*, 42 (1936-7), pp. 230-265; correzioni *ibid.* 43 (1937), pp. 544-546.
- [3] A. M. Turing, Computing Machinery and Intelligence, *Mind*, 49, 1950, pp. 433-460.

Giuseppe Rosolini
Università di Genova

Quando il computer parlava italiano: la nascita dell'informatica a Pisa negli anni cinquanta¹

Premessa

Da qualche anno il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università degli Studi di Siena, in collaborazione con la Facoltà di Ingegneria, organizza cicli di Seminari su "Scienza e Innovazione Tecnologica" dedicati a temi che lo sviluppo scientifico e tecnologico sottopone alla nostra attenzione. Lo scopo dell'iniziativa, patrocinata dal Comune di Siena e sponsorizzata dalla Banca Monte dei Paschi di Siena, è quello di offrire ad un ampio pubblico informazioni aggiornate sulle moderne linee di ricerca che interessano vari settori dell'ingegneria e nel contempo stimolare la riflessione sulle implicazioni dei risultati conseguiti. Da qui la connotazione interdisciplinare dell'iniziativa, che coinvolge un ampio spettro di competenze, proprie di aree culturali diverse.

Per l'anno accademico 2007/2008 è stato programmato un ciclo di quattro incontri con i seguenti argomenti:

1. *Quando il computer parlava italiano: la nascita dell'Informatica a Pisa negli anni cinquanta;*
2. *Il mito del Cavallino Rampante: i motori di ieri, di oggi, di domani;*
3. *Le trappole dei sistemi elettorali;*
4. *Leonardo e la tecnologia.*

Un fatto saliente per questa edizione dei Seminari ha riguardato l'inserimento del primo incontro nella iniziativa *Pianeta Galileo 2007*,

¹ Per avere una documentazione abbastanza completa di questo evento è opportuno partire da una ricerca storica svolta da Giuseppe De Marco per la sua tesi di laurea in Scienze dell'Informazione. La tesi, intitolata *La Calcolatrice Elettronica Pisana: le origini dell'informatica in Italia*, fu presentata all'Università di Pisa nel giugno 1996 (Relatori: Alfio Andronico e Piero Maestrini e Controrelatore Vincenzo Manca) dove è elencata una ricca bibliografia di articoli e note interne del CSCE.

della Regione Toscana, svoltosi dal 12 ottobre al 24 novembre.

Al primo incontro in programma, tenutosi il 25 ottobre 2007, presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Siena, hanno preso parte, unitamente a chi scrive, Giuseppe Rao, Consigliere presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri, Pier Luigi Meucci, Dirigente dell'Agenzia per le attività di Informazione del Consiglio regionale della Toscana.

Nell'invito-annuncio dell'incontro si legge: «Nel 1957, esattamente cinquant'anni fa, nasceva a Pisa la Macchina Ridotta, prototipo di quella che si sarebbe poi chiamata Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP). Lo stesso anno, sempre a Pisa, il Laboratorio di Ricerche Elettroniche dell'Olivetti produce la Macchina Zero, che anticipa di poco l'ELEA 9003, primo calcolatore a transistor. L'avventura italiana nel campo dell'Informatica nasce, in un clima di leggenda, sotto i migliori auspici. Ma l'evoluzione non sarà altrettanto felice: avversità della sorte o scelte politiche e industriali sbagliate?» [*Questa parte ha costituito l'intervento di Giuseppe Rao*].

Piero Meucci ha introdotto il tema, ha presentato i relatori e ha gestito gli interventi, che si sono svolti in parte in sequenza e in parte in alternanza anche su stimoli sia del moderatore che dei presenti.

Nel testo che segue viene presentata una sintesi del mio intervento all'incontro del 25 ottobre. La descrizione è proposta sotto forma in parte di prologo, in parte di racconto di eventi e in parte cenni di carattere tecnico, che, se pur non esposti in modo strettamente cronologico consenta, tuttavia, al lettore, di costruirsi una visione degli accadimenti che, negli anni cinquanta, hanno segnato la nascita dell'informatica in Italia.

1. Introduzione

L'avvento del computer in Italia si può far risalire al 1954, anno in cui in quattro città italiane si cercò di recuperare i ritardi accumulati negli anni precedenti nel settore dell'Informatica², rivelatosi poi di

² Il termine "informatica" fu però coniato soltanto nel 1962 dal francese Philippe Dreyfus, che con il termine "informatique" voleva significare la gestione automatica dell'informazione mediante calcolatore; l'etimologia italiana della parola proviene quindi dalla compressione di information electronique ou automatique, o più precisamente inform(azione autom)atica cioè "informatica".

fondamentale importanza per lo sviluppo economico e sociale della società contemporanea.

Nell'anno 1955 e precisamente il 18 Aprile è accaduto un Evento Storico. Viene istituito a Pisa un Centro di Ricerca denominato CSCE (Centro Studi Calcolatrici Elettroniche) inizialmente chiamato: Centro Studi [sulla Tecnica delle] Calcolatrici Elettroniche. Ci si domanda: "Perché Calcolatrici?" Perché, a quel tempo, i Calcolatori erano gli uomini che, dotati di macchine da calcolo meccaniche o elettriche, si dedicavano alla "nobile" ma "noiosa" arte del CALCOLO³.

L'Italia, in quegli anni, si presentava ancora come un paese prettamente agricolo, ma erano ormai alle porte gli anni del "boom economico", che trasformarono l'Italia in una nazione industriale. Quello che accadde in quell'anno avvenne pertanto in un ambiente completamente a digiuno di calcolo elettronico, dove, sia nel campo della ricerca scientifica sia in quello applicativo-industriale, non esisteva nessun precedente e, di conseguenza, alcuna competenza.

In questo contesto nacquero, quasi contemporaneamente e senza alcuna regia coordinatrice, quattro progetti che imboccarono tre vie d'approccio a questa nuova materia. Più precisamente: quella della "cultura applicativa" a Milano, dove fu attivato il Centro di Calcoli Numerici presso il Politecnico, dotato di una CRC 102A (la prima CALCOLATRICE ELETTRONICA che entrò in funzione in Italia), ed a Roma, dove fu acquistata dall'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo del CNR una MARK I* della ditta inglese Ferranti; la via "industriale" ad Ivrea, dove l'Olivetti S.p.A. decise di creare un Laboratorio di Ricerche Elettroniche, col mandato di progettare una CALCOLATRICE ELETTRONICA commerciale, che prese successivamente il nome di ELEA 9003, e la "progettuale e di ricerca" a Pisa, dove in seno all'Università, fu attivato il progetto per la costruzione *in loco* della prima CALCOLATRICE ELETTRONICA scientifica italiana: la CALCOLATRICE ELETTRONICA PISANA (CEP), cfr. *Quando il computer parlava italiano: la nascita dell'informatica a Pisa negli anni '50* A cura di Alfio Andronico e Francesca Calonaci – Breve nota apparsa su IRPET Idee sulla Toscana, n° 87.

³ Questa considerazione appare nella sua espressività se si fa riferimento ad una frase di Leibniz che, nel suo programma *calculus ratiocinator*, scriveva: "non ha senso che gli uomini sprechino tempo e si lambicchino il cervello nel fare dei calcoli quando questi possono essere affidati a una macchina", pensando il ragionamento e il calcolo come funzioni intellettuali all'incirca equivalenti e aprendo la prospettiva di rendere il pensiero un processo automatico e algoritmico.

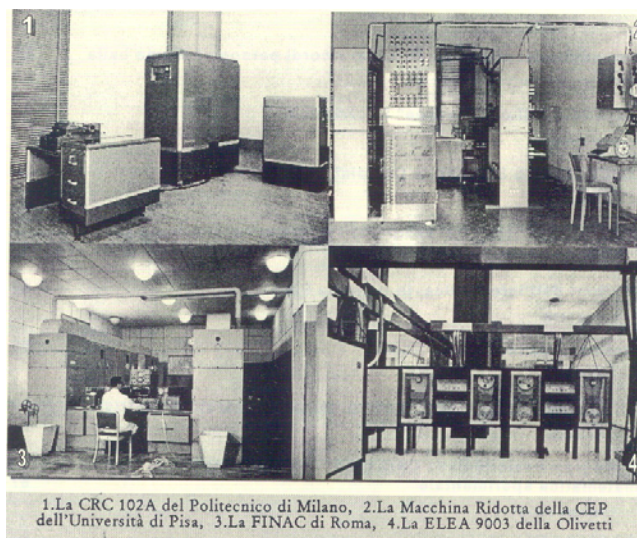


Figura 1 - Le quattro macchine degli Anni '50

2. Gli eventi

Ma scorriamo gli eventi per cercare di comprendere ciò che accadde a Pisa negli anni cinquanta, e precisamente, tra il 1954 e il 1961.

Agli inizi degli anni cinquanta, le Amministrazioni Comunali e Provinciali di Pisa, Lucca e Livorno, riunite nel Consorzio Interprovinciale Universitario (CIU), offrono all'Università di Pisa la somma di 150 milioni di lire per finanziare la costruzione di un elettrosincrotrone (Tabella 1).

IMPORTI STANZIATI (in Milioni di Lire)		
	PROVINCIA	COMUNE
Pisa	50	40
Livorno	18	15
Lucca	15	12
Totali	83	67
83 + 67 = 150 (Milioni)		

Tabella 1 – Finanziamento per la costruzione dell'elettrosincrotrone

Gli studi per la progettazione del sincrotrone furono iniziati nel febbraio del 1953 nell'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa e rapidamente portati a termine. Tuttavia l'Università di Roma, mise a

disposizione un finanziamento di 400 milioni di lire, ottenendo che lo strumento fosse costruito e installato a Frascati.

Venuta meno la destinazione per la quale il CIU aveva offerto il finanziamento, Marcello Conversi, allora direttore dell'Istituto di Fisica di Pisa, si adoperò, insieme a Giorgio Salvini, per individuare una destinazione diversa ma altrettanto importante. Nell'estate del 1954 discusse la questione con i colleghi riuniti a Varenna per la Scuola Internazionale di Fisica "A. Volta", tra i quali spiccava il Premio Nobel Enrico Fermi (Figura 4), che in quell'occasione tenne la sua ultima lezione in Italia. Senza esitazione, Fermi consigliò di utilizzare il danaro disponibile per costruire una "calcolatrice" elettronica e immediatamente, l'11 agosto 1954, scrisse una lettera in tal senso al Rettore dell'Università di Pisa, Enrico Avanzi. Nella lettera si affermava che la "calcolatrice" avrebbe costituito *"un mezzo di ricerca di cui si sarebbero avvantaggiati, in modo oggi quasi inestimabile, tutte le scienze ed indirizzi di ricerca."* e che avrebbe portato vantaggi *"a studenti e studiosi che avrebbero modo di conoscere e di addestrarsi nell'uso di questi nuovi mezzi di calcolo.."* (Figura 2).

Pera di Fassa (Trento) 11 Agosto 1954

Prof. Avanzi
Magnifico Rettore
Università di Pisa

Caro Professore,

in occasione del mio soggiorno alla Scuola di Varenna i professori Conversi e Salvini mi hanno accennato la possibilità che l'Università di Pisa possa disporre di una somma veramente ingente destinata a favorire il progresso e lo sviluppo della ricerca in Italia.

Interrogato circa le varie possibilità di impiego di tale somma, quella di costruire in Pisa una macchina calcolatrice elettronica mi è sembrata, fra le altre, di gran lunga la migliore.

Essa costituirebbe un mezzo di ricerca di cui si avvantaggerebbero in modo, oggi quasi inestimabile, tutte le scienze e tutti gli indirizzi di ricerca.

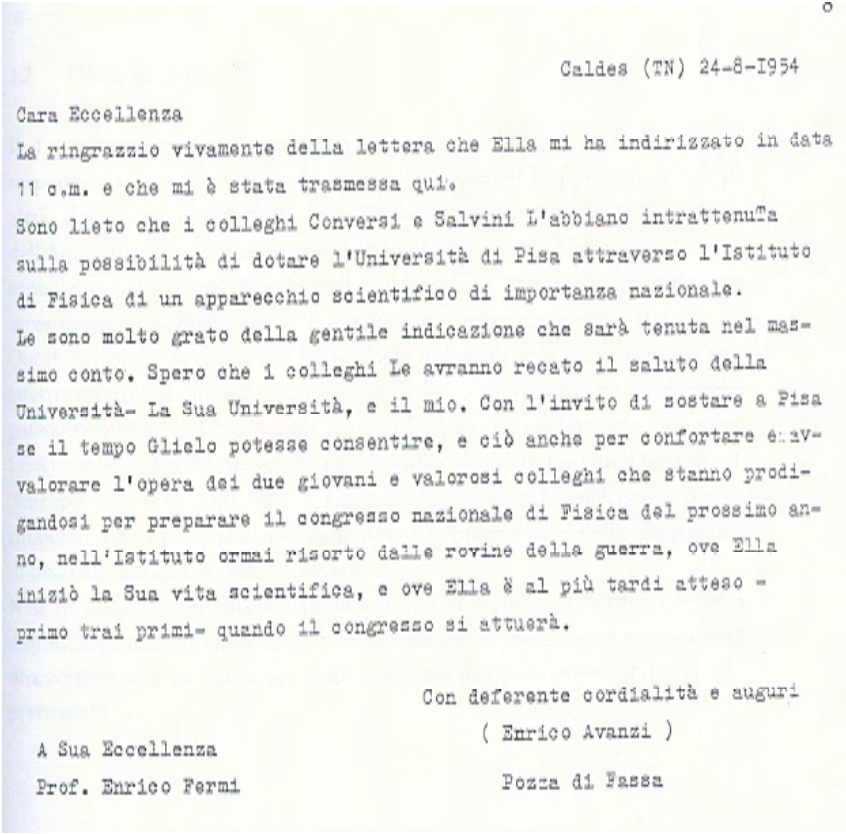
Mi consta che l'Istituto per le Applicazioni del Calcolo, diretta dal prof. Picone, ha in corso di acquisto una macchina del genere. Non mi sembra però che questa circostanza diminuisca il bisogno che di tale macchina verrà ad avere un centro di studi come l'Università di Pisa. L'esperienza dimostra che la possibilità di eseguire con estrema speditezza e precisione calcoli elaborati crea ben presto una sì grande domanda di tali servizi che una macchina sola viene presto saturata. A questo si aggiungono i vantaggi che ne verrebbero agli studenti e agli studiosi che avrebbero modo di conoscere e di addestrarsi nell'uso di questi nuovi mezzi di calcolo.

Con molti cordiali e distinti saluti.

(Enrico Fermi)

Figura 2 - Lettera di Fermi

La risposta del Rettore Avanzi si concretizzò il 24 Agosto 1954 in una lettera con la quale il Rettore, *“lieto del fatto che i colleghi Conversi e Salvini”* avevano intrattenuto Fermi *“sulla possibilità di dotare l’Università di Pisa di un apparecchio scientifico di importanza nazionale”* non solo esprimeva gratitudine per la *“gentile indicazione”* ma affermava *“che sarà tenuta nel massimo conto”*, esprimendo con ciò, quasi un’anticipazione sulle conseguenti decisioni. La restante parte della lettera, che pur sembrando un insieme di convenevoli, di fatto è un elogio diretto a Fermi per la Sua opera svolta a Pisa e che Avanzi definisce *“la Sua Università”*, esprimendo la speranza prima che *“i colleghi [Conversi e Salvini]”* gli avessero *“recato il saluto dell’Università”* e suo personale (del Rettore), e l’esplicito invito a *“sostare a Pisa, nell’Istituto di Fisica, ormai risorto dalle rovine della guerra”* in occasione del Congresso Nazionale di Fisica del 1955, che *“i giovani colleghi, stanno prodigandosi ad organizzare”* (Figura 3).



Caldes (TN) 24-8-1954

Cara Eccellenza

La ringrazio vivamente della lettera che Ella mi ha indirizzato in data 11 c.m. e che mi è stata trasmessa qui.

Sono lieto che i colleghi Conversi e Salvini L'abbiano intrattenuta sulla possibilità di dotare l'Università di Pisa attraverso l'Istituto di Fisica di un apparecchio scientifico di importanza nazionale.

Le sono molto grato della gentile indicazione che sarà tenuta nel massimo conto. Spero che i colleghi Le avranno recato il saluto della Università- La Sua Università, e il mio. Con l'invito di sostare a Pisa se il tempo Glielo potesse consentire, e ciò anche per confortare e avvalorare l'opera dei due giovani e valorosi colleghi che stanno prodigandosi per preparare il congresso nazionale di Fisica del prossimo anno, nell'Istituto ormai risorto dalle rovine della guerra, ove Ella iniziò la Sua vita scientifica, e ove Ella è al più tardi atteso - primo tra i primi- quando il congresso si attuerà.

Con deferente cordialità e auguri
(Enrico Avanzi)

A Sua Eccellenza
Prof. Enrico Fermi

Pozza di Fassa

Figura 3 - Lettera di Avanzi



Fermi Avanzi
 Figura 4 - I due ENRICO [http://cctld.it/storia/doc/lettera_fermi.html]

L'auspicata presenza a Pisa di Fermi non si verificò poiché egli, il 28 novembre 1954, morì improvvisamente a Chicago. In un seminario tenuto all'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa nel 1958, Racah definì quella lettera come "l'ultimo dono lasciato da Fermi in eredità all'Italia" cfr. [14, 17, 21].

3. Il finanziamento e il progetto

Poiché il CIU disponeva del finanziamento citato occorre trovare una destinazione degna e significativa alla luce degli eventi legati alla decisione di costruire a Frascati l'Elettrosincrotrone.

Una data importante è il 4 Ottobre 1954 quando, in una riunione fra i rappresentanti del CIU, presieduta dal Rettore Avanzi e, presenti, fra gli altri, il Sindaco di Pisa Renato Pagni, il Dott. Antonio Maccarrone, Presidente della Provincia di Pisa e, per l'Università, i Professori Conversi, Salvini ed altri con i rappresentanti dei Comuni e Province appartenenti al CIU, non solo veniva confermata la disponibilità del finanziamento di 150 Milioni, ma si invitava l'Università a deciderne l'utilizzazione.

Al Rettore giunse una miriade di richieste circa l'utilizzazione del finanziamento ma molte riguardavano impieghi di poca rilevanza. Solo due apparvero di alta rilevanza scientifica e culturale: la proposta del Prof. Ennio Tongiorgi, dell'Istituto di Geologia relativa alla realizzazione-acquisizione di uno Spettrografo di Massa per ricerche in Paleontologia, e la proposta emergente dai trascorsi fra il Rettore Avanzi, i fisici di Pisa e Enrico Fermi in relazione al suggerimento

di Fermi di costruire una “Calcolatrice elettronica” dotando così, l’Università di Pisa, di uno strumento avanzato per la ricerca e il calcolo automatico(cfr. Gli Eventi).

Fu deciso quindi di destinare 25-30 milioni al progetto Spettrografo e la somma rimanente, 120-125 milioni, alla progettazione e costruzione di una Calcolatrice Elettronica a Cifre(digitale) che porterà poi alla istituzione del Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche (CSCE) fucina della nascita dell’Informatica a Pisa negli anni cinquanta.

Venne, per l’occasione, insediato un primo Comitato Scientifico per la Calcolatrice, detto anche Comitato Direttivo, costituito da Marcello Conversi (fisico) Presidente, Alessandro Faedo (matematico) e Ugo Tiberio (elettronico) – cfr. Figura 5.



Conversi

Faedo

Tiberio

Figura 5 - Il Comitato Direttivo
[http://cctld.it/storial/doc/lettera_fermi.html]

In data 16 Ottobre 1954 un DECRETO del Rettore Avanzi, anche come Presidente del Consorzio Interprovinciale Universitario destina la cifra di Lire 1.000.000 per avviare l’attività decisa per l’utilizzazione dei 150 milioni, o come espressamente detto nel decreto “... per far fronte alle spese di urgente necessità per i piani di studio relativi alla costruzione degli apparecchi indicati” (Figura 6).

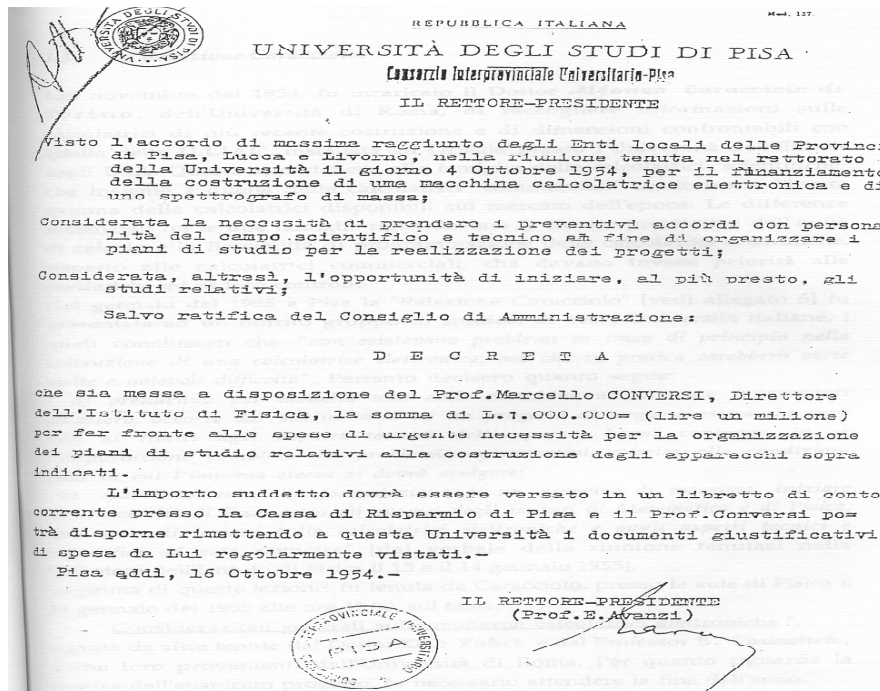


Figura 6 - Decreto del 16 ottobre 1954

Negli archivi storici dell'Università di Pisa si trova anche la documentazione di come fu utilizzato quel milione con attivazione e estinzione di un conto corrente presso la Cassa di Risparmio di Pisa e le scritture contabili relative di cui si riporta uno stralcio (Figura 7).

Prospezioni

DATA	Motivo delle Entrate e delle Spese	Mandato N.º	Competenze	Residui
UNIVERSITA' DEGLI STUDI - PISA C. E. P. <small>Riparto L.</small>				
1955			<i>Entrate</i>	<i>Uscite</i>
			1.000.000	
Febbraio	banca Min. G.E.P.	1)		
Febbraio	Prof. Aristide Galvani	2		50000
	Prof. Augusto Zanich Bonino	3		50000
	Prof. Antonio Rosellini - Genova	4		12000
	Atvini (mult. s/ser. Valfra)	5		8000
14	TCNOV Meno Roma	6		169280
21	"	7		14410
21	"	7		10230
Marzo	R. Guicciardini - Roma	8		28480
29	TCNOV Me e baraccolo N Roma	9		21140
	Vitani Sc Fahn B. Roma	10		23690
Aprile	21 Serio Prof. Bouffier jr.	11		215000
	Giulio Gal. Fusi	12		75930
Maggio	9 Prof. Mario Beloni	13		12000
	Rosenbluf e Sella Roma	14		50200
	Vallini jr.	15		5200
	Leusson	16		3375
Giugno	3 Museo. Beccanti	17		60390
	V. Hoepf Roma	18		5200
	Alto Pampun	19		26000
	"	20		24000
	Lup. Vallini jr.	21		900
27	I.C.E.C. Pa	22		8473
	PHILIPS RADIO	23		63000
	Da riportare L.		1000000	938058

Figura 7 - Stralcio di uso del Milione di lire

L'avvio di tale iniziativa non risultò scevra di commenti, dubbi e anche opposizioni. Come accade per decisioni importanti, generalmente, si formano tre correnti: i favorevoli, i contrari e il terzo polo che io chiamerò dei "cui prodest?". L'evento pisano ha vissuto questi tre momenti ma, per saperne di più, si rimanda a cfr. [14]. I particolarmente interessati si rimandano all'archivio storico dell'Università di Pisa dove si possono visionare opinioni, delibere di Facoltà e di strutture varie che, variamente, presero posizione sul

Per la realizzazione della Calcolatrice viene istituito, il 18 Aprile 1955, presso l'Università di Pisa, il Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche (CSCE), il primo centro italiano del suo genere. Il programma di lavoro si articolò, in una prima fase, della durata di due anni, che fu dedicata alla progettazione e alla costruzione di un prototipo dalle prestazioni ridotte (che prese il nome di Macchina Ridotta o Pilota), ma che permise tuttavia la verifica dei criteri generali di progettazione adottati e la messa a punto di vari dettagli tecnici, e in una seconda fase, in cui i ricercatori del CSCE si dedicarono completamente a quella che fu la prima CALCOLATRICE ELETTRONICA digitale, di carattere scientifico, interamente progettata e costruita in Italia e che passò alla storia col nome di CALCOLATRICE ELETTRONICA PISANA (CEP).

Tale istituzione fu la naturale conseguenza del lavoro di una Commissione Consultiva Mista (CCM), nominata dal Rettore su proposta dei Consigli di Facoltà di Ingegneria e di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, con il mandato di *"... compiere uno studio preliminare dei problemi inerenti alla costruzione di una "Calcolatrice" elettronica, studio che possa portare successivamente ad un progetto di larga massima con programma finanziario ..."*

La commissione, con il contributo di Mario Tchou, elaborò e propose un piano di lavoro i cui punti salienti erano:

- costruzione della macchina in quattro anni e mezzo;
- personale necessario: 5 persone nella fase iniziale e 16 persone in quella finale;
- preventivo di spesa per la sola costruzione pari a £ 120 milioni, di cui 2/3 destinati al personale;
- preventivo per lo studio preliminare: £ 8 milioni;
- costituzione di un Centro Studi, guidato da un Comitato Direttivo composto da Marcello Conversi (presidente), Alessandro Faedo e Ugo Tiberio, per redigere il progetto.

Il piano fu approvato dall'Università che, con delibere del Senato Accademico e del Consiglio di Amministrazione, il 18 aprile 1955 istituì il Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche (CSCE).

I lavori iniziarono immediatamente. Fu costituito al CSCE un gruppo di Lavoro, detto Gruppo Esecutore (GE), composto, oltre che da Mario Tchou, da Alfonso Caracciolo di Forino ed Elio Fabri, di provenienza romana e assunti dall'Università, e da Giuseppe Cecchini e Sergio Sibani, assunti dalla Olivetti, ai quali si aggiunse, successivamente

Giovanni Battista Gerace (cfr. La Macchina Ridotta o Pilota). Nomi, questi, da inserire di diritto nella lista dei pionieri dell'informatica italiana (Figura 9).

.Il progetto fu portato a termine sul finire del 1955 e presentato alla CCM, che nella seduta del 22 dicembre lo approvò all'unanimità. cfr. [14, 21].



Figura 9 Il Comitato Direttivo [http://cctld.it/storia/doc/lettera_fermi.html]

La scelta di costruire una Calcolatrice, invece di acquistarla, e di avvalersi per far ciò delle capacità di studiosi italiani, sottintendeva lo spiccato carattere formativo che avrebbe avuto il progetto-CEP, poichè la progettazione e la costruzione di un tale strumento fu una fonte di importanti studi che portarono benefici maggiori di quelli ottenuti dall'impiego stesso della macchina.

Sugli orizzonti aperti dalla diffusione del calcolo elettronico, vale la pena di citare il pensiero di Alfonso Caracciolo di Forino⁴:

⁴ Alfonso Caracciolo di Forino faceva parte del Gruppo di Progetto o anche chiamato Gruppo Esecutore cfr. [14].

... si può invece riflettere sul confronto fra la rivoluzione industriale, che liberò almeno in parte l'uomo dai lavori manuali pesanti, e questa moderna rivoluzione dei servomeccanismi e dell'auto controllo, che si avvia a liberare l'uomo da quella parte di lavoro mentale e di controllo consistente nell'esecuzione manuale di un gruppo di istruzioni prefissate. In questo senso si può anche dire che questi nuovi sviluppi della meccanizzazione rappresentano il desiderato correttivo alla meccanizzazione o standardizzazione del lavoro umano, sottraendogli proprio quella parte che, consistendo di semplice ripetizione di cicli fissi di operazioni, anche nel linguaggio comune viene definita "meccanica". A questa possiamo aggiungere un'altra osservazione di non minore interesse: come già le macchine ordinarie hanno non solo alleviato il lavoro fisico e muscolare dell'uomo, ma l'hanno sostituito con mezzi incomparabilmente più potenti, così i moderni sistemi di autocontrollo non solo tendono ad alleviare quanto vi è, per così dire, di automatico nel lavoro materiale e mentale dell'uomo, ma anche a sostituirlo con mezzi molto più veloci e precisi ...

Infine, a chi dubitava sulla possibilità di trovare tecnici e ricercatori disposti a partecipare a un'impresa così rischiosa, osservava che, al contrario, il progetto avrebbe attratto

...ingegneri interessati al campo dell'elettronica ai quali, una volta specializzatisi, si sarebbe presentato un avvenire assicurato [e] fisici (specialmente quelli teorici) e matematici, gli uni e gli altri giovani di valore che oltre a studiare le problematiche che la macchina avrebbe fatto sorgere avrebbero potuto trovare nella "Calcolatrice" elettronica una sistemazione...

Questa visione ottimistica fu confermata dai fatti: il gruppo di lavoro fu costituito senza difficoltà e la sua caratteristica saliente fu la giovane età: tra i ricercatori che lavorarono alla prima fase della progettazione della macchina non ve n'era uno che superasse i trent'anni. cfr. [14, 17, 21].

4. Nuovi partner: INFN e Olivetti

Man mano che i lavori si avviavano il Comitato Direttivo e il Gruppo Esecutore si rendevano conto dell'importanza dell'iniziativa pisana al punto di avere preoccupazioni di due tipi: finanziari e di estensione e divulgazione dell'iniziativa.

Al fine di incrementare il *budget* e la rosa dei finanziatori, fu chiesto l'interessamento a diversi dirigenti di istituti di ricerca e di società private. Tra le persone interpellate, risposero positivamente all'invito, Gilberto Bernardini, direttore dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), che si impegnò a sovvenzionare le attività per la "Calcolatrice" con un contributo annuo di 15-20 milioni di Lire, e, allo stesso tempo decidendo di istituire a Pisa una Sezione dell'INFN, e l'Ingegnere Adriano Olivetti, Presidente dell'omonima società, il cui interessamento si concluse con una Convenzione e l'istituzione a Pisa di un Laboratorio di Ricerca.

Merita aprire una piccola parentesi: perché la Olivetti scelse di entrare nel nascente mercato delle calcolatrici elettroniche? Adriano Olivetti, lungimirante figlio di Samuel David Camillo Olivetti (fondatore nel 1907 della società "Ing. C. Olivetti e C., prima fabbrica nazionale di macchine per scrivere"), fu un impareggiabile industriale dalle spiccate doti umane e dal grande intuito. Negli anni cinquanta le calcolatrici meccaniche e le macchine per scrivere Olivetti conobbero un successo su scala mondiale, ottenendo riconoscimenti sia per la loro qualità che per il loro *design* (diverse sono le macchine Olivetti esposte al quarto piano del Museo di Arte Moderna di New York). Fu quindi considerato un vero azzardo il notevole investimento deciso nell'ancora inesplorato settore elettronico, che avrebbe potuto mettere in crisi la forte espansione della multinazionale Olivetti. L'occasione proficua si presentò nel 1954, quando Adriano Olivetti vide nel progetto CEP, un'occasione per specializzare ingegneri e tecnici alle sue dipendenze. In cambio avrebbe offerto all'Ateneo pisano non solo contributi economici, ma anche il supporto di persone da assumere a cura della propria azienda.

La collaborazione tra Università di Pisa e Olivetti fu formalizzata il 7 maggio 1955 dal Rettore Avanzi e dell'Ingegnere Adriano Olivetti, con la firma di una convenzione (Figura 10).

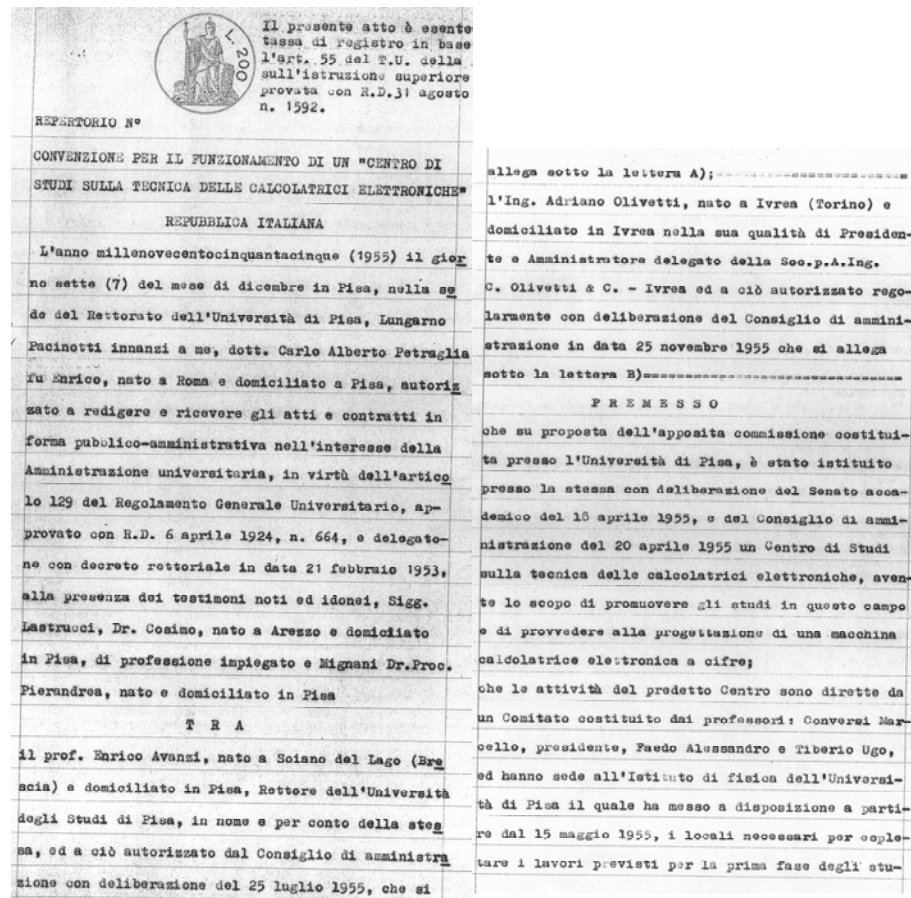


Figura 10 - Bozza della convenzione Università di Pisa Olivetti

Nel quadro di questo accordo, la Olivetti istituì anche un proprio gruppo di studio, guidato dall'ingegner *Mario Tchou*, cfr.[10], assunto dall'azienda di Ivrea per il suo alto grado di preparazione nel campo dell'elettronica e per le sue capacità manageriali. Egli non solo diede un qualificato contributo al progetto universitario, ma diresse anche il Laboratorio di Ricerche Elettroniche Olivetti, istituito proprio a Pisa col compito di progettare una Calcolatrice di tipo commerciale. La famiglia delle calcolatrici commerciali insieme con quella delle calcolatrici scientifiche, del tipo in progettazione presso lo staff universitario, costituivano l'intera gamma delle calcolatrici disponibili sul mercato dell'epoca. Le differenze sostanziali tra le due famiglie riguardavano le elevate prestazioni dell'unità di calcolo e le flessibilità di programmazione delle calcolatrici scientifiche, rispetto alle

calcolatrici commerciali, che davano invece priorità alle periferiche ed al loro controllo. Il gruppo del Laboratorio pisano fu costituito dal già citato Mario Tchou, e dai presenti in (Figura 11) i cui nomi sono riportati di seguito alla figura, in ordine, da sinistra a destra:



Figura 11 – Gruppo Olivetti di Barbaricina

In piedi: Giuseppe Calogero, Franco Filippazzi cfr.[18, 19], Mario Tchou, Remo Galletti, Mario Grossi, Sergio Sibani, Giorgio Sacerdoti, cfr.[23]

Sotto: Lucio Borriello, Simone Fubini, Ottavio Guarracino, Gian Franco Raffo,

Al gruppo in figura si aggiunsero poi: Piergiorgio Perotto e Martin Friedmann. Gli Olivettiani furono ospitati dapprima presso l'Istituto di Fisica di Pisa per poi trasferirsi, agli inizi del 1956, a Barbaricina (Pisa), dove verso la metà del 1958 portarono a termine il loro lavoro: il progetto della ELEA 9003 (ELaboratore Elettronico Automatico), cfr. [10, 14, 17, 18, 19, 21, 23].

Questo fu il primo calcolatore (la prima Calcolatrice!) commerciale italiano e rappresentò il capostipite della serie ELEA prodotta dalla Olivetti negli anni successivi.

Negli stabilimenti di Borgolombardo, dove il gruppo di ricerca della Olivetti si spostò dopo aver lasciato Pisa, della ELEA 9003, ne furono costruiti 40 esemplari. cfr. [21].

Le innovazioni introdotte dalla prima macchina elettronica targata Olivetti riguardarono, prima di tutto l'uso esclusivo di transistor, che proprio in quel periodo si affacciarono alla ribalta della tecnologia, la possibilità di operare in multiprogrammazione e la capacità di interrupt in un'epoca in cui il termine non era stato ancora coniato, cfr. [3].

5. La Macchina Ridotta o Pilota

Prima di affrontare la costruzione della "Calcolatrice", fin da subito denominata Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP), il Gruppo Esecutore ritenne opportuna la costruzione di un suo prototipo su scala ridotta (da qui il nome di "Macchina Ridotta" o "Macchina Pilota"). La Macchina Ridotta doveva avere uno schema logico-funzionale molto semplice che permettesse, però, di verificare la bontà dei criteri generali di progettazione e di mettere a punto vari dettagli tecnici, cfr.[17].

Nel primo periodo d'esistenza del CSCE, il lavoro di progettazione fu affrontato, quindi, su due diversi fronti: da una parte si procedette con lo studio delle caratteristiche logiche della Macchina Definitiva (controllo, aritmetica, programmazione) e con il progetto e la sperimentazione della memoria, dell'unità aritmetica e del controllo, mentre dall'altra ci fu la progettazione e la realizzazione della Macchina Ridotta .

In questa fase il Gruppo Esecutore si avvale della collaborazione di due ingegneri del Laboratorio Olivetti di Barbaricina, F. Filippazzi cfr.[18] e R. Galletti, vedi il precedente §4), e il CSCE fu rafforzato con l'assunzione di Walter Sabbadini e Giovan Battista Gerace. Quest'ultimo, sebbene giunto in un secondo momento e come semplice borsista, , venne inserito nel Gruppo Esecutore e può a buon diritto essere considerato come uno dei padri della CEP, al pari dei membri fondatori del gruppo.

Il 31 luglio 1956, il Gruppo Esecutore presentò al Comitato Direttivo il progetto dettagliato della Macchina Ridotta, le cui caratteristiche principali erano (Figura 12):

- lunghezza di parola di 18 bit;
- memoria a nuclei magnetici di 1024 (1K) parole;
- aritmetica in virgola fissa;
- 32 istruzioni di macchina;
- 70.000 addizioni o 500 moltiplicazioni al secondo;
- lettore fotoelettrico di nastro perforato come dispositivo di ingresso e telescrivente come dispositivo di uscita.

4) Caratteristiche e impiego della "macchina ridotta".

La "macchina ridotta" è una parte della macchina definitiva, costruita essenzialmente al fine di controllare la bontà dei criteri generali di progettazione e di poter effettuare una accurata messa a punto di vari dettagli tecnici. Le sue caratteristiche sono:

- a) Parole di 18 cifre binarie (pari a 5,4 decimali).
- b) Capacità della memoria: 1024 parole.
- c) Velocità di operazione: sui 20 ms per istruzione.
- d) Entrata a nastro perforato con lettore fotoelettrico (400 caratteri al secondo); uscita su telescrivente (7 caratteri al secondo).
- e) Componenti principali: circa 1400 tubi elettronici (in gran maggioranza doppi triodi E88CC Philips a lunga vita); circa 300 diodi al germanio OA85 Philips; circa 20.000 nuclei magnetici per la memoria.
- f) Consumo totale: 7 KW.

Dato che, per le ragioni già dette, la macchina ridotta non è stata concepita come strumento di calcolo, non si è ritenuto opportuno dotarla di un sistema di entrata-uscita particolarmente efficiente, nè di porla in grado di compiere direttamente operazioni aritmetiche complesse come moltiplicazione e divisione (che possono però essere eseguite mediante sottoprogrammi studiati allo scopo, in un tempo di circa 4ms)

Figura 12 - Caratteristiche della Macchina Ridotta (Dalla relazione del Gruppo Esecutore)

La Macchina Ridotta (Figura 13) fu completata alla fine del 1957 e nel febbraio del 1958 iniziò ad essere utilizzata per il calcolo scientifico. Anche per chi la costruì fu sorprendente constatare come quel prototipo dalle caratteristiche semplici e limitate permettesse di risolvere problemi di notevole complessità.

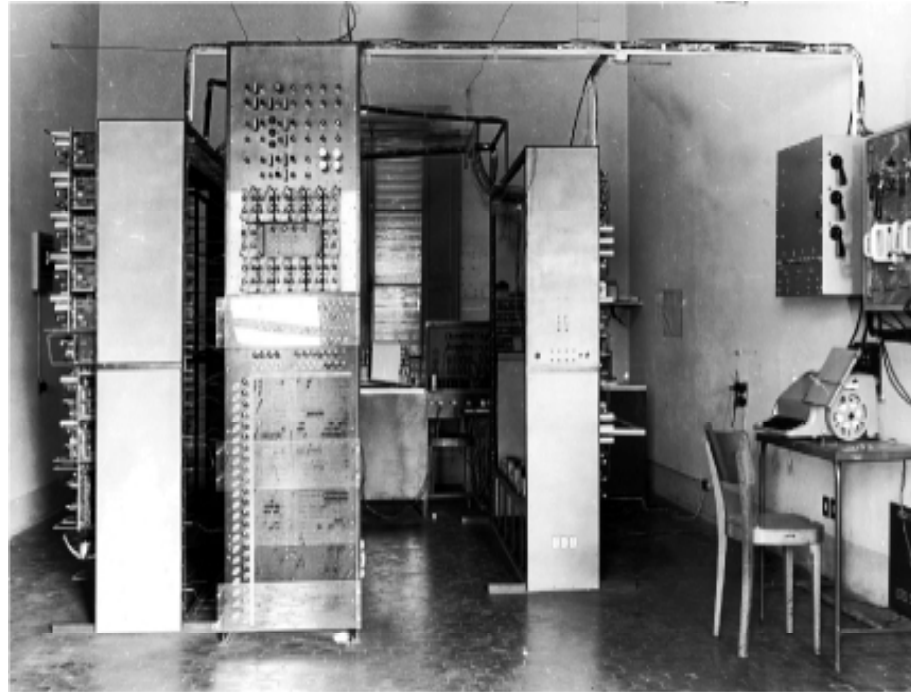


Figura 13 - La Macchina Ridotta o Pilota (1955-1958)

Da un punto di vista storico la Macchina Ridotta è da considerarsi il primo calcolatore elettronico digitale costruito in Italia, avendo preceduto la CEP di circa tre anni.

La realizzazione della CEP fu preceduta anche da quella della ELEA 9003, la cui progettazione fu completata a metà del 1958, mentre la produzione iniziò subito dopo nello stabilimento di Borgolombardo.

Invece l'entrata in funzione della Macchina Ridotta fu preceduta da quella del CRC 102A, acquistato dalla *Computer Research Corporation* per iniziativa di Luigi Dadda, che ne curò personalmente anche il trasporto dagli USA in Italia, e installato a Milano nell'ottobre del 1954 presso l'Istituto di Elettrotecnica Generale del Politecnico di Milano cfr.[13]. Dopo circa un anno entrò in funzione anche il *Ferranti MARK I STAR* acquistato dall'INAC e installato a Roma, con il nome di *FINAC* (Ferranti-INAC), cfr.[11, 14, 21].

6. La CEP: Calcolatrice Elettronica Pisana (o, come veniva chiamata, la Macchina Definitiva)

Come è stato già detto, fin dal nascere, al CSCE il lavoro di ricerca e sviluppo fu organizzato in due fasi per cui, la progettazione della CEP avveniva in parallelo con la progettazione e realizzazione della Macchina Ridotta, completata e messa in funzione alla fine del 1957.

Dal 1958, mentre si sperimentava l'uso della Macchina Ridotta, si lavorava, alacremente, alla realizzazione della CEP completata alla fine del 1960. Durante questi anni, per verificare la bontà e la correttezza del progetto, venne progettato e realizzato, sulla FINAC, un emulatore della CEP che permise di verificare, anche, la correttezza formale delle istruzioni, cfr.[9]. Venivano scritti programmi in linguaggio base CEP, che, una volta testati sulla FINAC, venivano perforati in binario assoluto su nastro, il quale, in un formato che si chiamava "autocaricabile" poteva essere caricato nella Memoria CEP, mediante una Istruzione del Quadro di Comando, ed essere eseguito cfr.[14]. Con questa tecnica furono verificate, una ad una, le Istruzioni CEP e si scoprirono, con opportuni casi di Test, alcuni errori di Microprogrammazione cfr.[12], che non consentivano la corretta esecuzione delle Istruzioni interessate (fu il caso della Istruzione di Moltiplicazione in Virgola Mobile, della Istruzione di Ricerca Tabellare, ... e qualche altra). Dall'inizio del 1961, la CEP (Figure 14 e 15), entrò in funzione per i Ricercatori e la Comunità Scientifica con un impegno medio giornaliero di nove ore.

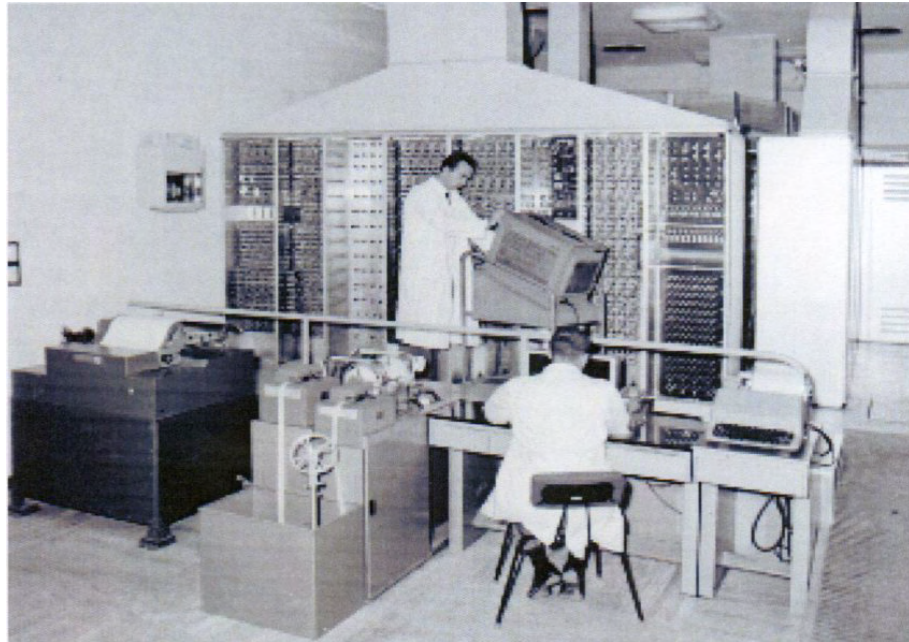
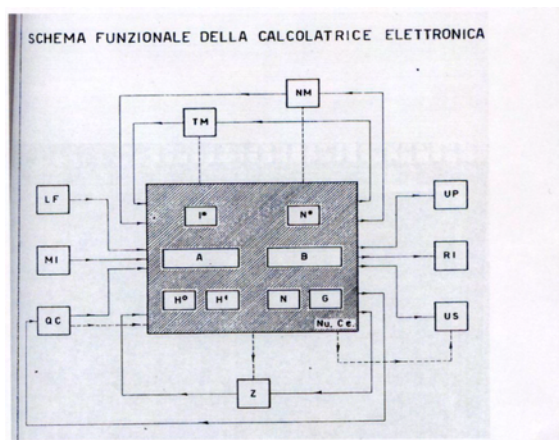


Figura 14 - La CEP (Visione d'insieme)



Periferia		Nu. Ce. Nucleo Centrale	
Z	Memoria Principale	A	Registro A
TM	Tamburo Magnetico	B	Registro B
NM	Nastro Magnetico	H ⁰	Registro Origine 1° Gruppo Parametriche
QC	Quadro Comando Manuale	H ¹	Registro Origine 2° Gruppo Parametriche
LF	Lettore Fotoelettrico	N	Numeratore
MI	Telescrivente (Trasmittente)	G	Registro Indicatori
UP	Perforatore d'Uscita	I*	Registro Indirizzo TM
RI	Telescrivente (Ricevente)	N*	Pseudoregistro Indirizzo NM
US	Stampante Parallela		

Figura 15 - Schema funzionale della CEP

Era prevista l'inaugurazione per il Giugno del 1961 ed era stato preparato un opuscolo su CSCE e CEP. Ma tale evento si dovette spostare di alcuni mesi ed allora fu inviato agli interessati l'opuscolo con una lettera di accompagnamento a firma del Presidente Conversi (Figura 16).

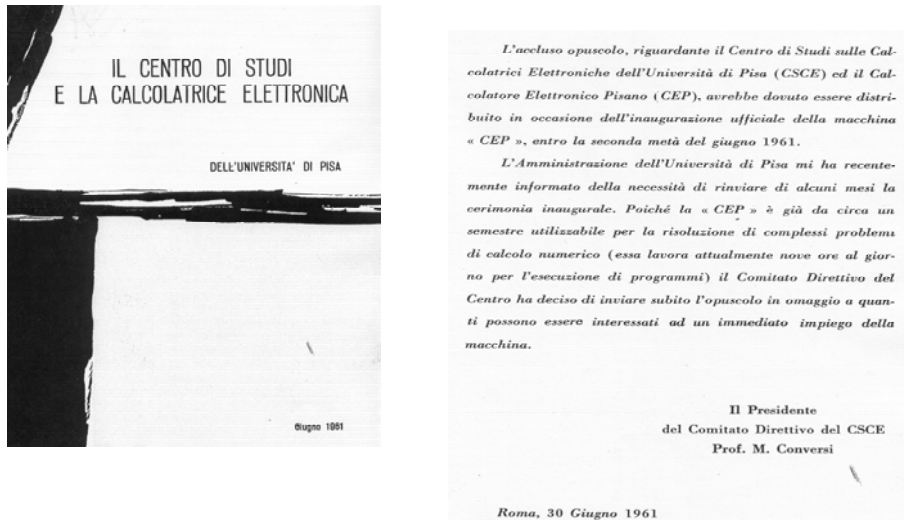


Figura 16 - Opuscolo sul CSCE

La CEP fu inaugurata il 13 novembre 1961 dal Presidente della Repubblica Giovanni Gronchi (Figura 17) associando a tale evento l'inaugurazione dell'anno accademico 1961-62 dell'Università di Pisa.

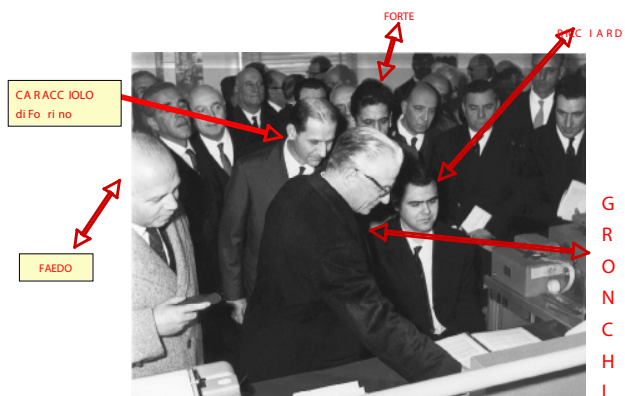


Figura 17 - Inaugurazione della CEP, 1961

Per l'occasione il Rettore Alessandro Faedo invitò alla cerimonia i Ministri e i Direttori Generali della Pubblica Istruzione, del Tesoro, del Bilancio, dell'Industria, ed altri, il Presidente della Corte Costituzionale, Autorità Politiche Nazionali, Regionali e Locali, i Rettori delle Università Italiane, Personalità Scientifiche e Culturali e la maggior parte delle testate giornalistiche nazionali e locali:

Ci fu una buona adesione delle Autorità (Figura 18): c'era il Presidente della Repubblica!), molti telegrammi (qualche centinaio negli Archivi) di circostanziata adesione con "non consentonmi" di partecipare, ringraziamenti e scuse, congiuntamente ad una scarsa sensibilità degli organi di stampa come dimostrano, anche per questa parte, lettere e telegrammi. Si ha l'impressione che non esistesse una cultura sufficiente per capire l'importanza di una rivoluzione scientifica e culturale che la Calcolatrice Elettronica avrebbe iniziato.



Figura 18 - Inaugurazione Anno Accademico 1961/62

La CEP rimase in funzione per diversi anni. Ma quando andarono fuori produzione i tubi e le valvole (erano ormai in uso transistor e molte innovazioni nel settore dell'Elettronica Digitale) alla base della sua costruzione si è dovuto fare i conti con le scorte di magazzino.

Nel 1975, in occasione della celebrazione di VENTI ANNI DI INFORMATICA, la CEP fu trasferita, dall'Istituto di Fisica dove era nata, alla Domus Galileiana e lì è rimasta in mostra. Oggi la CEP è visibile

al Museo degli Strumenti di Calcolo di Pisa, dove è stata assemblata, a futura memoria, nel reparto Grandi Strumenti di Calcolo. Le seguenti figure (19, 20 e 21) mostrano alcuni particolari della CEP.

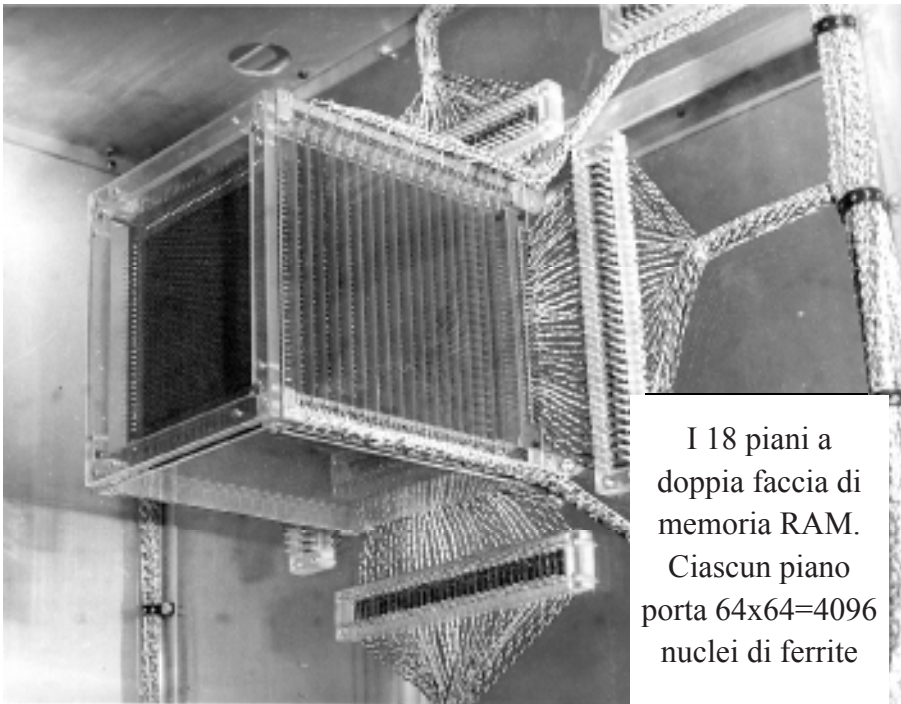


Figura 19 - La memoria della CEP (1958-1960)

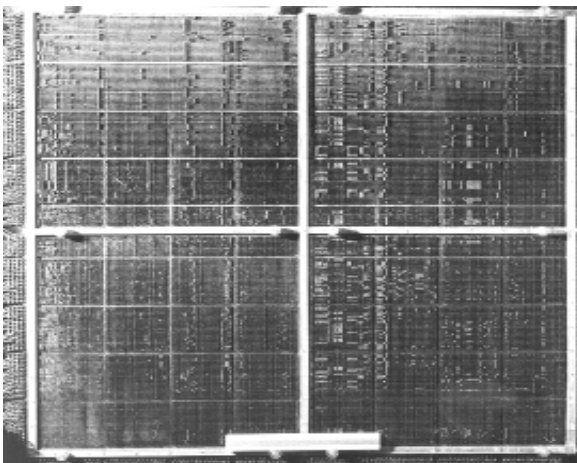


Figura 20 - Il selettore di segnali della CEP (1958-1960)

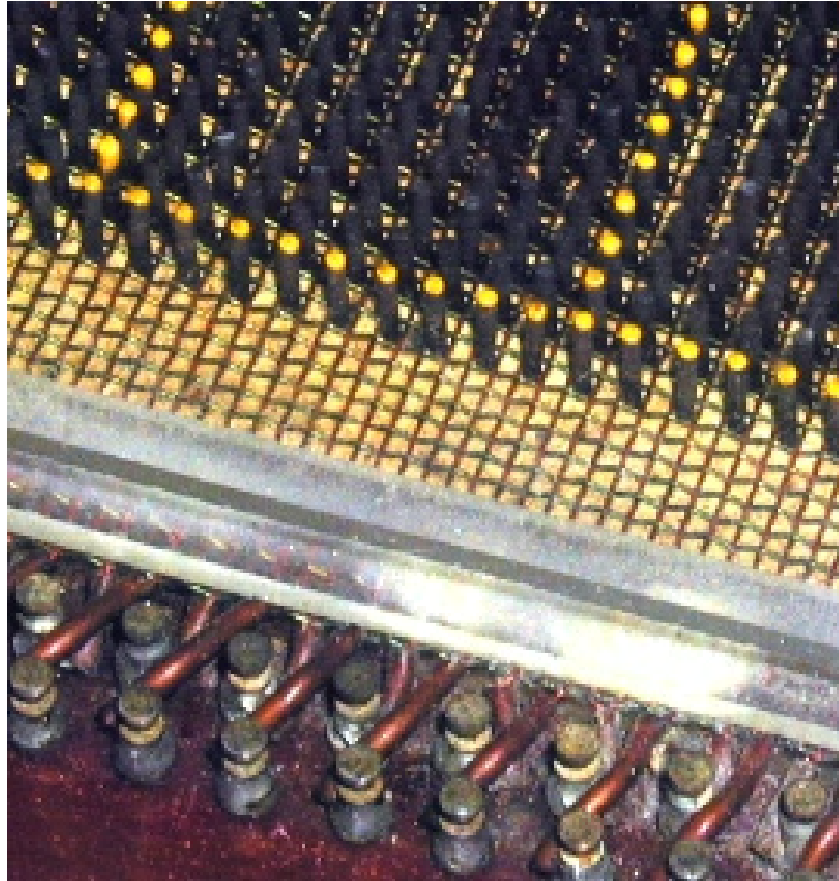


Figura 21- Il selettore dei segnali della CEP (1958-1960) – particolare.

Nell'Appendice A sono descritte Le caratteristiche della CEP. Nell'Appendice B è descritta una breve panoramica del Sistema di Programmazione costruito per la CEP.

7. L'attività di Formazione

Man mano che al CSCE i lavori proseguivano, sia per la realizzazione e sperimentazione della Macchina Ridotta, come pure nell'attività di Ricerca e Sviluppo per la progettazione e messa a punto della CEP, maturava sempre più la convinzione di avviare attività di Formazione per rendere partecipi della nuova conoscenza e delle potenzialità dello strumento in costruzione sia i colleghi delle varie Facoltà come pure gli studenti dei vari corsi di laurea.

La concretizzazione di tale convinzione si attivò, a partire dall'anno accademico 1955-56 con la istituzione, presso il CSCE, di seminari e lezioni particolari sui seguenti argomenti:

Analisi Numerica (Alfonso Caracciolo)

Teoria della Programmazione (Elio Fabri)

Aritmetica/Logica e organizzazione delle Calcolatrici Elettroniche (Caracciolo e Fabri)

Elementi di Elettronica per le Macchine Calcolatrici (Giuseppe Cecchini e Sergio Sibani).

Tale attività fornì l'occasione anche per ospitare, al CSCE, studenti interessati a sviluppare la loro tesi di laurea sugli argomenti suddetti. Diventando sempre più strutturata tale attività si decise di attivare qualche Insegnamento specifico presso le Facoltà di Scienze e Ingegneria e, nell'anno accademico 1959/60, venne istituito un Corso di Specializzazione post-laurea con un titolo che oggi si direbbe folcloristico: "*Corso di Avviamento all'uso delle calcolatrici elettroniche a cifre*". Tale Corso, di durata annuale, doveva essere aperto ai laureati di tutte le Facoltà e doveva dare un punteggio (che il Ministero della Pubblica Istruzione stabilì in 4 punti) ai fini dell'insegnamento. Gli insegnamenti attivati erano:

1. Fondamenti di Logica e di Aritmetica per le Calcolatrici Elettroniche a Cifre
2. Struttura delle Calcolatrici Elettroniche ed Elementi di Codificazione
Elementi di Programmazione Generale
Linguaggi Speciali di Programmazione
Analisi Numerica.

Dal 1964/65 il *Corso di Avviamento all'uso delle calcolatrici elettroniche a cifre* venne trasformato in *Corso di Specializzazione in calcolo automatico*, di durata annuale, con gli stessi insegnamenti, valutazione di 4 punti ai fini dell'Insegnamento nella Scuola Media Superiore e numero chiuso fissato in 25 allievi che, data la grande richiesta, venne poi esteso a 40, cfr. [3].

Nel 1969/70 avviene, a Pisa, l'istituzione, prima in Italia, del Corso di Laurea in Scienze dell'Informazione, divenuto poi riferimento nazionale per gli Atenei che, negli anni successivi, ne decisero la istituzione (Bari, Torino, ...).

Quanto detto in precedenza è da considerarsi uno dei più importanti effetti di ricaduta, derivati dall'esperienza pisana. (Non si stanno considerando, in questa sede, tutte quante le attività che, a buon diritto, sono state avviate e sviluppate nell'ambito della ricerca informatica e delle sue applicazioni.)

Nel 1962 il Consiglio Nazionale delle Ricerche riconobbe al CSCE il ruolo di Centro di Ricerca di interesse Nazionale trasformato poi nell'Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI), organo strutturato del CNR, cfr. [14, 21].

Appendice A

Le caratteristiche della CEP

La CEP aveva la parola di memoria a lunghezza fissa, rappresentazione dei dati e delle Istruzioni in Binario, il formato delle istruzioni era ad un indirizzo con doppia modifica mediante riferimento a due celle di memoria, dette "celle parametriche" [nei progetti dei computer degli anni seguenti (Esempio: IBM 360) detti riferimenti assunsero il nome di "Registri Indice" (*Index Register*)]. Si possono schematizzare le caratteristiche generali nel modo seguente:

Dati generali

lunghezza della parola: 36 bit

aritmetica: virgola fissa e virgola mobile possibilità di operare in singola e doppia precisione

rappresentazione in virgola mobile: 28 bit mantissa, 8 bit esponente

istruzioni: 128 (ad un indirizzo con doppia modifica)

lunghezza dell'istruzione: una parola

pseudoistruzioni: 220 (Riferimento ad un programma memorizzato con

un codice esteso

celle parametriche: 64 (due gruppi di 32 posizioni di memoria, associabili ad ogni programma o sottoprogramma, fissandone l'origine in memoria con apposite Istruzioni (CH0, CHI) e quindi, teoricamente, infiniti Registri Indice in quanto costituivano un uso multiplato e sovrapposto, con continuità, della memoria).

Memorie

ROM controllo: 256 x 256 bit 100 ns (tempo di accesso)

memoria RAM a nuclei di ferrite: 8192 celle 5,5 μ s (tempo di ciclo)

memoria di massa (tamburo magnetico): 16384 celle 10 ms (tempo medio di accesso)

nastri magnetici (fino ad 8 unit ): 1/2 pollice

270 bit/pollice

1,5 Mparole per bobina

20 kcaratteri/s

Velocit  operativa

addizione (virgola fissa): 15 μ s

addizione (virgola mobile): 96 μ s

moltiplicazione (virgola fissa e mobile): 140 μ s

traslazioni: 10 μ s

Periferiche di entrata

2 lettori fotoelettrici (400 caratteri/s)

Periferiche di uscita

3 perforatori di nastro (32/60 caratteri/s);

1 telescrivente (7 caratteri/s);

1 stampante parallela (150 righe di 102 caratteri/min)

Nella CEP vennero utilizzati: circa 3.500 tubi, 12.000 diodi per piccoli segnali, 3000 transistori.

Istruzioni

Le istruzioni della CEP, in numero di 128, sono tutte lunghe esattamente 36 bit ed hanno il seguente formato con i quattro campi **sop**, **sp**, **sq**, **s** come specificati in cfr. [1] con le indicazioni dei relativi BIT da **s0** a **s35**:

[1] **s0 s1 s2.....s8 | s9.....s14 | s15.....s20 | s21.....s35**

$\langle \text{sop} \rangle \langle \text{sp} \rangle \langle \text{sq} \rangle \langle \text{s} \rangle$

dove:

sop indica l'operazione da eseguire;

sp e **sq** indicano le celle parametriche, nel linguaggio CEP denotate con P e Q;

s indica un indirizzo, una costante o lo spiazzamento rispetto ad una posizione di memoria fissata;

s0, **s1** quando posti a 0, si tratta di una istruzione;

s0 quando posto a 1, indica che si tratta di pseudo-istruzione;

s1 quando posto a 1, abilita i salti condizionati da quadro di comando manuale.

Se indichiamo con X il valore specificato in un campo, e con (X) il contenuto della cella di memoria denotata da X, i modelli di indirizzi possibili sono così esprimibili:

s; (s)

per tutte le istruzioni

per operazioni sulle parametriche P, Q

(sq)+s

per tutte le istruzioni

per operazioni sulla parametrica P

(sp)+(sq); (sp)+(sq)+s

per tutte le istruzioni

Alcuni esempi di Istruzioni:

ZA Copia il contenuto di una posizione di memoria nel Registro A. Le forme possibili dell'Istruzione sono:

1. ZA, 0, 0, X \rightarrow (X) viene trasferito in A (**sp** = 0 e **sq** = 0 non modificano l'Indirizzo X)

2. ZA 12, 3, X \rightarrow ((12)+(3)+X) viene trasferito in A. In particolare se fosse (12) = 315, (3) = 1759 e X = 187 l'indirizzo effettivo dell'istruzione ZA, il cui contenuto verrebbe trasferito in A, risulta 2261, cioè (2261) viene trasferito in A. Questo è un esempio di Doppia modifica.

CA Copia il contenuto di una posizione di memoria nel Registro A. Le forme possibili dell'istruzione sono:

3. CA, 0, 0, X \rightarrow X viene trasferito in A (**sp** = 0 e **sq** = 0 non modificano

l'Indirizzo X)

4. CA 12, 3, $X \rightarrow (12)+(3)+X$ viene trasferito in A. In particolare se fosse $(12) = 315$, $(3) = 1759$ e $X = 187$ l'Indirizzo effettivo dell'istruzione CA risulta 2261, che è il valore che viene trasferito in A. Questo è un esempio di doppia modifica ma che determina un valore e non un Indirizzo.

ZP Copia il contenuto di una posizione di memoria nella cella parametrica specificata nel campo **sp** dell'Istruzione. Le forme possibili dell'Istruzione sono:

- I. ZP, 12, 0, $X \rightarrow (X)$ viene trasferito nella cella parametrica 12 (**sq** = 0 non modifica l'Indirizzo X)
- II. ZP, 12, 3, $X \rightarrow ((3)+X)$ viene trasferito nella cella parametrica 12. In particolare se fosse $(3) = 759$ e $X = 187$ l'indirizzo effettivo dell'istruzione ZP, il cui contenuto verrebbe trasferito in A, risulta 946, cioè (946) viene trasferito in A. Questo è un esempio di operazione sulle celle parametriche.
- III. P+Z, 12, 3, $X \rightarrow (12) + ((3)+X)$ viene trasferito nella cella parametrica 12. Nelle condizioni particolari di II. se fosse $(946) = 1000$ e (12) quello della 2. si avrebbe come risultato 1315 nella cella parametrica 12.

CP Copia il contenuto di una posizione di memoria nella cella parametrica specificata nel campo **sp** dell'Istruzione. Le forme possibili dell'Istruzione sono:

- IV. CP, 12, 0, $X \rightarrow X$ viene trasferito nella cella parametrica 12 (**sq** = 0 non modifica l'Indirizzo X) e consente di assegnare valore iniziale ad una cella parametrica. È ovvio il significato dell'Istruzione CP, 12, 0, 0.
- V. CP, 12, 3, $X \rightarrow (3)+X$ viene trasferito nella cella parametrica 12. In particolare se fosse $(3) = 759$ e $X = 187$ il valore che viene trasferito nella cella parametrica 12 risulta $946=759+187$.
- VI. P+C, 12, 3, $X \rightarrow (12) + (3)+X$ viene trasferito nella cella parametrica 12. Nelle condizioni particolari di V. e (12) quello della 2. si avrebbe come risultato $946+315 = 1261$ nella cella parametrica 12.⁵

⁵ Tutti gli indirizzi X, comunque calcolati, sono utilizzati come $Y = X \text{ mod } 32768$ ($32768 = 2^{15}$, essendo s un campo di 15 BIT). Se, ad esempio, un indirizzo calcolato fosse $X = 34380$, l'indirizzo effettivamente utilizzato sarebbe $Y = 1612$ ($34380 - 32768$).

Appendice B

La Programmazione

Allo scopo di determinare modalità e possibilità di uso della CEP si cominciò a studiare una organizzazione generale della programmazione che, come descritto in una nota sull' *Attività del CSCE* (relativa al periodo marzo 1959 - febbraio 1961), "si fonda su tutto un insieme di linguaggi programmativi associati a un complesso di programmi traduttori di organizzatori per la codificazione automatica nel linguaggio base binario proprio della CEP, ed il loro assemblamento e caricamento nella CEP stessa, nella forma esecutiva finale". I linguaggi programmativi erano:

1. il Linguaggio Programmatico Decimale CEP: LPDC, con relativo traduttore (DEC-BIN);
2. il Linguaggio Programmatico Simbolico CEP :LPSC, con relativo traduttore;
3. il Linguaggio Programmatico Fortran CEP: LPFC, con relativo compilatore;
4. il Linguaggio Programmatico Fortran Originario:LPFO, con relativo compilatore;
5. un nucleo di Sistema Operativo iniziale senza i Nastri Magnetici;
6. un Sistema Operativo con i Nastri Magnetici;
7. un insieme di programmi di Servizio (Dump, Tracciamento, Esecuzione controllata,).

Il Traduttore per LPDC, TDC/BC (Traduttore da Decimale CEP a Binario CEP), era basato su un convertitore di numeri naturali dalla rappresentazione DECimale nella corrispondente rappresentazione in BINario. Una istruzione CEP si compone dei 4 campi: **sop**, **sp**, **sq**, **s**, ciascuno dei quali esprimibile mediante un numero naturale con le seguenti limitazioni:

$$0 \leq \mathbf{sop} \leq 511; 0 \leq \mathbf{sp} \leq 63; 0 \leq \mathbf{sq} \leq 63; 0 \leq \mathbf{s} \leq 32763;$$

la cui concatenazione sarà ancora un numero naturale che verrà rappresentato in binario puro rispettando l'ampiezza dei singoli campi. La Tabella 2 mostra gli esempi estremi tutti "0" e tutti "1", due

casi generici e una costante.⁶

Rappresentazione DECimale				Rappresentazione in BINa- rio su 36 BIT della Istruzione o di una costante ^(*)
sop	sp	sq	s	
0	0	0	0	00000000000000000000000000000000 000000000000
....
62	17	45	1361	000111110010001101101000 010001010001
204	63	0	12450	0110011001111111000000011 000010100010
511	63	63	32767	11111111111111111111111111111111 111111111111
	(*) costante 215785			00000000000000000000110100 101100000001

(+) La scrittura "Normale" e "Grassetto" è usata solo allo scopo di evidenziare i 4 campi
 Tabella 2 - Esempi di codificazione DECimale e corrispondente BINario

Il Traduttore per LPSC, TSC/BC (Traduttore da Simbolico CEP a Binario CEP), era basato su un sistema di associazione a NOMI SIMBOLICI, presenti nei diversi campi delle istruzioni facenti parte di un programma, con valori binari, ottenuti dai codici binari delle istruzioni per il campo **sop**, e per gli altri tre campi dai valori numerici naturali associati ai NOMI SIMBOLICI, nell'ordine con cui venivano estratti dal testo del programma, ovviamente senza ripetizioni. La forma simbolica di una istruzione è visibile nella Tabella 3, dove i campi venivano sparati da caratteri SPECIALI. Un esempio: \$QUI, A+Z, ALFA, B3, 542,;

Nome Istruzione	Nome di sop	Nome per sp	Nome per sq	Nome per s o valore
QUI	A+Z	ALFA	B3	542
-----	CP	PINO	0	DELTA
DELTA	- ZA	0	ALFA	X1Y + 5
.....eccecc			

Tabella 3 - Esempi di Istruzioni nel Linguaggio Programmatico Simbolico CEP

Analogamente per i linguaggi LPFC e LPFO furono realizzati due

6 Negli esempi si sono usate le seguenti istanze di celle parametriche: 0 (non fa modifica), 12, 3 e il nome X per la parte indirizzo.

Traduttori, TFO/FC e TFC/SC per passare da Fortran Originario a Fortran CEP e, da quest'ultimo al Simbolico CEP fino all'Assemblaggio dei Programmi e alla loro esecuzione. Ciò fu coadiuvato dalla realizzazione dei Sistemi Operativi 5 e 6, e con i Programmi di Servizio di 7. L'insieme di questi strumenti operativi costituì il vero e proprio Sistema di Programmazione CEP messo a disposizione dei ricercatori interessati.

Bibliografia

- [1] AICA, *Convegno Internazionale sulla Storia e la Preistoria del Calcolo Automatico e dell'Informatica* (Atti – Siena 1991); AICA, Milano 1991.
- [2] Andronico A. *Il CSCE: Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche* in [5] – pp. 30-33
- [3] Andronico A. - Informatica: una rivoluzione scientifica, culturale e sociale – In: *Unisinforma - lettera d'informazione dell'Università degli Studi di Siena* – ANNO XIII, n. 6 – speciale inaugurazione anno accademico 2005-2006 - 12 novembre 2005 (Prolusione per l'inaugurazione del 765° Anno Accademico, pp. 20-27)
- [4] Andronico A., Cioni G., De Marco G., Mainetto G., *I primi computer italiani: Cronaca di un passato recente*, RICERCA & FUTURO, n. 10, pp. 42-45, Roma 1998.
- [5] Andronico A., De Marco G. (a cura di); *Un museo virtuale sulla storia dell'informatica in Italia* (Atti Convegno Certosa di Pontignano – Siena 18 ott. 1997); ETS, Pisa 2001.
- [6] Bonfanti C.; *Mezzo secolo di futuro*, *Mondo Digitale 3/* n. 3, pp. 35-68; AICA, Milano 2004.
- [7] Bozzo M.; *La grande storia del computer. Dall'abaco all'intelligenza artificiale*, Edizioni Dedalo, Bari 1996.
- [8] Butelli R., Bonechi S., Mancini P., Zucchelli E., *La memoria storica dell'informatica pisana*, Tacchi Editori, Pisa 1988.
- [9] Calamia Barsanti L., Guerri L., *La simulazione della CEP sulla FINAC*, Note INAC, Roma 1960.
- [10] Cecchini G., *Le prime esperienze nel campo dell'informatica: il gruppo CEP* – in [5]- pp. 34 –39.
- [11] Cioni G., *Gli albori dell'informatica in Italia: la FINAC a Roma*, in [5], pp. 40-57.
- [12] CSCE, *Tabella delle Microistruzioni*, Pisa, Nota Interna I – 69.
- [13] Dadda L., *Dall'esperienza americana il computer per il calcolo industriale* - in [5], pp. 62-66.
- [14] De Marco G. *La Calcolatrice Elettronica Pisana: le origini dell'informatica*

- in Italia*, Tesi di Laurea, Università di Pisa, Pisa 1996.
- [15] De Marco G., Mainetto G., Pisani S., Savino P., Anno 1954: le origini dell'Informatica in Italia, in [5], pp. 74-94
- [16] Denoth F., Il museo dell'informazione, in [5], pp 1-3.
- [17] Denoth F., I primi calcolatori: la CEP pisana, *PRISTEM/Storia 12-13*, 2005, pp. 59-83.
- [18] Filippazzi F., Quel computer nato fra i cavalli, in [5], pp. 18-21.
- [19] Filippazzi F., ELEA: storia di una sfida industriale, *PRISTEM/Storia12-13*, 2005, pp. 43-57.
- [20] Fondazione Adriano Olivetti; *La cultura informatica in Italia*, Bollati Boringhieri, Torino 1993.
- [21] Maestrini P., *La calcolatrice elettronica pisana (CEP): una storia che sembra una leggenda*, Dipartimento di Informatica, Università di Pisa e Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo" del CNR, Pisa, in L. Dadda, a cura di, *La nascita dell'informatica in Italia*, Polipress, Milano 2006.
- [22] Rao G, *Mario Tchou e l'Olivetti 9003* - in *PRISTEM/Storia 12-13*, 2005, pp. 59-83 e pp. 85-119.
- [23] Sacerdoti G., *Primi vagiti del computer in Italia: ricordi di una balia*, in [5], pp. 22-25.
- [24] *PRISTEM/Storia 12-13, 50 anni di informatica in Italia*; Università Bocconi, Milano 2005.

Alfio Andronico
Università di Siena

Informatica e multimedia

I. Multimedia

Con *multimedia* s'intende qualsiasi applicazione che utilizzi più di un mezzo di comunicazione per trasmettere informazioni digitali audiovisive oltre che linguistiche: è "*l'informatica dei sensi*"¹; una sorta di integrazione tra diverse modalità di comunicazione (media informativi), attraverso sistemi di trasmissione diversi (media trasmissivi).

Nel glossario della bozza delle WCAG 2.0 la multimedialità è così definita: "*Audio or video synchronized with another type of media and/or with time-based interactive elements*", e la componente video come: "*The technology of moving pictures or images. Video can be made up of animated or photographic images, or both.*"².

Fino a pochi anni fa, la multimedialità indicava, in modo generico, la compresenza e l'interazione di diversi linguaggi all'interno di una tecnologia di comunicazione, in opposizione a "monomediale". Allora le modalità di combinazione dei media informativi erano piuttosto rigide: si pensi a un libro che può contenere testi, disegni e fotografie; alla televisione che è costituita da audio e video; al telefono che trasmette voce e suoni.

Dopo l'adozione delle tecniche digitali applicate ai computer (PC, work-station) e alle reti, è stato possibile gestire molteplici forme di informazione, utilizzandone la comune natura numerica. Il nuovo "medium" che ne deriva è qualcosa di più complesso della somma dei singoli elementi tanto che la multimedialità diviene un nuovo *linguaggio*. Di conseguenza, l'integrazione di diverse modalità espressive si è rivelata estremamente efficace in vari settori, come in quello dell'apprendimento, in quanto stimolazione sensoriale e intellettuale che agisce a vari livelli, e come in quello legato all'intrattenimento, ove l'impatto, il coinvolgimento, gli stimoli percettivi creati da immagini, suoni e parole ottiene un'indubbia risonanza.

Nicholas Negroponte ha scritto che la multimedialità è fatta

¹ Definizione data dell'autore.

² WCAG è acronimo di Web Content Accessibility Guidelines. - <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>

di “ricchezza audiovisiva, profondità conoscitiva e informativa, interattività”. Roberto Maragliano nota che un prodotto multimediale dovrebbe essere: “ricco, profondo e mobile, avvincente come un film, sistematico come un libro e interattivo come un videogioco”.

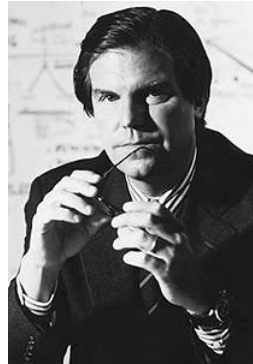


Figura 1 - Nicholas Negroponte è il fondatore e il direttore del Media Laboratory del Massachusetts Institute of Technology (MIT) negli Stati Uniti, un laboratorio interdisciplinare altamente innovativo

I primi microcomputer commerciali che comparvero negli anni 70 non erano in grado di riprodurre o registrare suoni e video e avevano capacità grafiche molto limitate. Dai primi anni ottanta vennero utilizzate tecniche “multimediali”, come ad esempio, nel caso dell’audio, per far sì che i computer riproducessero suoni autentici mediante il collegamento di un registratore a un computer che controllava le funzioni playback e rewind.



Figura 2 - Videoregistratore analogico

La soluzione non era molto efficace perché il nastro si deteriorava con l’uso e alcune parti risultavano cancellate o comparivano al posto

sbagliato. Sempre negli stessi anni furono usati riproduttori video analogici, che davano la possibilità di riprodurre suoni e video di alta qualità e presentava migliaia di immagini che possedevano la qualità delle fotografie. I videodischi da 12 pollici, o dischi laser come venivano chiamati, potevano contenere circa 30 minuti di video o 54.000 immagini fisse su ciascun lato.

Collegando un riproduttore di videodischi a un computer, era possibile ottenere risultati che oggi sarebbero definiti multimediali; invece allora venivano chiamati video interattivi. Uno dei più popolari videodischi interattivi mai prodotti nel campo della multimedialità orientata all'apprendimento linguistico, fu *À la rencontre de Philippe*, sviluppato dal MIT, che univa l'apprendimento linguistico a una simulazione di vita reale ambientata a Parigi.



Figura 3 - Riproduttore di videodischi

La storia simulata riguardava un personaggio chiamato Philippe, un giornalista freelance che vive a Parigi con la sua ragazza, ma poi viene lasciato. Lo studente/utente dovrà trovargli un appartamento e aiutarlo a trovare un lavoro migliore. Gli vengono forniti una pianta di Parigi con i nomi delle strade cliccabili e un notes. Inoltre lo studente può accedere a un telefono, alla segreteria telefonica di Philippe, a annunci di offerte di lavoro e ad un elenco di agenzie immobiliari. Può telefonare per reperire informazioni su diversi appartamenti, andarli a vedere e seguire delle storie in cui compaiono personaggi diversi. Qualche volta allo studente vengono formulate domande e il percorso multimediale cambia in funzione della sua risposta.

Le trascrizioni includevano parole inserite nel glossario, cliccabili, e note su espressioni idiomatiche. Vi erano richiami a quello che "lo studente" doveva fare in una data situazione e test di revisione per controllare che l'utente assimilava le informazioni essenziali di ogni scena.

I videodischi interattivi continuarono ad essere usati nella

formazione industriale fin oltre la metà degli anni novanta. Il loro grande vantaggio era l'alta qualità del suono, del video e delle immagini fisse che riuscivano a produrre; si pensi a quanto fosse utile mostrare come assemblare un dispositivo meccanico ad ingegneri dell'industria meccanica (applicazione tipica dell'epoca). Il grande svantaggio era l'alto costo dell'attrezzatura di gestione dovuta alla complessa ed eterogenea composizione del sistema, formato da parecchi componenti hardware analogico-digitali.

2. Il computer multimediale (MPC)

Il *computer multimediale* (MPC) fece la sua comparsa agli inizi degli anni novanta, imponendosi con grande successo e diventando una pietra miliare nella storia della multimedialità.

Il PC multimediale è stato un punto di svolta in termini di compattezza, prezzo e utilizzo "amichevole" per l'utente. Un PC multimediale è fondamentalmente un PC standard, con le seguenti parti hardware specifiche: scheda audio, scheda video, speakers o/e cuffie, microfono, lettore CD-ROM e DVD, scanner, stampante laser a colori, modem, porte USB ad alta velocità, porta FireWire³, porta S-Video.

La tecnologia avanzata permette anche di produrre PC multimediali compatti ed estremamente efficienti come quello nella figura seguente:

³ FireWire è un nuovo tipo di connessione multiplatforma veloce (sino a 400 megabit per secondo, almeno per il momento), sviluppata in principio dalla Apple Computers, e poi divenuta standard industriale con la sigla IEEE 1394.

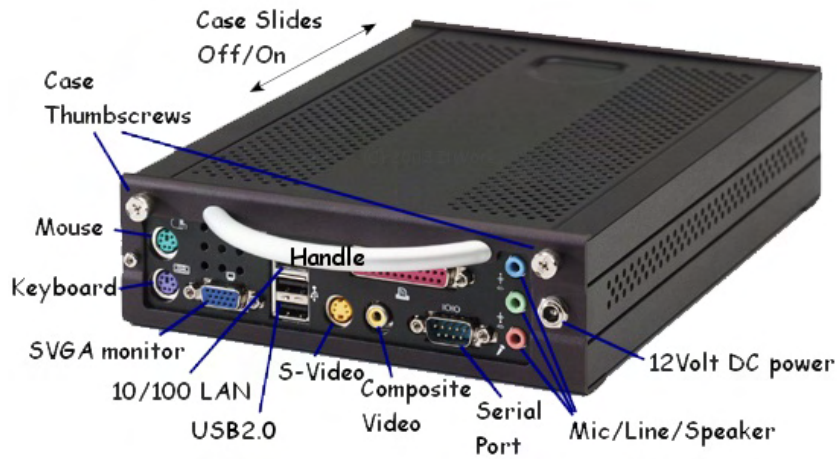


Figura 4 - MediaBrick: video-multimedia PC per applicazioni professionali

Tutto può essere assemblato in un “box” e collegato con cavi alle periferiche multimediali necessarie alle elaborazioni dei media-object.

Il sistema così configurato dovrà essere dotato di software di base ed applicativo per il trattamento di dati multimediali, definiti media-object; questa può diventare una “macchina creativa” capace di interagire con l’utente adattandosi al suo stile d’apprendimento.

3. La macchina spirituale

Attualmente, lo sviluppo naturale della multimedialità rende possibile la produzione di sistemi ipermediali in cui i repertori visivi e sonori si intrecciano in uno spazio “illimitato”. Dopo aver definito che la multimedialità come l’informatica dei sensi, si potrebbe dire che il computer multimediale ha le caratteristiche per diventare una *macchina spirituale*. Infatti, realizzando una interfaccia utente/sistema sempre più vicina alla *comunicazione umana*, si consente all’utente non solo di entrare in contatto *naturale* con la macchina ma anche di vedervi proiettati aspetti profondi del suo *io*.

In un senso più generale, si potrebbe accettare che *tutte le macchine cognitive* possano essere intese come *agenti di un continuo arricchimento spirituale* tanto che le tecnologie di cui stiamo parlando, diventano *pezzi dell’io*, tasselli di un mosaico cognitivo in movimento. Ed ancora, si potrebbe azzardare, il futuro della multimedialità si confronterà con il futuro dell’uomo e dell’integrazione dell’*io* con la *macchina*.

I prodotti multimediali possono essere fruibili anche attraverso le *psico-tecnologie* (come la televisione, la radio, Internet, etc.) perché al loro interno la componente audio/video/orale ha un valore strutturante intrinseco. Il fruitore di un prodotto audiovisivo si immerge in modo diverso da come lo fa nella lettura di un libro. Con il libro viene saturato un solo senso (la vista) e tutto passa di lì. Il livello di partecipazione soggettiva risulta subordinato al compito di adeguazione alla struttura lineare del testo. Il termine “psico-tecnologie” è stato coniato da Derrick de Kerckhove il quale definiva il termine *psico-tecnologia*, modellandolo su quello di *bio-tecnologia*, per definire una tecnologia che emula, estende, o amplifica le funzioni senso-motorie, psicologiche o cognitive della mente.



Figura 5 - Derrick de Kerckhove

Il telefono, la radio, la televisione, i computer e altri media concorrono a creare ambienti che, insieme, stabiliscono ambiti intermedi di elaborazione di informazione. Con un prodotto audiovisivo il livello di saturazione sensoriale è relativamente basso mentre la partecipazione dell'utente tende ad essere più alta, fino ad immergersi nell'evento, con un prodotto multimediale.

L'immersione rende impossibile separare il messaggio dal contesto; le macchine dell'immersione, realizzate con sistemi multimediali, puntano a fissare saperi attraverso la ridondanza, la ripetizione, la formazione di abitudini con l'uso. Roberto Maragliano ha osservato: *“Il testo scritto ferma le parole e le cose, le traduce in modello visivo, (...) il libro è una macchina panottica (...). Non risponde alle domande, notava già Platone. Gli ipertesti e gli ipermedia sono invece macchine panacustiche, che*

danno ascolto a ciascuno, e dentro le quali ciascuno a suo modo trova una voce" [1]. Si può aggiungere che lo stesso effetto si ottiene con l'uso dei *media-object* in un contesto iper-mediale allargato a reti di computer attraverso le quali il sistema multimediale si completa con un iper-web di dimensioni mondiali.

4. Codifica delle Immagini video e audio

L'immagine consiste in una distribuzione di onde elettromagnetiche (intensità luminose e colori) emesse da una struttura a due dimensioni ed in grado di essere percepite da un sistema visivo. Per immagine si intende una qualsiasi rappresentazione in grado di fornire stimolazioni luminose e potenzialmente in grado di evocare sensazioni visive.

Un'immagine è dunque il prodotto di un'interazione tra un corpo che emette e/o riflette radiazioni elettromagnetiche spazialmente distribuite e un soggetto che le percepisce. La rappresentazione *eidetica* è quel processo attraverso il quale si passa dalla realtà all'immagine della realtà. Per mezzo del canale visivo possiamo percepire varie qualità di un oggetto, per esempio la sua forma. La complessità e la sofisticazione della modalità visiva è così vasta che ancora sfugge a una piena comprensione, anche se esiste un'enorme letteratura sperimentale sull'argomento.

Codifica del Video. Quando un'immagine viene impressa sulla retina, viene mantenuta per alcuni millisecondi prima di svanire. Se una serie di immagini viene proiettata alla velocità di 25 o più immagini/s, l'occhio non si accorge che ciò che sta vedendo sono *immagini discrete*. Ogni sistema video analogico e digitale (compresa la televisione), sfrutta questo principio per produrre *immagini in movimento* con una frequenza di immagini che va da 25 a 30 al secondo. L'unità di misura è quindi *FPS (Frame Per Secondo)*.



Figura 6 - Video digitale commerciale (Philips CD-I 210)

Il video digitale commerciale nasce nei primi anni novanta con l'introduzione da parte di *Philips* di un lettore di CD chiamati *CD-i*, ove la "i" sta per "interactive". Riprendeva parzialmente un'idea nata nel mondo del *Commodore Amiga (CdTv)* come una console per giochi, da collegare direttamente alla televisione, con la possibilità, tramite un modulo accessorio (*cartuccia MPEG*) di poter vedere anche film, cosa non presente nel *CdTv Commodore*. Si potrebbe definirlo come un antenato della *Sony Playstation* che molti conoscono. Non fu un successo perché il costo della produzione e duplicazione dei CD-i era ancora alto, mentre quello delle videocassette (altro supporto usato dai primi PC) stava scendendo molto.

Un altro fattore di insuccesso fu che altri formati cinematografici su disco (*Laserdisk*) erano già presenti sul mercato e si erano ritagliati una loro nicchia che non veniva intaccata dalle macchine CD-i, mentre il costo del lettore CD-i era ancora elevato. Infine, un fattore di insuccesso fu la scarsità di scelta nei film disponibili e prezzo quasi doppio rispetto alla stessa versione su nastro



Figura 7- Supporto per video CD tipo "Philips CD-I 210"

Verso la metà degli anni novante, alcune case produttrici orientali definiscono ed iniziano la commercializzazione di un tipo di supporto molto simile al *CD-i*, chiamato *VideoCD*. Accordi successivi tra le diverse major dell'elettronica portarono alla definizione di un ulteriore formato, chiamato *VideoCD 2*, compatibile sia con i lettori *CD-i* della *Philips* sia con i lettori *VideoCD*. Questo formato, con sigla *VCD 2* è quello correntemente utilizzato da molti programmi di masterizzazione.



Figura 8 - Simbolo standard del formato "Compact Disc"

I *VideoCD* trovano un mercato ben diverso rispetto a quello affrontato anni prima dai *CD-i*: ormai il formato del *Compact Disk* è uno standard universalmente riconosciuto, la duplicazione degli stessi è divenuta

facile e poco costosa e anche sui computer di fascia alta⁴ si possono vedere questi film, usando un software apposito.

In USA il VideoCD non entra nel mercato perché i videonastri e Laserdisk sono più conosciuti e popolari. Molte cose cambiano in Oriente, per diverse ragioni: il videonastro è ancora poco diffuso e le legislazioni sui diritti d'autore sono molto tolleranti se non inesistenti, ma soprattutto il costo di produzione / duplicazione del supporto CD è minore di un videonastro. Così, in breve tempo il *VideoCD* diventa un oggetto molto richiesto: ad esempio i film in prima visione americana, opportunamente sottotitolati, sono disponibili senza aspettare che le case cinematografiche locali si preoccupino della loro distribuzione, o di importare direttamente VideoCD 2 originali da altre nazioni.

Uno degli aspetti particolari di questo formato è la sua universalità di riproduzione: un lettore *CD-i* o *VideoCD* con uscita TV di tipo PAL⁵ può visualizzare correttamente un film creato in formato NTSC⁶, e viceversa. Il lettore stesso si prende carico della conversione al formato desiderato, perché il film è codificato in un formato "agnostico", chiamato MPEG1. Da questo formato sono derivati quelli che oggi sono gli standard video mondiali.

Codifica del suono. Il suono è una perturbazione di tipo ondulatorio che si propaga in un mezzo elastico e che genera una sensazione uditiva. Analogamente alle onde luminose che sono percepite dai nostri occhi sotto forma di luce, le onde sonore sono percepite sotto forma di suoni o rumori dai nostri orecchi: si sviluppano su una gamma particolare di frequenze e confinano con onde non percepibili dal nostro orecchio, chiamate infrasuoni e ultrasuoni. La banda percepibile dell'uomo si colloca tra frequenze comprese tra i 20 Hz e i 20 KHz (20.000 Hz).

L'introduzione della tecnologia digitale ha rivoluzionato in modo radicale il settore dell'audio. Laboriose tecniche inventate dalla fantasia dei pionieri della fonica sono state sovrastate dalla disarmante praticità consentita dalla manipolazione dei bit.

All'inizio, la tecnologia digitale, viste le modeste risorse di calcolo a disposizione, permetteva poche operazioni anche se fondamentali

4 Computer dell'epoca con processore Pentium 100

5 PAL, acronimo di Phase-Alternating Line è un metodo di codifica del colore utilizzato nella televisione.

6 NTSC, acronimo di National Television System(s) Committee, è l'ente di standardizzazione industriale che lo ha creato. È un metodo di codifica video analogico utilizzato in Corea, Giappone, Canada, USA e altri paesi.

per l'evoluzione della musica stessa. Si consideri per esempio la rivoluzione introdotta dai primi campionatori. Il Rap, il Funky, l' Hip Hop e in genere la musica black e parallelamente la Techno, la House, la Trance sono nate grazie ai campionatori, si sono evolute con essi e ne hanno contemporaneamente guidato l'innovazione tecnologica.

Una volta iniziata, la rivoluzione digitale non si è più fermata. All'aumentare della velocità di calcolo grazie alla messa a punto di microprocessori ad elevate prestazioni è diventato possibile manipolare il segnale audio digitale in tempo reale. Ecco allora la digitalizzazione di effetti come riverberi, echi e anche di distorsori.

L'ultima tappa di questa evoluzione, ben lontana dal concludersi, si è avuta grazie alla crescita esponenziale della potenza di calcolo, della velocità e della quantità di memoria di massa. Ciò ha portato all'introduzione dell'hard disk recording ovvero alla simulazione dell'intero processo di produzione musicale "in digitale". I sistemi di oggi consentono a un prezzo relativamente ridotto di eseguire le operazioni di registrazione, missaggio e masterizzazione interamente nel dominio digitale.

5. Nuove tecnologie

La multimedialità interessa anche il settore dell'interfaccia utente/ sistema e, dopo l'apparizione della prima interfaccia grafica, è stata riservata un'attenzione sempre maggiore verso la realizzazione di interfacce che tenessero particolarmente conto delle caratteristiche specifiche del singolo utente.

Dagli anni '80 in poi, l'utente è stato man mano messo al centro del processo di progettazione, giungendo a quello che oggi è definito l'User Centered Design: il fruitore viene coinvolto sin dai primi passi del processo di sviluppo, in modo da realizzare sistemi facili da apprendere e utilizzare. Questo approccio tiene conto delle abitudini cognitive e dei modelli mentali degli utenti ai quali il prodotto è destinato.

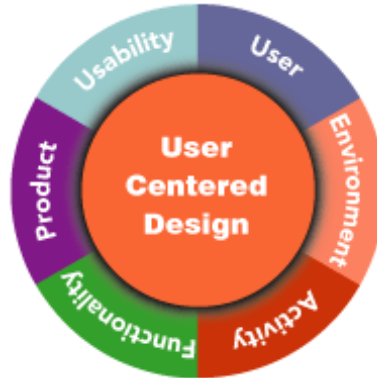


Figura 9 - User Centered Design – L'utente è centro del processo di progettazione

Quasi tutte le GUI per personal computer, oggi giorno sono basate sul principio della WIMP (Windows, Icons, Mouse, Pointer): le finestre rendono possibile l'utilizzo contemporaneo di diverse parti dello schermo e il mouse consente una modalità di interazione molto più complessa di quella permessa dalla tastiera. Le case produttrici hanno cercato di imporre dei propri standard nel settore delle interfacce, ma dato che si poteva rischiare di creare inutili confusioni, le modifiche si sono successivamente concentrate solo su piccoli dettagli, come le dimensioni, i colori, i caratteri o le forme degli angoli delle finestre, senza cercare di violare troppo le convenzioni. La metafora della scrivania ha subito un'evoluzione con l'introduzione del concetto di "bottone" e si è passati alla metafora del "pannello di controllo": l'area dello schermo vuole apparire come un oggetto con cui interagire direttamente, attraverso interruttori e pulsanti che possono essere azionati con un click del mouse.

Dalle ricerche sui possibili sviluppi delle GUI si sono sviluppati altri due settori: *elaborazione in linguaggio naturale* (Natural Language Processing o NLP) e *manipolazione diretta* (Direct Manipulation, DM)

Gli studi sul NLP puntano alla creazione di un'interfaccia che metta in grado l'utente di comunicare col computer attraverso il linguaggio naturale, così come si fa con gli altri esseri umani. Non è una sfida facile da vincere, se consideriamo due caratteristiche fondamentali del linguaggio naturale: *l'ambiguità* e *la ridondanza*. Infatti, una parola, a seconda delle circostanze in cui viene utilizzata, può avere significati differenti. Per ora si è riusciti a realizzare interfacce in grado di comprendere un numero limitato di istruzioni (un esempio sono i telefoni cellulari, che identificano il nominativo da chiamare grazie al

riconoscimento vocale del nome).

La metafora della scrivania si basa sul concetto di manipolazione diretta, ovvero attraverso il movimento del mouse è possibile muoversi, esplorare ed interagire con i dati del computer. Ma per il futuro si intravede la possibilità di passare dalle GUI alle cosiddette TUI (Tangible User Interface), in cui le informazioni elettroniche siano effettivamente manipolabili, dando loro una forma fisica, mentre ora ci limitiamo a visualizzarle e ad intervenire sulla loro rappresentazione. Questo tipo di esperimenti si stanno concentrando soprattutto nel settore della realtà virtuale nell'ambito delle multimedialità applicata.

I risultati ottenuti finora sono il casco virtuale ed il guanto, ma gli studi di una sezione del MIT, si stanno sviluppando per arrivare ai cosiddetti "Bit Tangibili". Infatti, il lavoro svolto dal Tangible Media Group propone di interfacciarsi con il computer manipolando oggetti fisici su una superficie sensibile, sulla quale vengono visualizzati i comandi. Se questo ricorda una scena del film di fantascienza "Minority Report" è perché uno dei ricercatori del MIT è stato consulente degli aspetti informatici del film stesso.



Figura 10 - Strumenti di manipolazione virtuale



Figura 11 - Esempio di ologramma sensibile.

In molti casi si punta a estendere ed incrementare la funzionalità di molti apparati che interessano le tecnologie “Bit Tangibili”, nei progetti che interessano display e mouse nel settore della disabilità.

Questo tipo di ricerca investe oggetti di uso quotidiano, che sono in tutte le case. Il mondo del “Bit Tangibile” mette in evidenza la vetustà delle periferiche di input attuali ed i loro limiti; l’“astrazione dell’interazione” (olografia, tridimensionalità, virtualità), caratteristica di base di questa nuova ricerca, potrà portare a creare nuove soluzioni di grande interesse, senza essere condizionati dalle applicazioni odierne, derivanti da concetti sviluppati negli anni sessanta e settanta.

Anche se la sostituzione di oggetti tecnologici d’uso comune è sempre stata un’impresa ardua, a volte i tentativi possono essere intriganti o adattarsi a usi specifici che ne possono giustificare un’introduzione sul mercato.

La tastiera è, insieme al mouse, uno di quegli strumenti così familiari che difficilmente verrebbe voglia di cambiarla, a meno che non si tratti di qualcosa di radicalmente diverso, che non abbia semplicemente qualche tasto in più, ma una funzionalità radicalmente innovativa. Nel caso dei mouse, ad esempio, è significativo il nuovo mouse a sfioramento wireless dalla forma sferica o quello con un Trackpad circolare, una sorta di rotellina a 360° che apre nuove prospettive di

movimento e manipolazione spaziale.

Nelle tastiere, è il caso della Keybowl, che si propone di limitare tutte le patologie legate allo stress dei muscoli dei polsi e delle dita (come la sindrome del tunnel carpale) coinvolti nella battitura continua dei tasti. Essa non dispone di tasti, ma di due manopole che possono assumere ciascuna otto posizioni diverse, corrispondenti agli otto punti cardinali e a direzioni intermedie. In questo modo si ottengono tutte le possibili lettere e segni, attraverso il movimento coordinato delle due manopole. Va sottolineato che questo dispositivo è di grande utilità per un certo tipo di disabili che diventano così capaci così di scrivere e-mail e navigare sul Web.

Se una tastiera formata da manopole può sembrare bizzarra, una in cui si battono tasti invisibili, agitando le dita in aria o su un tavolo sembra decisamente fantascientifica.



Figura 12 - Virtual keyboard.

È il caso della VirtualKeyboard, che permette di fare proprio questo ed è pensata per chi vorrebbe digitare un testo in spazi angusti senza doversi scontrare con tasti talmente piccoli da essere praticamente inutilizzabili. Date le piccole dimensioni, sarà un interessante dispositivo per la realizzazione di computer "indossabili".

Nell'area della multimedialità si deve considerare anche la *Human Computer Interaction*, nata negli anni '90, si occupa dei problemi connessi alla progettazione di interfacce uomo-macchina, cercando di offrire utili strategie e suggerimenti, nel tentativo di rendere possibile un'efficace interazione fra l'utente ed il computer. Più che una vera e propria disciplina costituisce un ambito interdisciplinare di ricerca.⁷

⁷ <http://library.gsfc.nasa.gov/SubjectGuides/hci.htm>



Figura 13 - Human-Computer Interaction

Questo settore di studi è nato nel momento in cui i ricercatori si sono resi conto che i problemi relativi a *organizzazione e gestione del lavoro, salute, fattori neuro-fisiologici, fattori ambientali* possono influenzare l'interazione uomo-computer. Ad occuparsi di questi problemi ci sono varie discipline:

- l'ergonomia cognitiva,
- le scienze cognitive,
- la semiotica,
- la fisiologia,
- l'informatica,
- l'industrial design.

Inizialmente le ricerche presero il nome di *man-machine-interaction* e successivamente divennero l'attuale disciplina *human-computer interaction*. Così, la HCI si è evoluta partendo da discipline di vari settori.

La *computer graphics* ha contribuito molto alla creazione di nuove tecniche di interazione tra l'uomo e il computer, ad esempio sviluppando sistemi come il CAD⁸ o il CAM⁹ che permettono di "manipolare" oggetti virtuali, come se fossero presenti realmente nelle mani dell'utente.

L'*ingegneria industriale* è nata agli inizi del XIX secolo, per cercare di aumentare la produttività industriale. Questo, attraverso la progettazione di strumenti che riducessero la fatica dei lavoratori e ambienti che garantissero una migliore qualità della vita. L'utilizzo di

⁸ Acronimo di Computer Aided Design.

⁹ Acronimo di Computer Aided Manufacturing.

sistemi computerizzati si addice perfettamente a questo scopo.

La *psicologia cognitiva* ha orientato i suoi studi sulla mente intesa come elaboratore di informazioni ed esecutore di compiti ed attività. Gli psicologi cognitivi si sono concentrati su: la capacità dell'uomo di apprendere l'uso di sistemi simbolici, il trasferimento di queste conoscenze, la rappresentazione mentale dei sistemi, le prestazioni dell'uomo nell'interazione uomo-computer. I principi individuati sono stati poi applicati alla HCI.

Un'altra area di ricerca che ha influenzato lo sviluppo della HCI è l'*Information Science & Technology*¹⁰.

Le nuove tecnologie hanno avuto effetti sul modo in cui l'informazione può essere immagazzinata, consultata e utilizzata e di conseguenza sull'organizzazione dell'ambiente di lavoro.

Anche la *linguistica* ha dato il suo contributo all'HCI, ad esempio nello studio delle interfacce che utilizzano il linguaggio naturale, perché è fondamentale comprendere la struttura sintattica e semantica.

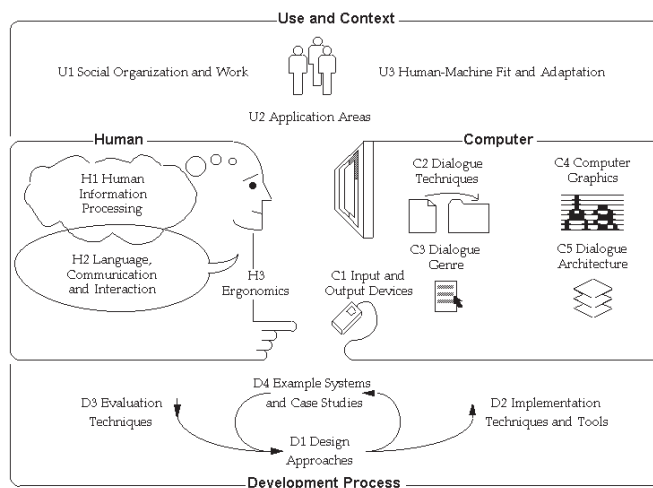


Figura 14 - Contenuti del sistema Human-Computer Interaction¹¹.

Ma il campo della HCI è talmente ampio da coinvolgere molti altri ambiti, tra i quali la *usability* e l'*ergonomia*. Quest'ultima apporta il suo contributo all'HCI attraverso la determinazione dei vincoli nella

¹⁰ <http://isandtcolloq.gsfc.nasa.gov/>

¹¹ <http://sigchi.org/cdg/cdg2.html#C1>

progettazione dei sistemi, e suggerendo specifiche linee guida, e standard, da osservare in fase di progettazione.

I computer sono diventati strumenti utilizzati non solo da esperti, ma da una vasta gamma di utenti per scopi lavorativi, ludici ed educativi. Questo fenomeno ha indotto i progettisti a studiare sistemi computerizzati che si adattino ai diversi tipi di bisogni che un utente può avere. Perché un computer diventi un prodotto di consumo dovrebbe essere ben progettato, ma essendo impossibile giungere fino ad una progettazione personalizzata, orientata al singolo utente, si può comunque venire incontro ai bisogni e alle capacità di più classi di fruitori. In particolare si è cominciato a prestare attenzione allo sviluppo di sistemi che facilitino utenti con disabilità.

Gli obiettivi della HCI sono quelli di costruire sistemi computerizzati che siano utili, sicuri, usabili e funzionali. Nonostante che non esista una teoria generale e unificata della HCI, c'è comunque un principio fondamentale che la riguarda: le persone utilizzano il computer per svolgere dei compiti¹². Se il sistema mette in difficoltà l'utente nello svolgimento del suo compito, questo significa che non ha un buon grado di usabilità.

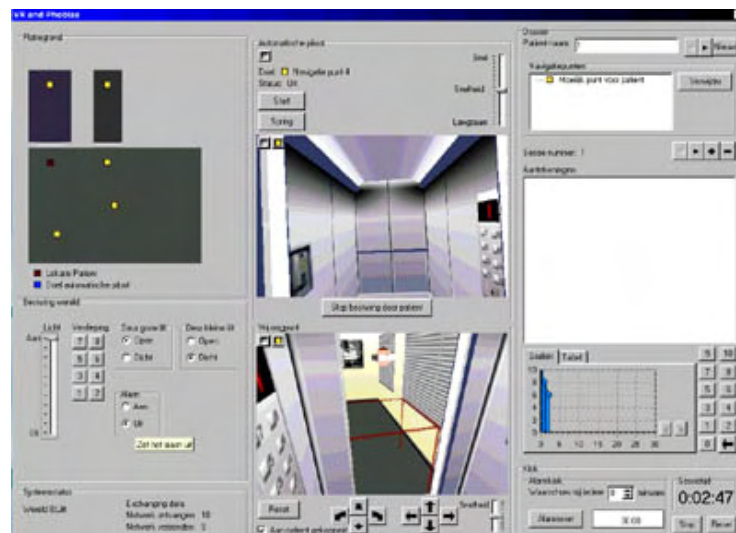


Figura 15 - Un esempio di interfaccia grafica di software HCI

¹² il termine deve essere interpretato in modo generico e non strettamente connesso al lavoro

6. Interfacce multimodali

Le interfacce multimodali hanno l'obiettivo di consentire una migliore comunicazione tra l'uomo e il computer, attraverso una sorta di antropomorfizzazione di quest'ultimo. Si parla di *multimodalità* quando un qualsiasi tipo di interazione coinvolge più di un canale percettivo (o input di comunicazione). L'esempio più evidente è senz'altro la comunicazione umana. Infatti, durante una conversazione vengono stimolati più sensi contemporaneamente: la vista, l'udito, il tatto ed anche l'olfatto. Una parte dello studio della multimodalità riguarda sistemi di intelligenza d'ambiente (*Smart Space*) che possono essere molto vicini alle problematiche della disabilità, tanto che merita evidenziarne le caratteristiche fondamentali:

Per quanto riguarda la percezione, si tratta della capacità di uno *Smart Space* di raccogliere e fondere dati provenienti da dispositivi di tipo multisensoriale. L'operazione di fusione dati permette al sistema di essere *context-aware*, cioè consente allo *Smart Space* di essere consapevole dell'identità e della posizione degli utenti, nonché dello stato degli oggetti che si trovano nel suo dominio di osservazione.

Per quanto riguarda la comunicazione, uno *Smart Space* deve essere in grado di comunicare con gli utenti tramite l'invio di messaggi personalizzati, inoltrati grazie all'utilizzo di più tipi di interfacce multimodali.

Conviene precisare che la *multimodalità* è usata specificatamente per riferirsi alle modalità di input dell'interazione, e che la *multimedialità* indica la presenza contemporanea di più meccanismi di output (audio, video etc.). Rimanendo nell'ambito della Human Computer Interaction, una possibile definizione di multimodalità è la seguente: *la comunicazione con sistemi di computer attraverso le modalità di input percettivi comunemente utilizzate dall'uomo per interagire con il mondo, quindi non più ristretta all'uso della tastiera o del mouse, ma estesa alla parola, ai gesti o alla scrittura (in questo caso non si intende la videoscrittura, ovvero mediata da una tastiera, ma la tradizionale scrittura manuale).*

L'utilizzo del computer necessita la conoscenza e la capacità di utilizzare una serie di strumenti sia hardware che software. Gli utenti più esperti spesso si stupiscono davanti ai neofiti che si trovano impacciati nel manovrare in modo coordinato uno strumento tanto comune come il mouse, o che non hanno idea di come si raggiungano, ad esempio, le informazioni sulla disponibilità di un volo senza

dover telefonare ad un'agenzia di viaggi. Chi da tempo utilizza un computer quasi non si rende più conto che per fare uso di tutti questi strumenti, occorre servirsi di un preciso standard di comunicazione tra utente e macchina, standard che è costituito sia da comandi inseriti in un linguaggio formale profondamente strutturato sia da azioni tipo "seleziona e rilascia" gestite dal mouse.

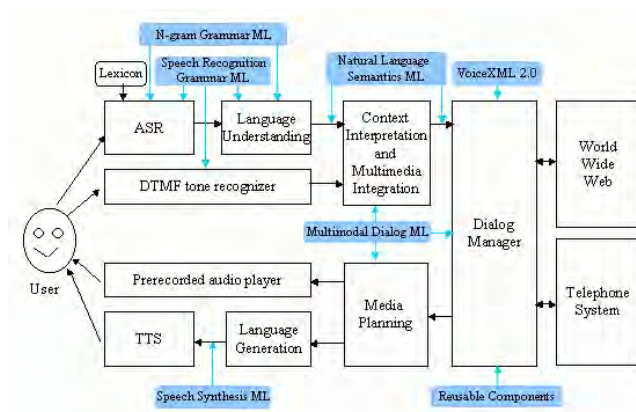


Figura 16 - W3C Speech Interface Framework¹³.

Attualmente¹⁴ queste modalità si sono molto evolute e continuano a perfezionarsi, non raggiungendo comunque i livelli del linguaggio naturale. Ciò non significa che sia necessario abbandonare totalmente gli attuali sistemi di interazione, anche perché studi in merito hanno evidenziato l'efficacia non solo del linguaggio sia scritto che parlato, ma anche delle indicazioni grafiche e delle selezioni via mouse che si effettuano direttamente sul video.

Se si potessero superare i limiti dell'attuale tecnologia, molti servizi diverrebbero molto più semplici da fruire e di conseguenza molto più attraenti per un pubblico più ampio. Ma a trarre vantaggi da un miglioramento della qualità dell'interazione fra uomo e macchina, non sarebbero soltanto le persone poco esperte, che riuscirebbero ad utilizzare il computer con più facilità: sarebbero soprattutto le persone con disabilità, che anche se conoscono molto bene gli standard attuali, hanno problemi di tipo fisico che impediscono loro di interagire

¹³ <http://www.w3.org/TR/2000/WD-voice-intro-20001204/>

¹⁴ Novembre 2005.

correttamente con il computer¹⁵. L'utilizzo del linguaggio naturale abbatterebbe questi ostacoli¹⁶: Infatti il riconoscimento vocale consente di dettare i testi dei documenti, anziché doverli comporre a tastiera, e di impartire i comandi necessari. Il riconoscimento vocale è utile per quanti non possono digitare, sia perché le mani sono occupate altrove sia perché affetti da disabilità, oppure perché non hanno ancora imparato a usare la tastiera.

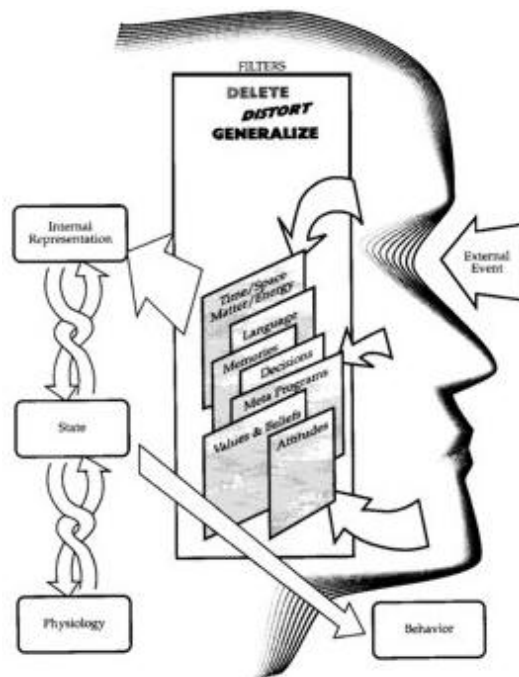


Figura 17 - Sistema multimodale umano

Inoltre il bisogno di multimodalità è accresciuto dalla tendenza attuale a miniaturizzare tutti i sistemi computerizzati (computer, palmari, telefoni cellulari etc.). Basti pensare alla tecnologia wireless, con schermi sempre più piccoli e più comodi da trasportare: la tastiera, il classico sistema di input, dovrà trovare un valido sostituto in grado di offrire le stesse funzioni in dimensioni molto ridotte.

Gli studi nel settore stanno procedendo con la consapevolezza

¹⁵ Naturalmente dipende dal tipo di disabilità.

¹⁶ Solo in parte e non per gli utenti che hanno una disabilità fonetica.

che alcune tecnologie saranno presto possibili, mentre altre potranno vedere la luce solo nel medio-lungo periodo. La ricerca mira a creare un ambiente intelligente: uno "spazio" in cui gli utenti potranno comunicare con reti e sistemi come se stessero parlando con altri esseri umani.

Per raggiungere un tale obiettivo, l'interfaccia tra l'utente e l'ambiente intelligente dovrebbe essere completamente trasparente e la comunicazione dovrebbe essere multimodale come quella tra esseri umani. Certi livelli potranno essere raggiunti solo quando il computer "avrà imparato" piuttosto bene il linguaggio dell'utente. Per questa ragione stanno proseguendo gli studi nel campo del riconoscimento vocale e nella comprensione del linguaggio. Sempre nel tentativo di "umanizzare" le interfacce, gli studi si stanno muovendo per renderle più facili e piacevoli da usare, venendo incontro alla nostra capacità di parlare, di provare emozioni e di riconoscere i volti delle persone.

La sfida, per quanto difficile, non sembra impossibile, ma uno tra i problemi tecnici emergenti nell'interazione con un sistema multimodale, è relativo alla combinazione di differenti tipi di dati che sono originati da distinte tecniche di interazione. Di conseguenza si pone il problema della sincronizzazione dei dati interagenti.

Bibliografia

[1] Maragliano Roberto, *Manuale di didattica multimediale*, Laterza, Roma-Bari 1994 (il passo citato è tratto da p. 43).

Bibliografia consigliata

Albano A., *Basi di dati, strutture e algoritmi.*, Addison-Wesley Italia, Milano 1992.

Aldred Barry, *Desktop Conferencing*, McGraw-Hill. New York 1995.

Black U., *Internet Architecture: An Introduction to IP Protocols*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, (NJ) 2000

Blank A. G., *TCP/IP Jumpstart: Internet Protocol Basics*, Sybex 2002.

Digitag DVB-H Handbook, scaricabile dal sito <http://www.digitag.org/>
ETSI EN 302 304 V1.1.1 (2004-11), *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)*, scaricabile dal sito <http://www.etsi.org/>

Fabris F., *Teoria dell'informazione, codici, cifrari*, Bollati Boringhieri, Torino 2001.

Goodman R. M. e P. McGrath, *Editing Digital Video. The Complete Creative and*

- Technical Guide*, McGraw Hill, New York 2003.
- Marangoni R. M.Geddo, *Le immagini digitali*, [Hoepli](#), Milano 2000.
- Nielsen J., *Multimedia and Hypertext: The Internet and Beyond*, AP Professional, Boston (MA) 1994.
- Patterson David A., John L. Hennessey, *Computer organization & design, hardware / software interface*, Ed. Kaufmann Morgan Publishers, Los Angeles (CA).
- Perlman R., *Interconnections: Bridges, Routers, Switches and Internetworking Protocols*, Addison Wesley, New York 1999.
- Tanenbaum Andrew S.; *Progettazione e Sviluppo dei Sistemi Operativi*, Utet 1997.
- Trojani A., *Informatica e Multimedialità*, Le Lettere, Firenze 2006.
- Trojani A., *HMultimedia*, ETS, Pisa 2007.

Alessandro Trojani
Università di Firenze

Il mangiare: natura e cultura

1. Idee

Le idee, com'è noto, nascono dalla vita, ma finiscono per distaccarsi da essa. Acquistano una loro propria e autonoma esistenza. Crescono su se stesse, si moltiplicano generando altre idee, si diffondono a volte con grande velocità (come accade in una epidemia), a volte molto lentamente, alternando periodi di stasi ad improvvise accelerazioni. Difficilmente si estinguono senza lasciare tracce. Sono soggette a mutazioni e si inseriscono nei processi evolutivi della cultura. Le idee hanno una loro forza: diventano modi di pensare, generano comportamenti. Attraverso processi a volte molto lineari, a volte estremamente complicati, incidono sulla vita e sul destino dei singoli, li orientano e li modificano. Dapprima nuove o addirittura "eversive", molte idee diventano, con il trascorrere del tempo, senso comune. Si trasformano anche in *luoghi comuni*, che, come tali, non vengono più discussi, ma pacificamente accettati e, con grande, quasi incredibile monotonia, instancabilmente ripetuti.

Il conformismo delle idee - quando sono diventate luoghi comuni - ha una vischiosità che è paragonabile a quella presente nelle istituzioni (e nella burocrazia, che è la più vischiosa delle istituzioni). Le argomentazioni che si contrappongono alle idee di moda non vengono prese in considerazione. Sono respinte con un moto di fastidio. È già pronta un'etichetta negativa o offensiva per chi si discosti dai luoghi comuni prevalenti in una società o in un gruppo sociale. L'appartenenza delle idee al settore delle idee "progressive" o al settore dei cosiddetti "luoghi comuni" non è stabilita apriori né dalla forma delle idee, né, tanto meno, dal loro contenuto. Non è pertanto affatto escluso che, prima di diventare luoghi comuni, determinate idee abbiano esercitato una funzione storicamente progressiva.

2. *Natura*

Il termine *natura* (per chi ama i giochi di parole) non è un genere naturale, ma è un genere culturale. Vale a dire: denota un oggetto non facilmente determinabile. Parliamo di *studio della natura* e intendiamo un complesso di fenomeni ordinati, una realtà entro la quale operano leggi; di *difesa della natura* e facciamo riferimento all'ambiente modificato dagli esseri umani; di *natura creatrice* e facciamo uso di una sorta di personificazione come se pensassimo a una dea benefica (o malefica). Ma parliamo anche di natura feroce delle tigri, di un uomo generoso per natura, o di una persona di natura contemplativa. Qui facciamo riferimento a qualcosa di innato, di istintivo, di non-culturale. Qui natura sembra decisamente contrapporsi a cultura. Le oscillazioni sono paurosamente ampie: usiamo il termine natura come eufemismo per gli organi genitali (soprattutto femminili) e parliamo di natura morta per riferirci a un genere pittorico. *Naturale*, nel Rigutini Fanfani sta anche per abitante originario di un paese: come nell'espressione, che oggi nessuno userebbe, "i naturali dell'Egitto". Se passiamo dal dizionario di Tullio de Mauro a un dizionario di filosofia, le cose si complicano ulteriormente. Nicola Abbagnano distingue quattro concetti. La natura come principio di vita e di movimento (Aristotele definisce la natura come «la sostanza delle cose che hanno il principio di movimento in se stesse»); la natura come ordine e necessità con la connessa idea di una legge naturale; la natura come spirito diminuito o imperfetto, come mondo della esteriorità, della accidentalità, del meccanismo; la natura come campo delle tecniche percettive e di osservazione delle quali dispone il sapere. *L'Oxford companion to philosophy* dice cose abbastanza diverse. Natura ha tre significati: rimanda all'universo e ai suoi contenuti; rimanda al mondo del vivente (passato e presente) in quanto opposto al non-vivente; rinvia a ciò che è indipendente dall'attività degli esseri umani. Il *Cambridge dictionary of philosophy* ha le voci naturalismo, legge naturale, epistemologia naturalistica, filosofia naturale, religione naturale, ma (non mi è chiaro il perché) ha considerato filosoficamente superflua la voce *Natura*. Nella *Filosofia* della Garzanti la trattazione comprende tre paragrafi: natura e ordine del mondo; natura come macchina e i rapporti fra natura, spirito e storia.

Non ha alcun senso procedere per questa strada. Dietro le scelte degli autori delle voci dei dizionari sta una sterminata letteratura che inizia nella Grecia arcaica e continua, con immutato fervore, in questi

nostri giorni. Quel termine (come moltissimi altri) è inoltre quasi sempre carico di significati emotivi. Rigore e precisione (ma anche su questo non proprio tutti sono d'accordo) appartengono al mondo della matematica e della logica simbolica. Sulle cose davvero importanti per tutti e per ciascuno (vita, amore, morte, progresso, decadenza, valori) abbiamo tutti idee abbastanza confuse e (con grande dispiacere dei roditori accademici e dei pianificatori in politica) disponiamo di definizioni approssimative o, bene che vada, discutibili. Le visioni generali del mondo entro le quali si collocano i concetti o le idee sono attraversate da un pathos metafisico, da tonalità religiose, oltre che da motivazioni psicologiche inconscie.

Una larga parte della nozione comune o corrente di natura è infatti ancora oggi, come era alle origini, il risultato di proiezioni antropomorfe, è intessuta di miti, è legata a istinti e impulsi non razionali. La natura continuerà di volta in volta ad apparirci come una benefica forza creatrice, come una continua e meravigliosa invenzione di forme e *insieme* come una energia pericolosa, capace di produrre il male, priva di pietà, continuamente in procinto di annientarci e di suscitare i demoni della distruzione. È molto probabile che nessuna filosofia potrà davvero sradicare dalle menti quella antica e profonda ambivalenza che trovò espressione nel grande poema di Lucrezio che inizia con un inno a Venere, con il quadro della primavera e dell'aperta luce del cielo, con il moltiplicarsi della vita e termina con il fiato di morte della peste che stermina le mandrie, copre di piaghe le membra degli uomini, li fa cadere a mucchi in preda al contagio, rende deserte le loro case e spinge i superstiti a lottare selvaggiamente fra loro.

3. Mangiare

Quando uscì, nel 1964, *Il crudo e il cotto* di Claude Lévi-Strauss gli studiosi della mia generazione (oggi ottantenni) si resero conto non solo del fatto che le cosiddette qualità sensibili – per esempio crudo e cotto o fresco e putrido – hanno una loro logica e una loro storia, ma anche del fatto che quello del cibo e dalla preparazione del cibo è un elemento non marginale e non irrilevante, che quelle alternative hanno a che fare con il mangiare in comune o mangiare in solitudine, con il passaggio dalla natura alla cultura e con il mondo dei sistemi simbolici. I modi di nutrirsi sono in grado di dire qualcosa di importante non solo sui modi di vita, ma anche sulla struttura di una società e sulle regole

che consentono ad essa di persistere e di sfidare il tempo.

Negli anni Ottanta e Novanta giunsero i libri, brillanti e intelligenti, di Piero Camporesi professore di letteratura italiana all'Università di Bologna che è stato il maggior studioso di rapporti tra miti popolari, letteratura ed alimentazione: *Il pane selvaggio, Il paese della fame, La terra e la luna, Le officine dei sensi*. In ognuno di questi libri, la storia dell'alimentazione e la corrispondente storia della fame si intrecciavano con la letteratura alta e con quella popolare, con il folklore e la cultura contadina, entravano a far parte di una storia delle idee che utilizzava miti e narrazioni trasmesse oralmente, faceva riferimento alla cuccagna e al carnevale, all'abbuffata che immancabilmente seguiva i periodi di una disperata ed estenuante e cronica fame. Vagabondi, mendicanti, contadini poveri uscivano dal mondo dell'oblio e diventavano i protagonisti di una storia che utilizzava spregiudicatamente (come voleva Giambattista Vico) i materiali più vari. La storia delle idee e delle mentalità diventava una parente stretta dell'antropologia culturale.

Come molti – da gran tempo - hanno sottolineato, il dissetarsi e lo sfamarsi degli appartenenti alla specie umana è infatti solo in apparenza "naturale". È invece, in ogni caso, indelebilmente connesso all'artificialità delle tecniche del cucinare, agli strumenti per cuocere e per mangiare, alle cerimonie e ai riti nei quali uomini e donne (ma a volte solo uomini, con rigida esclusione delle donne che hanno cucinato e imbandito) si raccolgono attorno a un luogo dove è imbandita una mensa. Il cibo non viene solo ingerito. Prima di entrare nella bocca, viene progettato e dettagliatamente pensato. Acquista quella che viene comunemente chiamata una valenza simbolica. La preparazione del cibo segna dunque un centrale momento di passaggio dalla natura alla cultura. La preparazione del cibo, come ha mostrato Claude Fischler, [11], diventa anche un modo per esorcizzare la sempre presente potenziale pericolosità di ciò che stiamo per introdurre, attraverso la bocca, nel nostro corpo. Il rapporto fra nutrimento e contaminazione può apparire, da questo punto di vista, davvero ambiguo e complicato.

L'espressione *Maccheroni* (soprattutto in Francia e negli Stati Uniti) veniva un tempo impiegata per designare spregiativamente gli Italiani. L'idea che *gli altri* mangino cose strane o disgustose era (e in certe zone del mondo è tuttora) largamente diffusa. L'accusa di cannibalismo, fra Cinquecento e Settecento, è stata rivolta a molte popolazioni che non hanno mai coltivato questa discutibile pratica. C'è chi ha insistito (P. Bourdieu, [6], P. Scholliers, [28], C. M. Counihan, [8]) sull'alimentazione come mezzo per sottolineare le differenze fra culture e fra classi sociali,

come modi di rafforzare una propria identità culturale. Ma è anche vero che, all'interno della nostra civiltà, l'alimentazione e la curiosità per modi di cibarsi molto differenti da nostri sono uno dei mezzi più largamente impiegati per stabilire contatti fra culture diverse, per rimescolare le abitudini, i modi di vita, le civiltà. In Italia, davvero non sono pochi coloro che alternano agli spaghetti i piatti delle cucine cinesi, giapponesi, indiane, pakistane.

Nel libro *Antropologia e simbolismo*, [10], Mary Douglas ha sottoposto ad una raffinata analisi i modi di cucinare, disporre e presentare i piatti in un pranzo preparato da massaie inglesi. Ha tentato di individuare una mappa che contenga l'insieme delle combinazioni e ne individui la logica nascosta. Jack Goody si è invece particolarmente interessato ai modi di trasmissione della cultura culinaria e sulla distinzione di gusti come mezzo per rivendicare un particolare status sociale o una determinata identità etnica, [14]. È comunque indubbio – su questo quasi tutti sono d'accordo – che la preparazione del cibo è una mediazione fra natura e cultura. Tuttavia, dietro l'artificialità, preme spesso la natura. Che si fa evidente e mostra la sua forza quando scarseggia il cibo e lo sfamarsi diventa una drammatica necessità e i riti e le abitudini vengono accantonate e "ci si getta" sul cibo, senza più traccia di quella cautela (un lento avvicinarsi, un annusare) che sembra connesso a molte forme di vita e che è comunque presente anche nel mondo animale. Nel nostro mondo moderno – tutti lo sappiamo e ci limitiamo spesso a non pensarci – ci sono ampie zone della Terra nelle quali la fame è una malattia cronica, che toglie speranze di vita e conduce all'inedia e alla morte.

Al moltiplicarsi dei punti di vista e all'ampliamento degli orizzonti hanno contribuito anche gli studi di storia delle religioni. Sulla vita delle sante, sul loro digiunare e sul loro rifiuto del cibo come penitenza esiste ormai una abbondante letteratura (per es. R. M. Bell, cfr. [4]). La discussione, com'è ovvio, ha anche investito il rapporto cibo/digiuno nella tradizione cristiana. In un numero dedicato al cibo dalla rivista "Micromega", [2] e [3], Adriana Zarri, scrittrice e teologa, ha manifestato il suo imbarazzo per la netta prevalenza nei testi e nei dizionari di discorsi sul digiuno e sulla quasi inesistenza di una letteratura religiosa sul cibo, [34]. Zarri considera una fortuna il fatto che il Concilio di Trento non si sia occupato del cibo, perché altrimenti «avrebbe forse definito il prevalere del digiuno sulla convivialità». Di quest'ultima Zarri teorizza nettamente la prevalenza affermando che la scarsa fortuna del cibo e del sesso nella tradizione cristiana è legata

a quella «*theologia crucis* che ha avuto tanta (troppa) fortuna» e che è stata insistentemente predicata dalla Chiesa cattolica fino a dar luogo ad un «esasperato *dolorismo* di cui il digiuno della mensa e del letto rappresenta un significativo capitolo».

Confesso di essere rimasto un po' stupito dal fatto che Adriana Zarri parli, in questo contesto, di «una nostra ombrosa e ossessiva pudicizia». *Nostra* di chi? Delle suore di clausura? Di noi contemporanei? Degli Italiani? Viene da chiedersi: l'autrice, impegnata in nobili faccende teologiche, non apre mai la televisione? Non si è accorta mai della totale mercificazione del corpo delle donne e degli uomini che viene inflitta a milioni di spettatori? Non si è accorta mai che anche giornalisti di formazione dichiaratamente laica, che amano e usano un linguaggio sobrio e misurato, hanno fatto ricorso alla poco scientifica e poco sociologica nozione di «orgia di culi e tette» facendo esplicito riferimento all'attuale, quasi spasmodica invasione del sesso nella televisione italiana? Filosofi e teologi sono davvero capaci di tutto: «una ombrosa e ossessiva pudicizia»?

Non sono certo in grado di giudicare se il *piacerismo* o *piacevolismo* di Adriana Zarri (come altrimenti chiamare il contrario del *dolorismo*?) intrattenga o meno rapporti con la tradizione cristiana. Mi pare invece molto interessante che, nel 2004, a riassumere un intervento intitolato *Cibo e cristianesimo* si possa trovare scritto (subito sotto il titolo) quanto segue: «I vangeli insegnano: Cristo ha voluto farsi presente tra noi attraverso il cibo e il cibarsi, ha moltiplicato pani e pesci preoccupato dell'appetito della gente. Eppure testi e trattati di teologia mistica abbondano di discorsi sul digiuno e poco si occupano della dimensione festosa delle mense. Perché?». Il farsi presente di Cristo attraverso il cibo avrebbe principalmente a che fare con banchetti più o meno lauti e con posti di ristoro? Oppure, il cibarsi e il mangiare hanno invece qualcosa a che fare con un punto centrale e decisivo della teologia cristiana? Personalmente mi considero cristiano solo nel senso che dava a quell'espressione Benedetto Croce quando affermava che noi occidentali non possiamo non dirci cristiani. Eppure ho letto quasi con sollievo, nel testo di una *Notificazione su alcune pubblicazioni del Prof. Dr. Reinhard Meßner* emessa il 30 novembre 2000 dalla Congregazione per la Dottrina della Fede e firmata dall'allora Prefetto della medesima (e attuale Pontefice) Joseph Ratzinger, le righe che qui seguono: «Non è quindi sufficiente supporre che Cristo nel cenacolo - come continuazione della sua comunione di mensa - abbia compiuto una azione conviviale simbolica analoga con prospettiva escatologica. È fede della Chiesa che

Cristo nell'ultima cena ha offerto il suo corpo ed il suo sangue - se stesso - a suo Padre e ha dato se stesso da mangiare ai suoi discepoli sotto i segni del pane e del vino» [25].

Dare se stesso da mangiare ai propri discepoli sotto i segni del pane e del vino. Tra natura e cultura, nella civiltà della quale siamo figli, il *cibo* e il *mangiare* occupano indubbiamente un posto particolare.

4. Presenza ossessiva

Negli ultimi decenni - e per ragioni che non hanno a che fare sia con gli studi di storia e di antropologia sia con la teologia - il problema del cibo, dell'alimentazione, dei modi dell'alimentazione è come esplosivo. Ha dato vita ad una montagna di pagine, articoli, studi, interviste, convegni, congressi, trasmissioni radiofoniche e televisive, riflessioni di dilettanti e di specialisti. Sul tema sono intervenuti tuttologi e filosofi (i due gruppi tendono a fondersi), giornalisti e sindacalisti, politici e aspiranti tali, cronisti e pubblicisti, teologi e medici, cultori di medicine alternative e seguaci del *no-global*, romanzieri e dilettanti. Se uno cerca su Internet *food diet* passando per Google trova sedici milioni e trecentomila pagine (in inglese, tedesco, francese, italiano) dedicate alle diete. Se si cerca soltanto sulle pagine in italiano (indicando le tre parole *cibo*, *alimentazione*, *diete* si trovano trentasettemilaseicento pagine). Esiste, nelle trasmissioni televisive italiane, un canale satellitare specificamente culinario denominato "Gambero Rosso". Innumerevoli sono i periodici che hanno una rubrica dedicata alla cucina. Il linguaggio degli esperti, già paragonabile a quello della critica letteraria nel caso dei vini, ha raggiunto, anche nel caso dell'olio di oliva, livelli davvero non comuni di raffinatezza e sofisticazione. Come risulta dal seguente esempio scelto a caso: «Alla vista di un bel colore giallo dorato intenso con riflessi verdi, limpido. Al naso si offre complesso e fine, dotato di ampie note vegetali di erbe falciate, carciofo ed eleganti sentori di menta e rosmarino in chiusura. Al gusto è intenso e pieno, complesso e avvolgente, caratterizzato da ricche note di pomodoro acerbo e mandorla dolce. Amaro e piccante decisi e ben dosati. Per saperne di più sulla tecnica di degustazione dell'olio clicca qui». Lo confesso: non aver avuto il coraggio di cliccare.

Sempre più di frequente, accendendo il televisore ci troviamo di fronte ad un cuoco (o ad una cuoca) che parla e spiega e guida e ammaestra ed erudisce con una presunzione molto maggiore di quella

che è generalmente attribuita ai premi Nobel. Il numero di cartelloni e degli spot pubblicitari che ci suggeriscono cosa mangiare e che cosa bere è straordinariamente alto, pari solo al numero dei cartelloni e degli spot che ci insegnano come mantenerci puliti e come non puzzare. È sempre più difficile andare a mangiare in un ristorante senza dover ascoltare ad ogni portata (dopo una perentoria richiesta di interruzione della conversazione tra i commensali) una specie di lezione su come i piatti sono stati cucinati e su cosa – al di là di come esteriormente *appaiono* – veramente ed essenzialmente *sono*. La kantiana distinzione tra fenomeno e noumeno è diventata parte costitutiva del fiume di discorsi sofisticati e lievemente presuntuosi che hanno sostituito la prosa limpida e modesta che si leggeva un tempo (in un ottimo italiano) nel libro dell'Artusi.

Come sono da collocare gli scenari di questo tipo di fronte ai problemi non solo seri, ma addirittura drammatici che riguardano gli eccessi di consumo alimentare che caratterizzano le zone ricche del mondo contemporaneo? Come ha sottolineato Emanuele Djalma Vitali, [9], in Italia i soggetti in sovrappeso sarebbero circa 18 milioni e in altri paesi (Germania, Usa, ecc.) il fenomeno è di gran lunga più diffuso (sia in assoluto sia in percentuale). Il piacere di mangiare tende ad attenuare la consapevolezza che il sovrappeso è indubbiamente una concausa nelle patologie arteriosclerotiche e cardiovascolari e nel diabete che sopravviene in età matura.

Alessandra Guigoni, che all'antropologia dell'alimentazione ha dato contributi significativi, ha distinto con grande chiarezza i diversi atteggiamenti che caratterizzano la situazione degli ultimi decenni, [16] e [17]. Ha distinto quattro filoni, variamente intrecciati o in opposizione tra loro: 1) il filone della "genuinità", «al quale aderiscono i fautori dei prodotti regionali genuini, delle pietanze tradizionali e caratteristiche, movimento che fa presa sia nelle grandi città, tra le persone di classe media e alta, stufi di paté e tartine della nouvelle cuisine, sia nei piccoli centri agricoli, dove si va fieri della pasta e del formaggio locale»; 2) il filone dell'"etnico", o degli amanti delle cucine etniche concentrati nelle città, al quale cui aderiscono soprattutto i giovani e gli intellettuali, «pronti a mescolare spaghetti e salsa chili, burritos e parmigiana della mamma»; 3) i sostenitori di McDonald's e dintorni, il cosiddetto filone "fast food" «trasversale ad ogni età e strato sociale, visto che da McDonalds si incontrano liceali, operai, piccoli industriali e manager, gomito a gomito»; 4) il filone dei «sostenitori del macrobiotico, biologico e dell'agricoltura biodinamica, con i loro fieri oppositori, anche politici, che potremmo

denominare *biologico vs biotech*».

Guigoni ha probabilmente ragione nel ritenere l'alimentazione sarà, nel terzo millennio, uno dei grandi scenari dell'antropologia. Ai non specialisti, agli uomini della strada, forse anche agli storici della "lunga durata" nonché agli storici delle idee (che amano sottolineare anche i "moti pendolari" presenti nella storia) resta tuttavia una impressione: quella che nel nostro mondo – dove c'è cibo in abbondanza – il mangiare sia – paradossalmente - diventato qualcosa di molto simile ad una ossessione.

5. Primitivismo

Alle origini della storia umana, scrisse alla metà del Seicento il filosofo inglese Thomas Hobbes, «domina un continuo timore e il pericolo di una morte violenta e la vita dell'uomo è solitaria, povera, lurida, brutale e corta». In queste condizioni, così efficacemente descritte, vivono (o meglio sopravvivono) ancora oggi moltissimi esseri umani. Ci sono tuttavia ristrette zone del mondo attuale nelle quali la vita è diventata lunga, la morte violenta è diventata rara e ci si pone seriamente il problema di consumare meno smettendo di circondarci di una moltitudine di oggetti superflui. In queste zone del mondo ci sono persone che si guadagnano una vita di benessere insegnando ai loro concittadini a mangiare poco. Può sembrare davvero molto strano, ma proprio in queste zone della Terra è riemerso con una forza straordinaria l'antico tema della condanna dell'impresa umana volta al controllo della natura. È come se nel mondo del benessere fosse presente una nascosta forma di nostalgia per il mondo del malessere. Si esalta il "naturale", si esprime da più parti una sorta di nostalgia per l'ipotetica, invidiabile vita innocente e serena di "primitivi" che nella realtà vivono molto duramente, soffrono molto, muoiono molto giovani e vedono morire molti dei loro figli.

Il rimpianto per i tempi felici che non ritornano, l'elogio di un passato migliore del presente si annidano in ogni angolo della cultura e nell'animo di ciascuno di noi. Hanno a che fare con la nostalgia per l'infanzia come luogo dell'innocenza e della salvezza, con l'idea che ci sia stato un tempo in cui gli uomini vivevano più serenamente di noi, con pochi problemi (meno gravi e drammatici di quelli che ci affliggono), in una felice "società organica". Pier Paolo Pasolini - [22], [23], [24] - pensava che, abolendo la scuola dell'obbligo e la televisione, la gente del Quarticciolo «sarebbe aiutata a ritrovare un proprio modello

di vita». Nella cultura «vergine» del sottoproletariato romano il lavoro avrebbe assunto «un altro senso tendendo [...] a unificare il tenore di vita con la vita». Come quello di ogni primitivista che si rispetti, il discorso di Pasolini era fondato su un rifiuto indiscriminato del presente, ma riguardava, insieme, il futuro e il passato. Gli Italiani – scriveva - sono diventati «un popolo degenerato, ridicolo, mostruoso, criminale». Al di là di questo presente, l'avvenire si configura come un ritorno a un'innocenza che è prima del peccato. La civiltà moderna è tutta dominata da una sola *idea falsa* (quella del benessere) ed è una totalità inarticolata. Si configura come una colpa dalla quale è necessario farsi perdonare, dalla quale ci si può liberare solo riconquistando - attraverso miseria e sofferenza - la perduta innocenza di un'infanzia che era libera da mali e intatta da colpe. Il futuro post-industriale di Ivan Illich nel quale dominerebbero le *idee vere* della felicità e della convivialità si configura per Pasolini come «l'unica possibile alternativa alla fine del mondo» «Se vogliamo andare avanti, - scrisse su "Paese Sera" nel 1974 - bisogna che piangiamo il tempo che non può più tornare [...] . Non basta rifiutare il modello di sviluppo [deciso dal capitalismo], bisogna rifiutare lo sviluppo [...]. Grazie a Dio si può tornare indietro». Sulle rovine della società di massa e del consumismo, quando «le piccole fabbriche, sul più bello [...] crolleranno un poco per sera», quando «lo zoccolo del cavallo toccherà - la terra leggero come una farfalla - e ricorderà ciò che è stato - in silenzio il mondo», si insedierà un mondo buono e pulito e innocente. Si rivedranno «calzoni coi rattoppi - tramonti rossi su borghi vuoti di motori - e pieni di giovani straccioni - tornati da Torino e dalla Germania [...]. Di notte si sentiranno solo i grilli e forse, forse qualche giovane [...] tirerà fuori un mandolino».

Pasolini è un autore che si collocava a Sinistra. Alla sua opera si sono però richiamati, rivendicandone l'eredità, anche esponenti della Destra. Una delle analisi del frequente, mutuo scambio che si verifica fra le fedi progressiste e le angosce apocalittiche (che sono spesso alla base del primitivismo) è stata condotta dal filosofo tedesco Odo Marquard in un saggio che risale al 1984, [21]. Gli «esoneri» ovvero i vantaggi che la cultura concede all' uomo - scrive Marquard richiamandosi ad alcune pagine di A. Gehlen, [13] - dapprima vengono accolti con favore, successivamente diventano ovvii, in ultimo, si scorge in loro il nemico. Alla fase del lavoro entusiasta segue quella del consumo indifferente, che è a sua volta seguita dall'angoscia e dal sistematico rifiuto di ciò che un tempo era stato considerato una importante conquista. In questa fase terminale «quante più sono le malattie che

la medicina vince, tanto più forte diventa la tendenza a dichiarare malattia la medicina stessa; quanti più sono i vantaggi che la chimica porta alla vita dell' uomo, tanto più essa viene sospettata di avere lo scopo esclusivo di avvelenare l'umanità». Proprio «la liberazione dalle minacce fa diventare minaccioso ciò che libera». Forse non esiste affatto - come vorrebbe Marquard - «una legge di conservazione del bisogno di negatività», ma è tuttavia difficile (anche ripensando alla storia recente) non accettare come del tutto realistica la parte centrale della sua descrizione: «quanto più la democrazia parlamentare risparmia agli uomini violenza e repressione, tanto più alla leggera la si qualifica come repressiva; quanto più il diritto prende il posto della violenza, tanto più alla fine il diritto viene considerato come violenza, magari *strutturale*; insomma quanto più la cultura toglie l' ostilità del reale, tanto più è la cultura stessa ad essere considerata il nemico».

Nel 1865, in Italia, morivano, nel primo anno di vita, 230 bambini ogni mille nati vivi. All'inizio del Novecento, sempre in Italia, 168 bambini ogni mille. Alla metà degli anni Trenta ne morivano cento. Nel 1975, il calo della mortalità è spettacoloso: venti virgola cinque. Nel 2000 si passa a quattro virgola tre ogni mille. L'Italia è un paese dalle forti, inaccettabili differenze fra Nord e Sud, ma se è vero che la mortalità infantile è l'unico, accettabile criterio per misurare la civiltà di un paese, siamo un paese civile. Ma le differenze all'interno del mondo sono enormi. In Sierra Leone, un bambino su quattro non raggiunge i cinque anni. Su mille nati vivi, ogni anno, in quel paese, muoiono 284 bambini. L'autoequilibrio della natura - del quale capita oggi di sentir parlare in termini elogiativi - implica, in primo luogo, l'eliminazione degli individui meno adatti a sopravvivere in un determinato ambiente. Come sapeva già Darwin, la natura appare una madre assai generosa nel distribuire la vita, ma assai avara nel fornire agli esseri viventi i mezzi per mantenerla. La specie umana non lascia che la selezione naturale agisca in ogni caso come un setaccio e non accetta il suo "vaglio spietato". Cerca di porre limiti alla spontaneità della selezione naturale e pone ad essa una serie di ostacoli: vaccinazioni, camere di rianimazione, antibiotici, cortisone, medicina preventiva. Gli uomini si uccidono molto frequentemente fra loro (ed hanno in questo un triste primato fra le varie specie animali), ma anche si ostinano spesso a salvare gli individui deboli (che sarebbero condannati "dalla natura" a morire) o che non si adattano spontaneamente all'ambiente. Ciò avviene, in molti casi, attraverso la creazione di ambienti artificiali come un'incubatrice per neonati che sostituisce l'ambiente naturale.

I miti del primitivismo non tengono in alcun conto le sofferenze che costa la pura e semplice lotta per la sopravvivenza in un ambiente ostile. Non tengono conto del fatto che la natura (sempre e comunque presentata come una *realtà da difendere*) non è né vergine né intatta, ma è essa stessa il risultato della presenza umana sulla Terra. Oggi la Natura sembra ridiventata una divinità e l'immagine dell'uomo per essenza peccatore sembra aver riacquisito nuova forza. Ma i valori della democrazia, ai quali si richiamano, oggi in Occidente, molti fra i primitivisti, non sono affatto *naturali*. La maggior parte degli uomini, nella maggior parte della storia, hanno convissuto e convivono con il timore, il terrore, la tortura, la violenza. Libertà di parola, eguaglianza, assenza di gerarchie rigide, accettazione di regole per la convivenza, rispetto per le minoranze e per gli individui singoli, affermazione dei diritti dei più deboli e dei disabili non appartengono per nulla al mondo della natura, ma solo ed esclusivamente a quello della cultura. È davvero difficile pensare che il diritto di beccata in vigore fra le galline, o la territorialità dei cinghiali o la rigida gerarchia di una società di macachi siano anch'essi espressione dell'armonia, dell'innocenza e della purezza di una Madre Natura buona e generosa che dovremmo assumere come modello per la nostra vita umana.

6. Un tempo, il cibo era genuino?

Anche relativamente al cibo e all'alimentazione sono emerse con forza posizioni di tipo primitivistico. Si sente spesso ripetere che un tempo si mangiava "naturale", che per i nostri nonni e bisnonni il cibo era "genuino" e "gustoso". I luoghi comuni dovrebbero crollare di fronte ai dati e alle serie ricerche. Invece resistono impavidamente. A forza di essere ripetuti diventano delle verità. Se accanto ai libri di Camporesi, si leggono anche quelli, assai ben documentati, di Paolo Sorcinelli, cfr. [30, 31, 32, 33], quei luoghi comuni si sciolgono come neve al sole. Ancora alla fine Ottocento – come Sorcinelli ha mostrato nel libro intitolato *Gli italiani e il cibo. Dalla polenta ai cracker*, è presente in Italia un cronico e stretto legame tra malattia e sottoalimentazione. Nel nostro passato, la insufficienza di cibo era la norma e le carestie erano sempre in agguato. Una gelata eccezionale, una forte grandinata, una prolungata siccità bastavano a trasformare quella cronica insufficienza in una vera e propria, drammatica carestia: «Ogni anno era buono per essere definito, tristemente, *anno della fame*. In quel contesto era naturale

che si mangiasse di tutto, anche quello che da mangiare, proprio non era». Lo scorbuto, la dissenteria, il tifo petecchiale, il colera erano le forme patologiche più diffuse che aggredivano individui che vivevano in condizioni di cronica sottanutrizione e di forte insufficienza vitaminica.

Quella che chiamiamo oggi «sostituzione alimentare», e che la maggioranza dei consumatori attribuisce solo al presente, è stata una pratica all'ordine del giorno quando si consumavano cibi mal conservati o andati a male. Nei primi decenni del Novecento era ancora diffusa la pellagra che dipendeva dalla quasi esclusiva alimentazione a base di polenta di mais, poverissima di proteine e di vitamine. Carne, pesce, latticini erano alimenti introvabili per moltissimi italiani. La descrizione di che cosa venne mangiato dai Napoletani durante il colera del 1836 è tale da sfidare lo stomaco di molti. Alla fine dell'Ottocento, come Sorcinelli ha accuratamente documentato, la frode alimentare era oltremodo diffusa: si va dal vino fabbricato senza uva, al formaggio che non conteneva una goccia di latte. Al caffè veniva aggiunta la cicoria, al pepe la spazzatura, allo zucchero la polvere di marmo, alla farina il gesso, allo zafferano l'ocra carmine, al pane il solfato di calce e le ossa macinate (che conferivano maggiore bianchezza). Perfino le patate troppo vecchie «venivano umettate, pulite, spazzolate con cura e in questa nuova toilette facevano la loro apparizione sui mercati».

Anche in un'altra, più breve, storia dell'alimentazione, Sorcinelli ricorda cose essenziali: «Nel 1817, quando il tifo petecchiale interessò gran parte dell'Italia centrale, l'epidemia si innescò su una situazione alimentare a livelli ormai insostenibili: a Perugia si parlava di "morti di fame per le vie interne ed esterne della città"; a Roma le cronache riferivano che "il minuto popolo cibasi di pane impuro e non ben fermentato, di lupini, di radici del solano tuberoso, di crudi e duri erbaggi"; nelle zone di montagna delle Marche mancavano perfino le ghiande da trasformare in farina. In questo contesto si manifestarono le "febbri catarrali e gastriche" e quindi il tifo petecchiale, ma in molti casi i rapporti che provenivano dalle periferie non riuscivano nemmeno a distinguere tra stati patologici veri e propri e conseguenze della iponutrizione (...) Il panorama sanitario, già precario per la carenza "di proteine e di altri elementi specifici", che si traduceva "in livelli di sottoalimentazione estremi" e favorevoli a una lunga serie di malattie infettive, si arricchì in effetti durante il XIX secolo di pellagrosi (83.600 decessi ufficiali avvenuti fra il 1887 e il 1910 e all'incirca in altri 20.000 fra il 1910 e il 1940) che, a causa della polenta scondita, alla

fine dell'inverno (il periodo in cui si mangiava peggio) ingrossavano le fila della popolazione dei manicomi per disturbi nervosi e psicosi riconducibili in massima parte alla carenza di vitamina B12».

I ragazzi di oggi, anche quelli nati in una famiglia contadina, non hanno la più vaga idea di quali fossero le condizioni di vita di un tempo: «il 40 per cento dei giovani italiani misurati e visitati per il servizio di leva negli anni fra il 1862 e il 1865 fu riformato perché non superava 1 metro e 56 centimetri; la percentuale scese al 20 per cento nel periodo 1866-71, ma anche in seguito il contingente maggiore dei non arruolati rientrava nel novero di quelle imperfezioni fisiche e costituzionali (gozzo, cretinismo, nanismo, crescita ritardata) che, secondo l'opinione dei medici militari, derivava prima di tutto dall'insufficiente allattamento ricevuto nei primi mesi di vita e dal precario livello nutrizionale della fanciullezza e dell'adolescenza».

Nel 2004, una rivista di politica e cultura che va per la maggiore e vende bene anche nelle edicole ha dedicato due dei suoi quaderni, per un totale di 464 pagine al tema *Il cibo e l'impegno*. Con una specie di doppio salto mortale, ha presentato il materiale raccolto come un modo di "occuparsi di cibo" che costituirebbe non un cedimento alle imperversanti mode relative al mangiare, ma invece una trasformazione del tema *mangiare* in uno strumento non solo di cultura, ma anche di «liberazione e di riscatto sociali». Mettere insieme le lotte contadine nel Terzo Mondo e la creatività nella cucina di lusso (si domandano i curatori) non è una mediazione impossibile e snobistica? Qualunque persona di buon senso, interrogata su questo punto, risponderebbe di sì. I curatori rispondono invece, com'era del tutto prevedibile, di no. Rassicurano i lettori e i collaboratori della rivista che anche queste 464 pagine servono a impedire ogni ritorno al privato, servono soprattutto a «fare movimento». Sono fermamente, lietamente convinti che si possa fare politica anche «coltivando il piacere». Che è esattamente quanto perfettamente si attaglia a quel mondo dei movimenti o dei girotondi per il quale Claudio Magris, in una pagina indimenticabile, creò la definizione di «sinistra giuliva».

Come avviene quasi sempre quando il numero dei collaboratori è abbastanza alto, non mancano, anche in questo caso, contributi interessanti. Ma è difficile non prendere atto di due cose: 1) del fatto che è del tutto assente, in queste quasi cinquecento pagine, un'analisi degli aspetti affaristici anche del "mangiare biologico", ai giganteschi interessi che stanno dietro non solo alle multinazionali, ma anche a molti dei discorsi di esaltazione del "naturale" e della "biodiversità"; 2) del

fatto che è operante, anche in queste pagine, il discutibile presupposto che sta alla base del primitivismo e che identifica il naturale con il bene e l'artificiale con il male. In questa sede, quella identificazione trova una efficace espressione letteraria nella frase seguente : «quando il vomere fende la terra incuneandosi in essa, e la rivolta, vibra un colpo violento, sconvolge un equilibrio e provoca delle reazioni che l'uomo non conosce, né si preoccupa di conoscere».

Il mondo sarebbe più bello e più naturale e più ricco e più biodiverso – questo e non altro è il senso dei messaggi di questo tipo - se gli equilibri non fossero mai stati alterati, se la natura fosse ancora intatta e l'uomo fosse rimasto, com'era agli inizi, solo una specie di scimmia o (come lo definiva il non-primitivista Vico) «un bestione tutto stupore e ferocia».

La via rappresentata dalla cultura, dalla scelta dell'artificialità è, per definizione, rischiosa. Forse più rischiosa di quanto non pensino alcuni tecnocrati. Forse meno rischiosa di quanto non ritengano alcuni giovani convinti (anche quando saltellano) di lottare contro il Male Assoluto e di operare per la salvezza del mondo. Va infine aggiunto: i nostri più lontani progenitori scelsero di non adottare il cosiddetto, oggi di continuo invocato, *principio di precauzione*. Se lo avessero adottato saremmo ancora simili alle "scimmie" delle prime inquadrature di *2001 Avventura nello spazio*.

7. Gli elogi di Ana e le malattie epocali

Sul quotidiano "La Repubblica" del primo giugno del 2005 è uscito un articolo scritto da Alberto Flores d'Arcais con un titolo a quattro colonne: "*Ana, la musa dell'anoressia, che irretisce le adolescenti USA*", [12]. Vi si racconta che il 40 per cento degli adolescenti che hanno problemi con il cibo ha visitato almeno una volta i siti dedicati ad Ana. Ana è un diminutivo di anorexia o (in italiano) anoressia ed è dilagata come una moda. Il segno distintivo dei seguaci di Ana è un braccialetto rosso che viene venduto ad un prezzo che varia dai 3 ai 20 dollari. Ci sono, sul Web, una serie di siti che danno consigli su come dimagrire, su come indurre il vomito e, di conseguenza, perdere peso, che consentono alle adolescenti interessate ad Ana di comunicare tra loro, anche sulla base di siti dedicati alle diverse etnie: neri, Latinos ecc.

Una esplorazione sul Web, anche se rapida, lascia abbastanza impressionati: per la quantità dei siti, per i titoli adottati, per le contrastanti valutazioni del fenomeno (che è in veloce crescita) presenti

all'interno dei siti, infine per il fatto che siti che hanno titoli in apparenza pro-ana sono in realtà anti-ana, volti a combattere o ridimensionare il fenomeno. Fra i nomi compresi in un elenco di *Pro-Ana Supportive Sites* (ma va tenuta presente la "dissimulazione" di cui si è appena detto): compaiono i seguenti titoli: *Fat like Me, Fragile Innocence, House of Sins: Bathroom, Nothing Gonna Stop Me, Pursuit of Perfection, Salvation through Starvation, Starving for Perfection* e così via.

Con *Ana*, si afferma in uno di questi siti, «molte persone che soffrono di un disordine alimentare, che può avere conseguenze fatali, sono entrate a far parte di un movimento *underground* che promuove il farsi morire di fame. Questo, in alcuni casi, ha la forza di un appello che è molto simile ad un culto (*has an almost cult-like appeal*)». *Ana* è diventata un modello per alcune, una dea per altre: è oggetto di preghiere, di quadri, di un vero e proprio credo. *Ana* suggerisce alle sue fedeli che cosa mangiare. Le irride quando non perdono peso. Nella vita di molte sue fedeli, *Ana* è una vera e propria presenza, anche se, ovviamente, *Ana* esiste solo nelle loro teste. Il movimento è in piena fioritura nel Web: «Gli esperti di disordini alimentari affermano che nonostante i tentativi per limitare la presenza *online* di *Ana*, essa è andata crescendo fino ad includere seguaci – la maggioranza dei quali molto giovani – in molte parti del mondo. Nessuno sa quanti - fra gli otto/undici milioni di Americani afflitti da disordini alimentari - siano stati influenzati dal movimento pro-*Ana*. Ma gli esperti temono che il numero sia molto ampio».

È noto agli storici (della medicina e non) che alcune malattie si sono collegate, quasi saldate, a determinate epoche storiche; sono diventate il simbolo di un secolo o di un periodo della storia. La malaria come malattia fondamentale nell'antichità greca e nell'Impero romano. La lebbra-tifo e il Medioevo. La peste e il Seicento. La tubercolosi e la sifilide che dominano la cultura dell'Ottocento. Il cancro e l'AIDS come le grandi paure del Novecento. Ognuna di queste età è diventata impensabile senza quella malattia. Ci sono anche malattie accompagnate da una sorta di alone che – in mancanza di meglio – chiamerò positivo. La gotta faceva molto soffrire e c'è un ritratto di Carlo V a cavallo nel quale la gamba dell'imperatore è legata al sottopancia della sella in modo che il piede non debba subire urti dolorosi. Tuttavia alcune stampe del Settecento che rappresentano il libertino afflitto dalla gotta, con una gamba sollevata da terra e un piede appoggiato su un cuscino, non intendono rappresentare il dolore e la sofferenza. La faccia del libertino è soddisfatta. La gotta era la malattia tipica e specifica dei

signori, dei pochissimi che mangiavano molto bene in un mondo nel quale la grande maggioranza mangiava molto poco e molto male. Avere la gotta significava anche (insisto sull'*anche*) appartenere ad una elite. La tubercolosi era una malattia soprattutto dei poveri. Ma i luoghi nei quali quella malattia veniva curata acquistarono una sorta di fascino quando nei sanatori si riunirono persone appartenenti alle fasce più alte. In quei luoghi convivevano uomini e donne in qualche modo costretti a trascorrere molto tempo leggendo, scrivendo o conversando. La cultura personale si amplia, si affina l'intelligenza, si risvegliano sensazioni, sentimenti ed emozioni particolari, si instaurano rapporti che non sono possibili (o appaiono come "falsi") nel mondo delle affaccendate persone sane. Si diffonde anche la tesi che una dose elevata di tossiemia tubercolare valga a stimolare le capacità e le prestazioni erotiche. La designazione di *mal sottile* non è solo una metafora e Novalis pensava che quel male sottile avesse la capacità di sublimare le esperienze della vita e consentisse di «capirla nella sua globalità». Per finire: nessuno si sognerebbe di qualificare un lazzaretto un luogo d'incanto, ma la montagna in cima alla quale è collocato un grande sanatorio poté essere percepita e vissuta come una "montagna incantata".

La sifilide, ai suoi esordi, si presentò in forma acuta e mortale. Assunse più tardi una forma subacuta e subcronica. Finì per accompagnarsi all'immagine, non priva di aspetti insieme inquietanti e fascinosi, del noto binomio "genio e sregolatezza". Basta far riferimento a pochi nomi di persone reali e del personaggio di un dramma: Benvenuto Cellini, Schubert, Maupassant, Baudelaire, Nietzsche, Osvaldo (che domina la scena ne *Gli spettri* di Ibsen). Non è mancato chi ha visto in quella malattia una sorta di tratto distintivo dell'uomo geniale o dell'uomo poetico o dell'uomo che è "fuori del comune".

L'epilessia, che sembra consentire di uscire clamorosamente dal mondo per poi improvvisamente rientrarvi, è stata a lungo considerata una sorta di viaggio nell'aldilà, legata alla possibilità di una qualche rivelazione. Platone, nel *Fedro*, parla di una divina mania o delirio divino che è un dono degli dèi, che ha contraddistinto l'esaltazione della Sibilla, della profetessa di Delfo e delle sacerdotesse di Dodona. Il delirio non è invariabilmente o necessariamente un male. C'è un'investigazione del futuro compiuta da persone che sono compiutamente in senno, ma la *mantica* è superiore a quest'ultima (*oionistica*) perché lo stato di delirio che proviene dagli dèi è superiore al senno degli uomini. Accanto al delirio profetico si dà un'altra forma di esaltazione di cui sono autrici

le Muse. Quando «occupa un'anima tenera e pura» questa esaltazione «la sollecita e la rapisce nei canti e in ogni altra forma di poesia (...) ma chi giunga alle soglie della poesia senza il delirio delle Muse, convinto che la sola abilità lo renda poeta, sarà un poeta incompiuto e la poesia del savio sarà offuscata da quella dei poeti in delirio». Giordano Bruno definiva «stolti e pazzi» coloro che sentono in modo diverso dalla universalità degli uomini. Ma la "estraganza" gli appariva seguire due strade : o conduce verso il basso, verso la «pazzia, insensazione e cecità», dove si trovano coloro che hanno minor senso e minore ragione degli uomini ordinari, oppure sale più in alto del livello al quale sappia o possa salire la maggioranza degli uomini.

Quando crollano gli argini che strutturano l'io e che consentono di mantener ferma la distinzione fra io e mondo, parliamo di *io diviso* o di schizofrenia. Nella labilità angosciosa che deriva dalla "crisi della presenza" e dalla caduta di quegli argini, si apre, nel teatro di Pirandello, la possibilità di una rivelazione. Almeno ad alcuni è possibile distinguersi da «coloro che si ingannano», «scoprire il gioco», superare il piano delle «miserie apparenze», affacciarsi - sia pure «di tratto in tratto» - alla indicibile e sconvolgente verità della vita. Come per alcuni, molto più tardi teorici della eccezionalità della dimensione della follia, in quegli attimi - anche per Pirandello - si poteva vedere «in se stessa la vita». Nel mondo della psichiatria (o meglio nel mondo della cosiddetta antipsichiatria) ci si è spinti, su questo terreno, molto più avanti di Pirandello. Ronald Laing presentò lo sciamanesimo o il viaggio «nel tempo mitico ed eterno della follia» come un rimedio alla insostenibilità del presente e come una sorta di via d'uscita verso l'essere e la verità, [18] e [19].

Nonostante tutti questi esempi, mi sembra resti vera l'asserzione che nessuno ha mai fatto propaganda a favore dell'assunzione o della diffusione di una malattia. Di fronte alla diffusione del culto di Ana possiamo domandarci: davvero si tratta, in questo caso, di propaganda a favore di una forma patologica o non si tratta invece dell'antica esaltazione del digiuno e della magrezza che sarebbero sinonimo di saggezza e di santità nelle filosofie orientali e, in particolare, indiane? o anche nell'ideale cristiano di una frugalità spinta fino ai limiti estremi? di una santità che è fondata sul rifiuto del corpo, luogo di tentazione e strumento di peccato? o all'immagine (molto antica) del digiuno come purificazione? Una malattia che si connette a scelte di comportamenti e quindi, indirettamente, a filosofie e a scelte di vita, alle credenze e al costume perde per questo il suo carattere di specificità patologica, fino

a diventare, in una certa misura, qualcosa di non più riconoscibile?

8. La casa delle bambine che non mangiano

Uno dei libri di Hilde Bruch, che è uno degli autori "classici" sull'argomento anoressia, è intitolato *Golden Cage*, la gabbia d'oro, [5]. Le anoressiche assomigliano a passerotti chiusi in una gabbia d'oro: mangiano solo briciole, vivono in una gabbia dalla quale non possono uscire, ma la gabbia è d'oro perché la loro condizione è oggetto di orgoglio: magro è bello, più magro è più bello e la perdita di peso rappresenta un valore. L'anoressia è apparsa a Bruch una sorta di tragica auto-cura che alcune ragazze intraprendono per affermare la loro autonomia. Sembrano voler dire: cedo su tutto, sono compiacente su tutto, mi adeguo ad essere come la mamma mi vuole, ma sul mangiare non transigo: qui si gioca il tutto per tutto; qui si va alla guerra; questo è un punto di non ritorno. Di qui la ricerca della emaciazione e il "tirannismo alimentare", di qui il rifiuto di ogni compromesso e la scelta della terribile via di un "suicidio lento".

Questa scelta sembra riguardare oggi milioni di giovani. Per milioni di giovani il cibo si è trasformato in un nemico. Come è potuto avvenire? Come è avvenuta la saldatura tra modelli culturali di vita e forme patologiche? C'è un rapporto fra il nostro attuale modo di considerare il cibo e di vivere il nutrimento e la strada che quei giovani hanno iniziato a percorrere? Perché quella strada è oggi così affollata? All'interno di quella folla, sono chiaramente distinguibili i casi di "vera" anoressia?

Laura Dalla Ragione, nel libro intitolato *La casa delle bambine che non mangiano*, Roma, Il Pensiero Scientifico Editore, 2005) si pone queste domande e affronta questi problemi, parla del carattere di epidemia sociale che i disturbi del comportamento alimentare hanno assunto negli ultimi decenni. C'è un rapporto di somiglianza tra l'esperienza di una mistica come Margherita da Cortona, che alla fine del Duecento pratica un ostinato, pervicace, terribile digiuno ed una paziente di oggi? E quali le differenze? Il libro è limpidamente scritto e affronta molti problemi. ma non ha un prevalente intento teorico. È principalmente scritto: per le persone che si trovano a dover affrontare una imprevista, drammatica esperienza che sconvolge la loro vita; è scritto anche per quanti (medici, infermieri, psicologi ecc.) operano nei servizi. Il libro dà conto, in modo analitico, dell'esperienza attuata a Todi, in un ambiente di cura accogliente che intende "prendere in carico" una giovane persona, la quale è profondamente ferita anche quando

rifiuta di prenderne atto. Molti di quei giovani interpretano le altrui preoccupazioni come indebite ingerenze entro una scelta di vita che viene avvertita come valida e consapevole. A queste ingerenze, soprattutto dopo l'età dell'adolescenza, reagiscono con durezza trasformando in aggressività la loro sofferenza, in una irritante sicurezza la profonda incertezza sulla loro identità. Accade però anche che si rendano conto dell'esistenza di un loro problema e della corrispondente necessità di un aiuto. Il progetto terapeutico – che richiede l'impegno di molti ed una collaborazione continua ed effettiva tra competenze diverse - è fondato sull'esistenza di una sorta di contratto tra la struttura e la (o il) paziente. È un mondo dove tutto è delicato e difficile, dove è presente molto nascosto dolore e dove è anche necessario imparare a far fronte, giorno per giorno, alla dose di angoscia che proviene dal contatto con la sofferenza e l'angoscia di persone molto giovani.

Nella struttura di Todi (che Laura Dalla Ragione dirige) prendere in carico una persona vuol dire far riferimento – insieme e necessariamente – alla sua sofferenza e alla sua biografia. Che è precisamente quanto – a detta di molti medici (lo sostengono con particolare forza i teorici delle *Medical Humanities*) e della quasi totalità dei pazienti - sarebbe necessario, all'inizio del nuovo millennio, recuperare o reinventare.

Riferimenti bibliografici

- [1] AA. VV., Un sito dedicato al tema alimentazione: http://www.treccani.it/site/Scuola/Zoom/Archivio/scuola_zoom04.htm
- [2] AA. VV., *Il cibo e l'impegno*, "I quaderni di Micromega", Supplemento al n. 4 del 2004.
- [3] AA. VV., *Il cibo e l'impegno/2*, "I quaderni di Micromega", Supplemento al n. 5 del 2004.
- [4] R. M. Bell, *La santa anoressia. Digiuno e misticismo dal medioevo a oggi*, Laterza, Roma-Bari 1987.
- [5] H. Bruch, *Golden Cage*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, Cambridge (MA) 1978.
- [6] P. Bourdieu, *La distinzione. Critica sociale del gusto*, Il Mulino, Bologna 1983.
- [7] G. Cosmacini, *L'arte lunga*, Roma-Bari, Laterza 2005.
- [8] C. M. Counihan, *The Anthropology of Food and Body. Gender, Meaning and Power*, Routledge, London -NewYork, 1999.
- [9] E. Djalma Vitali, *Polivalenza del cibo*, <http://www.treccani.it/site/Scuola/Zoom/alimentazione/djalmavitali.pdf>
- [10] M. Douglas, *Antropologia e simbolismo*, Il Mulino, Bologna 1985.
- [11] C. Fischler, *L'onnivoro. Il piacere di mangiare nella storia e nella scienza*,

- Milano 1992.
- [12] A. Flores D'Arcais, Ana, la musa dell'anoressia, in "La Repubblica", 1 giugno 2005.
- [13] Gehlen, *L'uomo, la sua natura e il suo posto nel mondo*, Feltrinelli, Milano 1983.
- [14] J. Goody, *Food and Love. A Cultural History of East and West*, Verso, New York-London 1998.
- [15] M. D. Grmek, *Le malattie all'alba della civiltà occidentale*, Il Mulino, Bologna 1985.
- [16] A. Guigoni, *Per una etnografia del quotidiano*, <http://www.fortepiano.it/PagineDelTempo/Materiali/pdtmat027.htm>.
- [17] A. Guigoni, Food, Drink and Identity, in *Europaea*, VII, 1-2, 2001, pp. 209-211.
- [18] R. Laing, *La politica dell'esperienza*, Feltrinelli, Milano 1968.
- [19] R. Laing, R., *Nodi*, Einaudi, Torino 1974.
- [20] M. Livi Bacci, *Popolazione e alimentazione. Saggio sulla storia demografica europea*, Il Mulino, Bologna 1987.
- [21] O. Marquard, *Apologia del caso*, Il Mulino, Bologna 1991.
- [22] P.P. Pasolini, Predicano in un deserto i profeti dell'Apocalisse, in "Il Tempo", 6 dicembre 1974.
- [23] P. P. Pasolini, Il vuoto di potere in Italia, in "Corriere della Sera", 1° febbraio 1975.
- [24] P. P. Pasolini, Poesie e appunti per un dibattito dell'Unità, in "Paese Sera", 5 gennaio 1974.
- [25] Ratzinger *Prefetto*, T. Bertone, S.D.B *Segretario*, Congregazione per la Dottrina Della Fede *Notificazione su alcune pubblicazioni del Prof. Dr. Reinhard Meßner*, www.vatican.va/roman_curia/congregations/cfaith/documents/rc_con_cfaith_doc_20001130_messner_it.html
- [26] P. Rossi, 1890-1900: alcuni letterati italiani e la loro immagine della scienza, *Paragone*, 318, 1976, pp. 5-45.
- [27] P. Rossi, *Bambini, sogni, furori*, Feltrinelli, Milano 2001.
- [28] P. Scholliers (a cura di) *Food, Drink and Identity*, Berg, Oxford 2001.
- [29] P. Sorcinelli, *Regimi alimentari, condizioni igieniche, epidemie nelle Marche dell'800*, Aralia, Urbino 1977.
- [30] P. Sorcinelli, *Miseria e malattie nel XIX secolo. I ceti popolari nell'Italia Centrale fra tifo petecchiale e pellagra*, F. Angeli, Milano 1979.
- [31] P. Sorcinelli, *Nuove epidemie antiche paure. Uomini e colera nell'Ottocento*, F. Angeli, Milano 1986.
- [32] P. Sorcinelli, *Gli Italiani e il cibo. Appetiti, digiuni, rinunce dalla realtà contadina alla società del benessere*, Clueb, Bologna 1995 (prima ed. 1992).

Prospezioni

- [33] P. Sorcinelli, *Breve storia sociale dell'alimentazione*, <http://www.tumangiabene.it/approfondirea.htm>.
- [34] Zarri, *Cibo e cristianesimo*, "I quaderni di Micromega", Supplemento al n. 5, 2004, pp. 38-40.

Paolo Rossi

Università di Firenze

Steven Spielberg, il libero arbitrio e la logica trivalente¹

I. *Minority Report* di Steven Spielberg

Coniugare il cinema con la filosofia è molto vantaggioso sul piano didattico. Infatti, un film colpisce molto di più di un testo scritto, perché coinvolge non solo la nostra intelligenza, ma anche la nostra emotività. Il cinema, inoltre, risponde al bisogno di suscitare l'interesse dei giovani per determinate questioni morali, teoretiche o gnoseologiche attraverso uno strumento vicino alla loro sensibilità, tendenzialmente fondata sulle immagini. Ciò non significa, ovviamente, che nello studio della filosofia si debba sostituire la lettura diretta dei testi e dei manuali alla visione di un film, ma che talvolta il cinema può rappresentare *il punto di partenza* di una ricerca speculativa, facendo "imbattere" gli spettatori in situazioni ed esperienze che sollevano interrogativi genuinamente filosofici.

Per esempio, il film di Steven Spielberg *Minority Report* (2002), tratto dal racconto omonimo di fantascienza di Philip Kindred Dick (1928-1982)², pur non essendo un capolavoro del cinema di *science-fiction*, può essere utilmente proposto per affrontare la complessa questione del libero arbitrio. Tale problema coinvolge considerazioni di tipo etico, metafisico (circa l'alternativa determinismo / indeterminismo) e anche logico, riguardo al valore di verità delle proposizioni concernenti le azioni future dell'uomo.

In *Minority Report* si immagina che nel 2054, grazie al dipartimento di polizia Pre-Crimine, nella città di Washington non si verificano più omicidi. La polizia si basa sulle premonizioni di tre veggenti, detti *Pre-cogs*, che riescono a prevedere i crimini *prima* che essi avvengano, consentendo così l'arresto preventivo dei potenziali assassini. Il

¹ Il presente saggio corrisponde alla conferenza tenuta a Lucca giovedì 20 novembre 2007, nell'ambito di Pianeta Galileo, presso il Palazzo Ducale di piazza Napoleone. Il testo costituisce una rielaborazione e un ampliamento di un capitolo contenuto nel mio libro [24]. Sul film di Spielberg, cfr. anche i saggi di P. Vidali, "Minority Report. Libertà o determinismo?", e di D. Sartori, "Con gli occhi della libertà", in [1].

² Cfr. [12, pp. 25-74].

dipartimento è guidato da John Anderton (Tom Cruise), convinto inizialmente della bontà delle metodologie e dei valori della Pre-crimine. Infatti, Anderton ha perso il figlio Sean, che gli è stato rapito e forse ucciso (il motivo delle disgrazie in famiglia è tipicamente spilberghiano). Per questa ragione, ha abbracciato gli ideali del nuovo sistema di ricerca dei presunti colpevoli, che gli permette di prevenire altri omicidi. Anderton è anche dedito all'uso delle droghe, a cui ricorre per superare il trauma della scomparsa del figlio.

Nel visionario inizio del film, vediamo Anderton che ricostruisce su uno schermo la storia di un possibile delitto futuro attraverso le immagini che provengono dalla mente dei *Pre-cog*, tenuti segregati dalla polizia Pre-Crimine. Anderton "monta" tali immagini grazie al semplice movimento delle braccia e delle mani guantate e munite di sensori, come se fosse un direttore d'orchestra. Tant'è vero che la sequenza è commentata dall'*Incompiuta* di Schubert, che sottolinea, implicitamente, anche il carattere parziale e lacunoso delle visioni dei *Pre-cogs*.

Un giorno, però, lo stesso Anderton viene indicato dai *Pre-cogs* come il futuro assassino di un individuo per lui perfettamente sconosciuto, Leo Crow (Mike Binder). Anderton capisce così che qualcuno vuole incastrarlo e si dà alla fuga, lottando contro tutti, ma anche contro se stesso, per non commettere l'omicidio al quale è stato predestinato.

Anderton scoprirà alla fine del film che l'autore della congiura ai suoi danni è Lamar Burgess (Max Von Sydow), ideatore e direttore del sistema Pre-Crimine, il quale voleva eliminare le tracce di un delitto da lui stesso commesso, e su cui Anderton stava indagando. Burgess è smascherato pubblicamente durante la conferenza che avrebbe dovuto estendere a tutti gli Stati Uniti il sistema Pre-Crimine, e che, invece, viene definitivamente smantellato. Così, i tre *Pre-cogs* possono ritornare a una vita normale.

Nello sviluppare questa complicata vicenda, la sceneggiatura del film di Spielberg si allontana dal testo di Philip K. Dick, e accentua un aspetto lasciato sullo sfondo dal racconto: il tema, appunto, del libero arbitrio e della responsabilità delle nostre scelte.

2. Il problema del libero arbitrio

Mario De Caro, nel suo saggio *Il libero arbitrio. Una introduzione* (2004)³, afferma che *due* sono le componenti fondamentali della libertà: da un lato, la *possibilità di agire diversamente* da come di fatto si sceglie e si agisce, e, dall'altro, *l'autodeterminazione*.

Innanzitutto, perché un'azione sia libera – argomenta De Caro – è essenziale che all'agente si presenti una molteplicità di possibili corsi d'azione alternativi. Se partecipassimo a un processo truccato in cui è già deciso *a priori* che l'imputato sarà condannato, certamente il nostro voto non sarebbe libero, nemmeno nel caso in cui avremmo comunque votato per la condanna. In questo senso, possiamo considerare la possibilità di fare altrimenti come la prima condizione della libertà.

La seconda condizione essenziale della libertà è che le azioni non siano il prodotto esclusivo del caso o di fattori del tutto indipendenti dalla volontà dell'agente. È cioè necessario che l'agente stesso controlli le azioni che compie, cioè, appunto, che si autodetermini, senza essere "eterodeterminato" da condizioni ed eventi esterni⁴.

Stante questa concezione della libertà, ci possiamo chiedere quali siano le posizioni fondamentali dei filosofi circa il problema del libero arbitrio.

A tale riguardo, il regista Steven Spielberg sostiene, in un'intervista, che nel suo film *Minority Report* sono in gioco due modi diversi di considerare il comportamento umano: secondo la prima concezione, ognuno è responsabile del proprio destino. Ogni cosa è scelta da noi e noi abbiamo il controllo della nostra vita. L'altra sostiene, invece, che noi seguiamo una mappa dei nostri destini che è stata scritta da

3 [11].

4 Gottfried Wilhelm Leibniz aggiungeva a queste due caratteristiche della libertà anche l'*intelligenza*: "Noi abbiamo fatto vedere – scrive Leibniz – che la libertà, come la si esige nelle scuole teologiche, consiste nell'*intelligenza*, che implica una conoscenza distinta dell'oggetto della deliberazione; nella *spontaneità*, con la quale noi ci determiniamo; nella *contingenza*, cioè nella esclusione della necessità logica o metafisica. L'*intelligenza* è come l'anima della libertà; il resto ne è come il corpo e la base" [16, VI, p. 288]. Secondo Leibniz, un'azione "libera" richiede, oltre alla spontaneità (o autodeterminazione) e alla contingenza (o possibilità di agire altrimenti), anche l'*intelligenza*. Infatti, è necessario che tale azione sia illuminata da un intelletto che distingua in maniera chiara e distinta il vero dal falso e il bene dal male. Infatti non c'è libertà quando chi agisce non ha una piena consapevolezza razionale delle sue azioni. Perché un individuo sia libero bisogna che egli "conosca" le alternative che ha davanti: non si può volere in maniera del tutto libera se non ciò che si conosce. L'esercizio della libertà, pur essendo un atto della volontà, presuppone l'esercizio della ragione.

una potenza superiore. Ci limitiamo a seguire un copione definito da qualcun altro⁵.

Anche De Caro – da filosofo – ammette la stessa fondamentale distinzione:

A un primo livello di analisi, la questione del libero arbitrio si può dunque porre come un'alternativa tra due scenari: uno nel quale gli esseri umani sono vincolati in modo ferreo, come fossero automi, ad agire e a scegliere in un certo modo; l'altro, nel quale gli esseri umani sono agenti che hanno la possibilità di determinare il proprio destino⁶.

In effetti, alla posizione dei cosiddetti "deterministi", che negano la libertà, si contrappone l'orientamento di coloro che sostengono il libero arbitrio, e che possiamo chiamare "indeterministi".

Per "determinismo", si intende la dottrina che attribuisce all'agire umano, come ai fenomeni naturali, delle cause necessitanti, quali, per esempio, il patrimonio genetico, l'ambiente familiare, la struttura profonda della psiche, i condizionamenti sociali, le esperienze passate, ecc.⁷. Secondo i deterministi, ci sentiamo liberi solo perché non siamo consapevoli di tutti i fattori che ci determinano. Se la natura è soggetta al determinismo – argomentano i sostenitori di tale teoria – non si vede perché gli uomini dovrebbero fare eccezioni⁸.

Invece, per "indeterminismo" si intende la dottrina che nega il determinismo dei motivi, cioè la determinazione necessaria della volontà umana da parte dei motivi stessi⁹. Gli indeterministi, pur ammettendo l'esistenza di motivazioni che possono influenzare la nostra volontà e orientarla a comportarsi in un modo o nell'altro, non pensano che tali motivazioni *costringano* la volontà. È la volontà stessa che, in ultima analisi, sceglie un motivo piuttosto che un altro, decidendo a quale di essi dare maggior peso e autodeterminandosi. Certo noi non siamo liberi di avere o di non avere certe inclinazioni (come l'odio o la rabbia), ma, secondo gli indeterministi, siamo liberi di assecondare o di non assecondare queste pulsioni. E nel caso in cui

5 [17, pp. 22-23].

6 [11, p. 6].

7 Cfr. la voce "Determinismo" in [2, p. 273].

8 "In realtà – scrive Voltaire – sarebbe ben strano che tutta la natura, tutti gli astri obbedissero a delle leggi eterne, e che vi fosse un piccolo animale alto cinque piedi che, a dispetto di queste leggi, potesse agire come gli piace solo in funzione del suo capriccio" ([28, p. 71]).

9 Cfr. la voce "Indeterminismo" in [2, p. 576].

si decida di assecondarle, siamo liberi di assecondarle più o meno¹⁰.

3. Il dibattito sul determinismo

La contrapposizione fra “deterministi” e “indeterministi” attraversa tutta la storia della filosofia. Se ci limitiamo al Novecento, “deterministi” nel senso suddetto sono, per esempio, lo psicologo comportamentista Burrhus F. Skinner (1904-1990) e il filosofo Charles D. Broad (1887-1971). Invece, “indeterministi” sono i cosiddetti *libertarians* come i filosofi Charles Arthur Campbell (1897-1974), Roderick Chisholm (1916-1999), Richard Taylor (1919-2003) e Karl R. Popper (1902-1994). Tuttavia, il dibattito novecentesco intorno al problema del libero arbitrio non si riduce alla semplice contrapposizione deterministi/indeterministi, perché si possono distinguere, seguendo una classificazione proposta da De Caro, anche i cosiddetti “compatibilisti” e gli “scettici”.

I compatibilisti, come, per esempio, Bertrand Russell (1872-1970), Moritz Schlick (1882-1936) e Donald Davidson (1917-2003), ritengono compatibili il determinismo psichico con la libertà, che viene ridotta a semplice assenza di costrizioni esterne. Nella prospettiva del compatibilismo, è libero chi agisce secondo le proprie preferenze, senza essere ostacolato dall'esterno. Il fatto poi che le preferenze di una persona siano causate da un complesso meccanismo psicologico e sociale, a giudizio dei compatibilisti, non toglie spontaneità all'agire¹¹.

Secondo De Caro, la posizione dei compatibilisti presenta, però, un *punctum dolens*: se il compatibilismo può dare conto del secondo requisito della libertà, e cioè dell'autodeterminazione (perché per i compatibilisti le azioni dell'agente sono determinate dai suoi eventi mentali), il compatibilismo non può dare conto del primo requisito, ossia della possibilità di fare altrimenti. Infatti, in un universo

10 Già Tommaso d'Aquino afferma: “Le passioni, per quanto violente, non sono causa sufficiente della nostra deliberazione, poiché le stesse passioni inducono l'incontinente ad assecondarle con la deliberazione, mentre non vi inducono la persona continente” [26, libro terzo, LXXXV pp. 761-62].

11 In relazione al compatibilismo, sia i deterministi “duri” (come Skinner e Broad), sia i *libertarians* (come Campbell, Chisholm, Taylor e Popper) possono essere globalmente definiti “incompatibilisti”, in quanto entrambi negano la compatibilità della libertà con il determinismo causale. Skinner e Broad sono però “incompatibilisti antilibertari”, perché per loro la libertà è impossibile, mentre Campbell, Chisholm, Taylor e Popper sono “incompatibilisti libertari”, perché sostengono che gli esseri umani possiedono il libero arbitrio.

deterministico non c'è posto per corsi d'azione alternativi.

Un'altra posizione sulla questione della libertà è quella degli scettici, i quali ritengono che il problema filosofico se l'uomo sia o no libero è destinato a rimanere insolubile. Secondo lo scettico Colin McGinn (n. 1950), la libertà è un mistero perché lo è la *causazione mentale*. A suo giudizio, noi non abbiamo (né potremo mai avere) la benché minima idea di come gli stati mentali possano causare cambiamenti nel mondo fisico.

“L'idea di McGinn – scrive De Caro – è semplice. Quando un agente *desidera* mangiare, *crede* che sul tavolo vi sia una mela, *intende* prendere quella mela per mangiarla ed effettivamente compie l'azione di afferrare quel frutto e di addentarlo, si tratta di un caso di causazione mentale. Quel che occorre chiedersi, allora, è se noi siamo in grado di dare conto di questo processo causale preservando, nello stesso tempo, lo spazio della libertà. Secondo McGinn, non possiamo”¹².

A queste quattro concezioni distinte da De Caro (determinismo, indeterminismo, compatibilismo e scetticismo), se ne può aggiungere una quinta. Infatti, c'è chi pensa addirittura che il libero arbitrio sia “irreparabilmente inintelligibile”, perché non riusciremmo in alcun modo a immaginare che cosa significhi parlare di una scelta “ultimamente libera”. Da tale punto di vista, la “libertà” sarebbe solo “un'etichetta verbale”, a cui non riusciremmo ad assegnare un significato, “anche se a volte ci illudiamo di farlo”¹³.

Questo è dunque il ventaglio delle posizioni novecentesche intorno alla questione del libero arbitrio. Ad ogni modo, per ragioni di semplicità, nel discutere il film di Spielberg faremo riferimento soltanto alle due tesi del determinismo e dell'indeterminismo (anche perché è lo stesso regista a ridurre i termini del problema a questa alternativa fondamentale).

¹² [11, p. 91].

¹³ Cfr. [6, p. 67].

4. Libertà e responsabilità morale

Per gli indeterministi, la questione della libertà è di grande rilevanza etica. Infatti, i *libertarians* affermano che il libero arbitrio è il *fondamento* della morale, la condizione di ogni valore e di ogni disvalore.

Sostenendo questa tesi, i libertari si rifanno al pensiero di Immanuel Kant, che stabilisce un chiaro rapporto fra la libertà, da una parte, e la moralità dall'altra. Kant afferma nella *Critica della ragion pratica* (1788) che la libertà è un "postulato" (cioè un'esigenza) della "ragion pratica", cioè della moralità: se l'uomo non fosse libero, non avrebbe senso la legge morale che impone a ogni uomo il dovere, perché non ha senso dire: "tu devi!" a chi sia necessitato (dalla forza o dall'istinto) a fare questo o quello. I comandi si rivolgono solo a chi può disobbedire. Se non si ammette la libertà, non si può esortare al dovere morale. Le norme morali hanno significato soltanto se, nella situazione alla quale si riferiscono, esiste l'alternativa di sottomettersi a esse oppure di violarle¹⁴.

Secondo i *libertarians*, se non ci fosse la libertà, non si potrebbero esprimere approvazione o disapprovazione morali, non si potrebbero lodare o condannare eticamente le azioni dell'uomo. In assenza di libertà, il giudizio morale di elogio o di condanna delle azioni umane sarebbe equivalente all'elogio della Luna perché riflette la luce del Sole, o alla condanna dei terremoti. Senza libertà, cadrebbe la responsabilità etica. Infatti, se le nostre azioni non fossero libere, non potremmo essere responsabili di esse, più di quanto lo siamo del colore della nostra pelle.

Se una scelta da noi compiuta – afferma Roderick Chisholm – è tale che non avremmo potuto evitare di compierla, allora questa scelta è tale che noi non ne siamo moralmente responsabili¹⁵.

I deterministi, dal canto loro, sostengono che una forma di responsabilità sussiste anche negando il libero arbitrio. A giudizio di questi filosofi, sebbene la libertà sia illusoria, i premi e i castighi conservano una funzione di utilità sociale: infatti, i premi hanno lo scopo di incentivare i comportamenti benefici, mentre le pene servono come deterrente per i criminali potenziali. In poche parole, agendo

¹⁴ Cfr. [14, pp. 37-38].

¹⁵ [9] p. 145.

sulle coscienze con incentivi o con minacce, secondo i deterministi si ottiene un condizionamento delle persone, in modo da produrre in loro una sorta di riflesso condizionato, che giova alla buona regolamentazione della società. In tale contesto deterministico, si può ancora parlare di responsabilità, che però viene interpretata in termini esclusivamente pragmatici: secondo questa concezione, un agente è moralmente e penalmente responsabile se, e solo se, offrendogli dei premi o comminandogli delle pene, si possono ottenere conseguenze utili sul piano pratico¹⁶.

5. Previsione del futuro e determinismo

Quale delle due tesi filosofiche fondamentali circa la libertà viene proposta in *Minority Report*? Quella determinista o quella indeterminista?

Nella prima parte della pellicola, il regista sembra optare per la negazione del libero arbitrio, e quindi per la concezione determinista. Infatti, come abbiamo già detto, caratteristica fondamentale di un'azione davvero libera, oltre all'autodeterminazione, è possibilità di fare altrimenti. In altri termini, un atto è libero quando accade, ma potrebbe anche non accadere. Pertanto un atto libero non può essere previsto con assoluta certezza, perché, finché è futuro, può essere ma può anche non essere.

Ora, se i *Pre-cogs* del film spielberghiano sanno già in anticipo come noi agiremo, se essi hanno una conoscenza assolutamente certa delle nostre azioni future, ciò vuol dire che non siamo liberi ma predeterminati. Tant'è vero che la Polizia Pre-crimine considera il comportamento criminale di un uomo altrettanto inevitabile quanto il rotolare di una palla su un piano inclinato. Nel film, il nome del potenziale assassino preannunciato dai veggenti viene inciso

¹⁶ Effettivamente, chi nega la libertà può sempre giustificare le sanzioni sul piano giuridico, dato che le pene hanno una funzione utilitaristica essenzialmente preventiva ed intimidatoria, regolatrice della condotta futura. Tuttavia, se l'uomo non fosse libero, ciò avrebbe una notevole rilevanza sul piano teologico. Infatti, in tal caso verrebbe meno la giustificazione delle pene eterne comminate da Dio, perché nell'aldilà non avrebbe più senso la funzione utilitaria e correttiva della sanzione. Dante Alighieri nel canto XVI del *Purgatorio*, per bocca di Marco Lombardo, afferma: "Voi che vivete ogne cagion recate / per suso al cielo, pur come se tutto / movesse seco di necessitate. / Se così fosse, in voi fora distrutto / libero arbitrio, e non fora giustizia / per ben letizia, e per male aver lutto" (vv. 67-72).

automaticamente su un'olosfera di legno. La sequenza dell'olosfera che rotola sulla consolle del sistema di controllo, finendo nelle mani degli agenti della Pre-crimine, è un efficace "concettimmagine"¹⁷ della concezione determinista.

Che la possibilità della predizione del futuro implichi il determinismo è messo in luce, sin dal mondo antico, dai filosofi stoici. Per gli stoici, la "mantica" o divinazione, cioè la profetizzazione del futuro, è una prova dell'esistenza del destino (*heimarméne*), la legge necessaria che regge tutte le cose, secondo la quale ogni fatto segue a un altro ed è necessariamente determinato da esso, in una catena che non si può spezzare.

Non sarebbero infatti vere le profezie degli indovini – dice lo stoico Crisippo – se non fossero tenute dal fato tutte le cose"¹⁸.

Il poeta latino stoico Marco Manilio (I secolo a.C. – I secolo d.C.), astronomo e astrologo, nel libro IV dell'*Astronomica* afferma: "*Fata regunt orbem, certa stant omnia lege*". Di conseguenza, secondo gli stoici, l'unica "libertà" concessa all'uomo non consiste nella scelta fra varie alternative, ma nell'uniformare i propri voleri a quelli del destino, nel volere insieme al fato ciò che il fato vuole. I *Pre-cogs*, che non a caso vivono in un laboratorio chiamato "il Tempio", sono paragonabili all'oracolo di Delfi a cui si riferiscono gli stoici.

Ma i "Pre-cognitivi" di *Minority Report* ricordano anche il celebre "demone" di cui parla l'astronomo, fisico e matematico Pierre Simon de Laplace (1749-1827). Laplace, nel suo *Saggio filosofico sulle probabilità* (1814), partendo dal presupposto dell'universale determinismo scientifico, sostiene appunto la possibilità teorica, da parte di un "demone", cioè di un'ipotetica intelligenza sovrumana, di conoscere in anticipo l'intero corso degli eventi, a partire dalla conoscenza di tutte le leggi di natura e dello stato del mondo in un certo istante.

17 Il termine "concettimmagine" è introdotto da Julio Cabrera in [7]. I concettimmagine sono le immagini dei film, che riescono a rappresentare problematiche universali concernenti il mondo, l'uomo o i valori, garantendo anche un coinvolgimento emotivo e non solo cognitivo.

18 [13, IV, 3, 136, p. 134].

6. Rapporto di minoranza

Nel corso di *Minority Report*, il punto di vista filosofico sul tema della libertà cambia in modo radicale. John Anderton, per scoprire se si può falsificare una previsione, si reca dalla dottoressa Iris Hineman (Lois Smith), la donna che ha scritto i *software* della Pre-Crimine. La dottoressa gli rivela che le previsioni dei tre *Pre-cogs* non sempre coincidono: a volte la *Pre-cog* più dotata, Agatha (Samantha Morton), prevede gli eventi futuri in modo diverso dagli altri. Tale versione prende il nome di “rapporto di minoranza”. Ma il “rapporto di minoranza” viene distrutto nel momento stesso in cui si presenta. Infatti, perché la Pre-Crimine funzioni, non deve sussistere il minimo sospetto di un disaccordo fra i tre veggenti. Così, per sapere se esiste un “rapporto di minoranza” che lo riguarda, Anderton rapisce la *Pre-cog* Agatha.

Introducendo la possibilità di un “rapporto di minoranza”, e cioè di una previsione alternativa del futuro, il film di Spielberg ammette un elemento di indeterminatezza nel comportamento degli individui, che sembra dipendere da un’effettiva libertà di scelta. La possibilità di più futuri alternativi contraddice il determinismo, perché quest’ultima concezione presuppone che a ogni istante sia fisicamente possibile un solo futuro¹⁹. In altri termini, nel film si ipotizza che esista una catena di fatti da cui dipende una certa azione criminosa. Ora, mano a mano che si precisano oggettivamente le condizioni di tale comportamento, i *Pre-cogs* si avvicinano sempre di più a una forma di previsione oggettiva circa la scelta e l’azione stessa: per loro, cioè, diventa sempre più certo stabilire ciò che l’agente deciderà. Ma la scelta e l’azione restano un “limite” nella catena delle condizioni, nel senso che, fino al momento della scelta, rimane sempre per chi agisce la possibilità di decidersi diversamente. Il che spiega la formulazione di un “rapporto di minoranza”, che è una *chance* di libertà offerta all’essere umano.

Insomma, secondo la “morale” del film, una certa azione *A* compiuta da un uomo, finché non si produce, non è già completamente determinata dalle sue ragioni anteriori. Se l’individuo esercita il suo libero arbitrio, all’ultimo momento può accadere anche non *A*, sebbene le condizioni “inclinino” (ma “non necessitino” come dicevano i

¹⁹ [11, p. 15].

filosofi medioevali²⁰) sempre di più a favore di A. E proprio per questo la previsione del futuro resta incerta.

7. I paradossi della Pre-crimine

Il film di Spielberg mette anche in luce il fatto che la fantastica capacità di prevedere con sicurezza gli eventi futuri può implicare un paradosso. Chi tenta di fare una previsione è parte del sistema che sta analizzando, e del quale cerca di stabilire in anticipo gli sviluppi; perciò la sua previsione influisce sul corso delle cose e rischia di modificarlo, facendo fallire il suo stesso tentativo di previsione.

Si supponga, per esempio, che un veggente preveda che domani un certo individuo, mentre percorre l'autostrada durante una gita, subisca un incidente mortale. Se il veggente rivelerà tale predizione al diretto interessato, quest'ultimo rimanderà certamente il viaggio, determinando così l'insuccesso del tentativo di previsione.

Qualcosa di simile succede anche ad Anderton. A un certo punto del film, il protagonista scopre che il rapporto di minoranza, nel suo caso, sfortunatamente non esiste. Anche la terza veggente, Agatha, gli conferma il suo delitto futuro. Anderton scopre poi che Leo Crow, l'uomo che è predestinato a assassinare, è (apparentemente) il pedofilo che ha ammazzato suo figlio. Però, quando Anderton sta per uccidere davvero la vittima designata, e quindi per convalidare la previsione, nella scena più drammatica di tutto *Minority Report*, Agatha gli ricorda che proprio perché egli ha conosciuto il futuro, può cambiare il suo destino. E così continua a ripetergli: "Puoi scegliere!", cioè "Puoi essere libero!".

In realtà, il carattere paradossale della previsione del futuro – evidenziato nell'episodio emozionante con Leo Crow – è già messo in luce all'inizio del film dall'osservatore del Dipartimento di Giustizia, Danny Witwer (Colin Farrell), che si reca nella sede della Pre-crimine alla ricerca di eventuali difetti del sistema. Sulla base delle anticipazioni dei *Pre-cogs*, la polizia Pre-crimine cattura i presunti criminali *prima* che si verifichi il loro delitto. Ma allora, osserva Witwer, arrestando preventivamente il potenziale colpevole, nello stesso tempo viene

²⁰ Cfr. la formula astrologica "*astra inclinant sed non necessitant*".

contemporaneamente smentita la previsione che egli ucciderà la vittima designata. Le previsioni dei precognitivi non si avverano mai, visto che i pre-colpevoli non commettono alcun crimine.

Un altro paradosso messo in evidenza dal *Minority Report* è che la Pre-crimine fa incarcerare degli individui che non hanno ancora infranto alcuna legge. Come si è già fatto notare, nel contesto di un'interpretazione deterministica del comportamento umano (qual è quella sostenuta dalla Pre-crimine), la sanzione di un criminale potrebbe essere giustificata a scopo utilitaristico e intimidatorio. Tuttavia, nel caso descritto dal film, la pena è assegnata del tutto ingiustamente, perché colpisce i potenziali colpevoli addirittura *prima* che essi commettano un'azione violenta.

Contro i metodi della polizia descritti nel film si possono muovere le stesse critiche avanzate da Cesare Beccaria (1738-1794) nel celebre trattato *Dei delitti e delle pene* (1764) nei confronti della tortura, usata come mezzo per estorcere una confessione di colpevolezza. Se il reato non è certo, non si può punire con la tortura (o con il carcere) chi non è ancora ritenuto colpevole di un delitto.

Un uomo non può chiamarsi *reo* prima della sentenza del giudice, – scrive Beccaria – né la società può togliergli la pubblica protezione, se non quando sia deciso ch'egli abbia violato i patti coi quali gli fu accordata. Qual è dunque quel diritto, se non quello della forza, che dia la potestà a un giudice di dare la pena a un cittadino, mentre si dubita se sia reo o innocente?²¹

La Pre-crimine mette dunque in pericolo le libertà che gli Stati liberal-democratici – e la stessa costituzione degli Stati Uniti – riconoscono a tutti i cittadini. Per questo aspetto, *Minority Report*, oltre a essere suscettibile di una lettura “filosofica”, si inserisce anche nell'attuale dibattito politico circa il piano di “difesa preventiva” statunitense, legato all'approvazione, nell'ottobre 2001 (dopo l'attacco alle Twin Towers), dell'*Homeland Security Act*, che contempla una serie di controverse azioni di contenimento, fra le quali, appunto, il carcere preventivo.

21 [4, cap. XVI, p. 60].

8. Aristotele e il problema dei futuri contingenti

Minority Report, un film animato dalla convinzione della libertà dell'uomo e dell'imprevedibilità del futuro, può essere letto anche alla luce della teoria dei "futuri contingenti" sostenuta dal logico polacco Jan Łukasiewicz (1878-1956). Per "futuri contingenti" si intendono quei fatti futuri che potranno avverarsi oppure no; invece, per "futuri necessari" si intendono quei fatti futuri che non possono non accadere.

Łukasiewicz, proprio per salvaguardare la libertà individuale, ha proposto *un terzo valore di verità* accanto al vero e al falso, riferendosi alle proposizioni riguardanti le azioni future dell'uomo, e che sono state discusse dai logici e dai filosofi a partire da Aristotele (384-322 a.C.). Per comprendere la posizione di Łukasiewicz bisogna dunque ripercorrere brevemente la storia del problema.

Nel capitolo IX dello scritto intitolato *De interpretatione* (19 a, 29-33 C), Aristotele osserva che la proposizione: "domani ci sarà o non ci sarà una battaglia navale", è vera necessariamente al momento attuale, essendo un esempio del principio logico del terzo escluso "*A o non A*". Tuttavia, il grande filosofo greco afferma che dalla necessità che l'una (*A*) o l'altra proposizione (*non A*) sia vera, non possiamo inferire la necessità della verità di *A* o la necessità della verità di *non A*²².

Nel nostro esempio, da "necessariamente (domani ci sarà o non ci sarà una battaglia navale)", non possiamo concludere "necessariamente domani ci sarà una battaglia navale", o "necessariamente domani non ci sarà una battaglia navale". In questo momento, le due proposizioni semplici *A* o *non A* che compongono tale enunciato complesso della forma "*A o non A*", prese singolarmente, non sono né necessariamente vere né necessariamente false.

Se, infatti, di due giudizi contraddittori, uno dei due fosse necessariamente vero, mentre l'altro fosse necessariamente falso, secondo Aristotele non occorrerebbe più che noi prendessimo delle decisioni, né che ci sforzassimo laboriosamente, con la convinzione che compiendo una determinata azione si verificherà un determinato fatto, e che non compiendo invece una determinata azione non si verificherà

22 [3, p. 25]. In simboli, non vale la seguente implicazione (in cui l'operatore \Box significa "è necessario"): $\Box (A \text{ o } \text{non } A) \rightarrow \Box A \text{ o } \Box (\text{non } A)$.

un determinato fatto²³.

Che cosa comporta il discorso di Aristotele sui futuri contingenti da un punto di vista strettamente logico? In termini moderni, si può dire che nel passo citato del *De Interpretatione* il grande filosofo greco confermi il principio del terzo escluso (“*A* o *non A*”) come legge logica, formulata nel cosiddetto “linguaggio oggetto”, ma che, contemporaneamente, lo contesti come principio “metalogico” di bivalenza, espresso nel “metalinguaggio” e asserente che il valore di verità di una proposizione è il vero o il falso²⁴.

In poche parole, sembra che già per Aristotele un enunciato possa essere attualmente né vero né falso, e solo potenzialmente vero o falso.

La possibilità di una logica a tre valori di verità è accolta nel mondo antico dagli epicurei, che sostengono la contingenza dell’universo, a causa della deviazione a carattere indeterministico nel movimento degli atomi, chiamata “*clinamen*” dal poeta latino Tito Lucrezio Caro (98 a.C. – 55 a.C.). Sulla posizione di Epicuro (341-270 a.C.), abbiamo una testimonianza di Cicerone (106 a.C. - 43 a.C.), che così si esprime nel *De fato*:

È necessario che fra due enunciati contraddittori [...], anche se Epicuro lo nega, uno sia vero e l’altro falso. Per esempio, ‘Filottete sarà ferito’ è stato vero dall’inizio dei secoli, ‘non sarà ferito’ falso; a meno che, per caso, non vogliamo seguire l’opinione degli epicurei, che dicono che tali enunciati non sono né veri né falsi, oppure, vergognandosi di dire questo, dicono quest’altra cosa, ancor più vergognosa, che sono vere le disgiuntive di contrari, ma che nessuno dei due enunciati è, vero²⁵.

Una posizione opposta a quella degli epicurei è ovviamente sostenuta dagli stoici, e in particolare da Crisippo, il quale afferma la validità universale della logica bivalente:

23 [3, p. 67].

24 Il “linguaggio oggetto” è il linguaggio in cui sono espressi i principi logici (come il principio di identità, quello del terzo escluso, quello di non contraddizione, ecc.). Invece, il “metalinguaggio” è il linguaggio in cui sono espressi gli enunciati relativi all’analisi delle proprietà del linguaggio oggetto. Nel metalinguaggio si parla, per esempio, della “verità” del linguaggio oggetto. Per chiarire la distinzione fra i due livelli del linguaggio, si può portare l’esempio dello studio di una lingua straniera: in una grammatica della lingua inglese scritta in italiano, l’inglese è il linguaggio oggetto e l’italiano è il metalinguaggio.

25 [10, XXXVII, p. 65].

Che incredibile licenza, e che miserevole imperizia logica! – prosegue Cicerone, che evidentemente non condivide le concezioni di Epicuro – Se infatti un enunciato non è vero né falso, certo non è vero. Ma ciò che non è vero, in che modo può non essere falso? Oppure, ciò che non è falso, in che modo può non essere vero? Sarà dimostrata quindi la tesi difesa da Crisippo, che ogni enunciato è o vero o falso.²⁶

Dunque, poiché Crisippo non ammette altri valori di verità oltre al vero e al falso, Łukasiewicz chiamerà “non crisippiche” le logiche polivalenti, così come si chiamano “non euclidee” le geometrie che negano il quinto postulato di Euclide (III secolo a.C.).

9. I futuri contingenti e la prescienza divina

La questione dell’esistenza di un terzo valore di verità accanto al vero e al falso si ripropone nel medioevo, sempre in collegamento al problema del determinismo. I filosofi della Scolastica devono conciliare il libero arbitrio con la “prescienza” divina. Infatti, la cognizione assolutamente certa che Dio ha delle nostre azioni future sembrerebbe implicare la concatenazione necessaria degli eventi, e quindi la negazione della libertà dell’uomo.

Guglielmo di Ockham, per esempio, affronta questo problema nel *Tractatus de praedestinatione et praescientia Dei respectu futurorum contingentium*. Nel caso delle azioni future dell’uomo, Ockham, allo scopo di salvaguardare il libero arbitrio, sostiene che gli eventi futuri non sono determinati a essere in un certo modo, più di quanto lo siano a esserlo in un altro. Di conseguenza, una proposizione che concerne i futuri contingenti non è, al momento attuale, né vera né falsa. Prima che accada l’evento corrispondente all’enunciato “Giuda tradì Cristo”, questa affermazione non ha un valore di verità determinato.

Ma allora – si chiede Ockham – come può Dio conoscere infallibilmente, in virtù della sua onniscienza, che Giuda tradirà Gesù, addirittura prima che Giuda stesso esista?

Come osserva Massimo Mugnai, Ockham risponde a questa domanda in un modo piuttosto singolare. Il filosofo inglese ritiene che si debba sostenere senza alcun dubbio (*indubitanter*) che Dio conosce

²⁶ [10, XXXVIII, pp. 65-66].

con certezza tutti i futuri contingenti, ma che sia difficile rendersi conto di come possa conoscerli. La conclusione cui perviene è perciò che è impossibile esprimere chiaramente come Dio conosca i futuri contingenti, ma che bisogna comunque sostenere che li conosce in maniera contingente, cioè non necessaria²⁷.

In effetti, Ockham si esprime in questi termini riguardo al problema della preveggenza divina:

Dio conosce in modo certo tutti i futuri contingenti (...). Ma è difficile vedere in che modo li conosca, dal momento che una parte non è più determinata alla verità di quanto lo sia l'altra²⁸.

Allo stesso problema, Tommaso d'Aquino (1221-1274) aveva dato una risposta diversa. Infatti, Tommaso risolve la difficoltà sostenendo che Dio, in realtà, non "prevede" il futuro, ma lo "vede", dato che Egli è fuori dallo scorrere del tempo e vive in un eterno presente. Per questa ragione, si può dire che la conoscenza di Dio non sia una *pre-scienza* (per Tommaso il futuro contingente non è, come tale, prevedibile: quello che accadrà all'uomo è conoscibile solo nella sua "presenzialità"). Tutte le azioni umane che per noi sono future, per Dio sono presenti. Dio le vede, e tale visione non toglie loro la libertà, esattamente come noi non togliamo la libertà ai protagonisti di una qualsiasi vicenda quando vi assistiamo²⁹.

10. La logica trivalente di Łukasiewicz

È sulla base di questa tradizione logico-ontologica che si sviluppano nel Novecento le ricerche di Łukasiewicz sulle logiche polivalenti, e che possono essere richiamate anche a proposito del film di Spielberg *Minority Report*.

Prendiamo in considerazione un enunciato riguardante il futuro del tipo: "Domani Tizio ucciderà Caio" (per esempio "John Anderton

27 [22, p. 447].

28 [23, p. 516].

29 [27, prima pars, qu. 14, a 13, pp. 83-84]. Questa concezione è già presente nella *Consolazione della filosofia* di Severino Boezio (480 ca.-526), e sarà ripresa anche da Dante Alighieri nel canto XVII del *Paradiso*, dove leggiamo: "La contingenza, che fuor del quaderno / della vostra matera non si stende, / tutta è dipinta nel cospetto eterno: necessità però quindi non prende / se non come dal viso in che si specchia / nave che per corrente giù discende" (vv. 47-42).

ucciderà Leo Crow”)³⁰. Łukasiewicz direbbe che tale proposizione non può essere fin d’ora determinatamente vera o falsa, come pretende la logica classica bivalente. Infatti, se lo fosse, il futuro non sarebbe contingente ma necessario, e quindi verrebbe meno il nostro libero arbitrio, in virtù di una sorta di “determinismo logico”:

Per determinismo [logico, n. d. a.] io intendo – scrive Łukasiewicz – una teoria che afferma che se un evento E accade in un momento t , allora è vero per tutti i momenti precedenti a t , che E accade nel momento t ³¹.

Secondo il determinismo logico, gli eventi futuri sono già determinati in modo necessario, perché gli enunciati che li descrivono sono atemporalmente veri o falsi: se l’enunciato P risulta già vero adesso, quanto è espresso da P non può non accadere. Così si esprime Łukasiewicz a tale riguardo, con un paragone “cinematografico”:

Se tutto ciò che accade e diventa vero in un tempo futuro è già vero da oggi ed è stato vero per tutta l’eternità, il futuro è allora determinato quanto il passato, e differisce dal passato solo nel dover ancora accadere. Il determinismo guarda al succedersi degli avvenimenti nel mondo come se fossero un film realizzato in qualche studio cinematografico nell’universo. Noi siamo al centro dello spettacolo e non ne conosciamo il finale, sebbene ciascuno di noi non sia solo spettatore, ma anche attore del dramma. Ma il finale è lì, esiste dall’inizio dello spettacolo, [...] le nostre avventure e le vicissitudini della nostra vita, tutte le nostre decisioni e azioni, buone o cattive sono già decise. [...] Siamo solo pupazzi nel dramma universale³².

Dunque, in conformità a quanto hanno già intuito Aristotele, Epicuro e Ockham, se vogliamo ammettere il libero arbitrio, un enunciato riguardante il futuro del tipo “Domani tizio ucciderà Caio”, deve avere, al momento attuale, un valore di verità indeterminato. Partendo da questo presupposto, Łukasiewicz nega la validità universale del

30 In realtà, l’esempio proposto da Łukasiewicz è un altro: “Domani partirò per Varsavia”, ma la sostanza del discorso non cambia

31 [20, p. 109].

32 [21, p. 113]. La ragione per cui Łukasiewicz respinge il determinismo e propone una logica a più valori è dunque la difesa della dignità dell’uomo. A giudizio di Łukasiewicz, in un universo concepito deterministicamente, “non c’è posto per un atto di creazione che risulti non da una legge, ma da un impulso spontaneo. (...) Lo spirito creativo si ribella a tale concetto di scienza, dell’universo, della vita. Un individuo coraggioso, conscio del suo valore, non desidera affatto di essere un legame della catena di cause ed effetto, ma vuole avere una sua parte nel corso degli eventi” [19, p. 70].

principio della bivalenza ed elabora, nel 1920, una logica che prevede tre valori di verità: il “vero” (indicato con la cifra 1), il “falso” (indicato dallo 0) e il “possibile”, cioè l’uguale possibilità del vero e del falso (e indicato dal terzo valore $1/2$)³³.

Il valore “1” è proprio di asserzioni che sono vere in modo definitivo, o perché si riferiscono a relazioni atemporali (del tipo “ $2 + 2 = 4$ ”), o perché ciò di cui esse parlano è già accaduto, o perché il suo accadere è comunque già deciso. Il valore “0” è proprio di asserzioni che sono false in modo definitivo per ragioni analoghe. Invece, il valore $1/2$ concerne asserzioni riguardanti un futuro indeterminato. La logica “trivalente” di Łukasiewicz ha poi aperto le porte alla costituzione di una logica a un numero infinito di valori³⁴.

In modo analogo a quanto sostiene Łukasiewicz, nel film di Spielberg, l’affermazione che un certo individuo commetterà un delitto, nel momento in cui viene espressa dai *Pre-cogs* non risulta né vera né falsa ma solo “possibile” (o indeterminata), dato che l’uomo, pur nella stretta dei condizionamenti, resta libero di scegliere. Il futuro, infatti, si può sempre cambiare.

1.2. Un nuovo argomento a favore del libero arbitrio

Per concludere, possiamo chiederci quali siano oggi, gli argomenti a sostegno del libero arbitrio, tali da corroborare la posizione espressa da Spielberg nella sua pellicola. Una proposta originale è avanzata da Mario De Caro, che fa riferimento ai risultati delle scienze umane.

Secondo De Caro, a partire dalle spiegazioni delle scienze umane,

33 Cfr. [19, pp. 67-71].

34 “Secondo questa posizione – scrive Łukasiewicz – le proposizioni logiche possono assumere valori diversi dalla verità e dalla falsità. Una proposizione di cui non si sappia se sia vera o falsa può non avere alcun valore determinato di verità o falsità, ma può avere un terzo valore indeterminato. Si può pensare, ad esempio, che la proposizione ‘fra un anno sarò a Varsavia’ non sia né vera né falsa, ma abbia il terzo valore indeterminato, che possiamo indicare in simboli con ‘ $1/2$ ’. Possiamo, però, andare oltre e attribuire alle proposizioni infiniti valori compresi fra la verità e la falsità. In questo caso si avrebbe un’analogia con il calcolo delle probabilità, in cui si attribuiscono infiniti gradi di probabilità ai diversi eventi. In questo modo si otterrebbe un intero cumulo di logiche a più valori: una a tre valori, una a quattro valori, ecc., fino a una logica a infiniti valori. Simboli diversi da ‘1’ e ‘0’, quali sono usati nelle dimostrazioni d’indipendenza, corrisponderebbero così a proposizioni aventi gradi diversi di verità, in logiche con il corrispondente numero di valori” [3, vol. II, p. 526].

si può costruire un'abduzione – o, come si dice oggi, un'inferenza alla migliore spiegazione – in favore della libertà. L'abduzione è una forma di ragionamento non deduttivo né strettamente induttivo, grazie alla quale si accetta un'ipotesi (o una teoria) che spiega nel modo migliore un determinato fenomeno. L'inferenza abduttiva proposta da De Caro è la seguente, articolata in tre premesse e una conclusione:

Premessa I. I concetti che usiamo nel descrivere gli esseri umani secondo la prospettiva agenziale (ragioni, deliberazioni, scelte, credenze ecc.) rimandano intrinsecamente all'idea di libertà. Essere agenti *implica* essere liberi. (...)

Premessa II. La maggior parte delle spiegazioni delle scienze umane e sociali – cui ci riferiamo per spiegare un gran numero di fenomeni riguardanti la vita umana – incorporano *costitutivamente e ineliminabilmente* i concetti agenziali e dunque, per loro tramite, rimandano all'idea della libertà umana. (...)

Premessa III. A partire da spiegazioni delle scienze umane si può costruire un'abduzione (...) in favore della libertà. Dato che tali teorie offrono le migliori spiegazioni nei rispettivi ambiti, è infatti razionale accettarle; ma in tal modo contraiamo anche l'impegno ad accettare ciò che tali teorie ci dicono sul loro oggetto, ovvero sugli esseri umani.

Conclusione. Da ciò segue che è razionale accettare l'idea della libertà umana, in quanto essa è implicata dalle spiegazioni delle scienze umane³⁵.

In sintesi, per De Caro, le spiegazioni delle scienze umane incorporano necessariamente i concetti "agenziali" (cioè usano nozioni come quelle di "ragione", "deliberazione", "scelta", "credenza", ecc.), che a loro volta rimandano intrinsecamente all'idea di libertà. Poiché le scienze umane offrono le migliori spiegazioni dell'ambito di esperienza

35 [11, pp. 131-132]. De Caro critica anche il tentativo del "naturalismo scientifico" di ridurre la questione concettuale della libertà a quella empirica. In particolare, egli non ritiene convincenti gli esperimenti del neurofisiologo Benjamin Libet, cfr. [18], i quali, secondo alcuni interpreti, avrebbero suffragato il determinismo, dimostrando che i processi volizionali iniziano in modo inconscio. Invece, a giudizio del filosofo italiano, "gli esperimenti di Libet, per quanto interessanti, sono viziati da una visione troppo ingenua della coscienza e della causazione mentale" [11, p. 22].

su cui vertono, è razionale accettarle. Ma, così facendo, dobbiamo accettarne anche gli impegni ontologici, e cioè, appunto, che gli esseri umani sono liberi.

Naturalmente, tale conclusione è – come tutte le conclusioni raggiunte sulla base di un’inferenza abduttiva – di carattere ipotetico, cioè revocabile. Tuttavia, è frutto di un *argomento* e non di una semplice intuizione. Inoltre, la concezione difesa da De Caro non ha fondamenti esclusivamente metafisici, ma si radica nel piano delle scienze umane, che non si possono accusare di essere “metafisicamente oscure”.

Non è detto, dunque, che la nostra libertà sia una mera illusione.

Bibliografia

- [1] AA. VV., *Esercizi di filosofia al cinema*, con introduzione di U. Curi, Pensa Multimedia, Lecce 2006.
- [2] Abbagnano, N., *Dizionario di filosofia*, terza ed. aggiornata e ampliata da G. Fornero, Utet, Torino 2001.
- [3] Aristotele, *De interpretatione*, in Aristotele, *Organon*, vol. I, Laterza, Bari 1970.
- [4] Beccaria, C., *Dei delitti e delle pene*, Feltrinelli, Milano 2007.
- [5] Bochenski, J. M., *La logica formale. La logica matematica*, 2 voll., Einaudi, Torino 1972.
- [6] Bronzo, S., *Libero arbitrio e retributività*, in *Rivista di filosofia*, XCVII, n° 1, 2006, pp. 59-82.
- [7] Cabrera, J., *Da Aristotele a Spielberg. Capire la filosofia attraverso i film* (1999), Bruno Mondadori, Milano 2000.
- [8] Chisholm, R., *Responsability and Avoidability*, in S. Hook (a cura di), *Determinism and Freedom in the Age of Modern Sciences*, pp. 145-147, Collier Books, New York 1961.
- [9] Chisolm, R., *Person and Object*, Open Court, La Salle (Ill.)1976.
- [10] Cicerone, M. T., *De Fato. Il destino*, Mursia, Milano 1994.
- [11] De Caro, M., *Il libero arbitrio. Una introduzione*, Laterza, Roma-Bari 2004.
- [12] Dick, P. K., *Rapporto di minoranza (1956)*, in *Rapporto di minoranza e altri racconti*, Fanucci editore, Roma 2002.
- [13] Eusebio, *Praeparatio evangelica*, in R. Mondolfo (a cura di), *Il pensiero stoico ed epicureo*, p. 134, La Nuova Italia, Firenze 1958.
- [14] Kant, I., *Critica della ragion pratica*, Laterza, Bari 1972.
- [15] Kant, I., *Prolegomeni ad ogni futura metafisica*, Laterza, Bari 1979.

- [16] Leibniz, G. W., *Die philosophischen Schriften*, a cura di C. I. Gerhardt, Berlin, 7 voll., 1875-90.
- [17] Levy, E., Il mio domani terribile – Intervista a Steven Spielberg, *Ciak*, 2002, n° 8, pp. 22-23.
- [18] Libet, B. *Mind Time. Il fattore temporale nella coscienza*, Raffaello Cortina, Milano 2007.
- [19] Lukasiewicz, J., Logica aristotelica e logica simbolica, in *La logica matematica*, a cura di A. Sani, pp. 67-71, La Nuova Italia, Firenze 1996.
- [20] Lukasiewicz, J., *Logica modale*, Faenza, Faenza editrice, 1979.
- [21] Lukasiewicz, J., On determinism, in *Selected Works*, a cura di J. Slupecki, pp. 152-178, North Holland, Amsterdam 1970.
- [22] Mugnai, M., Ockham, in P. Rossi, A. Viano, *Storia della filosofia. 2. Il Medioevo*, pp. 419-450, Laterza, Roma-Bari.
- [23] Ockham, W. *Tractatus de praedestinatione et praescientia Dei respectu futurorum contingentium*, a cura di Ph. Boehner, in *Opera philosophica et theologica*, pp. 515-17, The Franciscan Institute, St. Bonaventure (N. Y.), vol. II, 1978.
- [24] Sani, A., *Il cinema pensa? Cinema, filosofia e storia*, Loescher, Torino 2008.
- [25] Sani, A., *Il cinema tra storia e filosofia*, Le Lettere, Firenze 2002.
- [26] Tommaso d'Aquino, *Somma contro i Gentili*, Utet, Torino 1978.
- [27] Tommaso d'Aquino, *Summa theologiae*, San Paolo Ed., Torino 1988.
- [28] Voltaire, *Il filosofo ignorante*, Bompiani, Milano 2000.

Andrea Sani

Liceo classico Galileo, Firenze

Il valore della scienza per la democrazia¹

1. Il rapporto scienza-democrazia: alcuni interrogativi

Nella storia della civiltà europea, la democrazia è cresciuta insieme alla scienza e lo sviluppo dell'una ha contribuito allo sviluppo dell'altra. Non sempre c'è stata diretta e immediata correlazione, eppure alcuni concetti-chiave si ritrovano tanto alla base dello spirito scientifico quanto alla base dello spirito democratico. Li diamo spesso per scontati e così finiamo per non apprezzare la carica innovativa che ha contrassegnato la nascita e lo sviluppo della scienza e della democrazia in Europa.

Attorno a noi troviamo ormai una grande quantità di oggetti d'uso quotidiano che non sono "naturali" eppure non contraddicono certo le leggi della fisica e della chimica – anzi, sono testimonianza della fecondità delle conoscenze raggiunte circa la natura. Sono prodotti dell'innovazione scientifica e tecnologica e servono ai più vari scopi, più e meno buoni, ma prodotti, scopi e criteri per giudicarli sono meno innaturali di quanto si creda. Inoltre, che la scienza sollevi problemi etici circa il suo impiego non è una novità del nostro tempo, benché gli specifici motivi siano diversi e il dibattito coinvolga molti più soggetti che in passato.

Oggi c'è un'acuta e diffusa sensibilità da parte dell'opinione pubblica verso i progressi della genetica, le opzioni in campo energetico, le terapie utilizzabili negli stadi terminali di una malattia, l'impiego di OGM nell'industria alimentare. Accanto a nuove e specifiche questioni sollevate dal progresso della scienza, ci sono interrogativi meno nuovi, più generali e non meno importanti: cosa possono fare gli scienziati a garanzia della pace? Come gestire le applicazioni della ricerca nell'interesse pubblico? Cosa fare per migliorare l'accesso all'informazione scientifica attraverso i media? Come coordinare l'istruzione in campo scientifico con l'educazione alla cittadinanza?

¹ Questo testo corrisponde a una sintesi di due "lezioni-incontro" tenute a Montepulciano (il 30 ottobre 2007, presso l'Istituto Superiore *Poliziano*) e a Pisa (il 20 novembre 2007, presso il Complesso Scolastico *Concetto Marchesi*).

Ulteriori quesiti riguardano una vasta gamma di temi specifici: principi bio-etici (relativi alla manipolazione degli embrioni umani e all'accanimento terapeutico), legami fra ricerca e industria farmaceutica, strategie per evitare l'estinzione di numerose specie viventi, tecniche per la libera circolazione delle informazioni e metodi crittografici per la protezione dei dati personali. Riguardo a ciascuno di questi temi sono emersi punti di vista diversi fra gli specialisti e nell'opinione pubblica.

La scienza non è una struttura monolitica e neppure lo è la democrazia. In aggiunta, la loro composizione si presta a esser indagata da più prospettive. Per esempio, nell'analisi della struttura della scienza ci si è soffermati soprattutto sugli aspetti metodologici, ma poi è stata messa in rilievo anche l'importanza dei modi in cui la comunità scientifica si organizza, con le sue istituzioni accademiche e i suoi modelli comunicativi. Gli storici della scienza hanno mostrato la complessità dei processi che portano all'affermarsi di una nuova teoria, gli psicologi hanno studiato l'attività conoscitiva esaminando i processi mentali, gli informatici hanno simulato le strategie di *problem solving* e messo a punto programmi in grado di arrivare per conto proprio alla scoperta di leggi fisiche. Anche nell'analisi della democrazia ci sono prospettive differenti tra loro, di cui si enfatizza più spesso la divergenza che la convergenza.

Insomma, i concetti di scienza e di democrazia si sono modificati nel corso della storia e tuttora ci sono diversi modi di *intendere* l'una e l'altra; perciò, prima di discutere del loro rapporto, bisognerebbe precisare bene cosa s'intende per "scienza" e cosa s'intende per "democrazia". Una rapida riflessione come questa non può addentrarsi nelle precisazioni richieste a tale scopo. Quindi mi limiterò ad alcuni aspetti generali della scienza e della democrazia, per richiamare la vostra attenzione sul ruolo che la mentalità scientifica può svolgere nella crescita di una società democratica; per maggior concretezza, farò riferimento alla situazione italiana, illustrando le difficoltà cui conduce una scarsa attenzione al rapporto scienza-democrazia.

2. La struttura del discorso scientifico

I pesci hanno bisogno dell'acqua per vivere, le scienze hanno bisogno di un ambiente simbolico per esserci: un mezzo in cui trovino espressione i concetti, un codice in cui restino impresse le informazioni per essere oggettivate, recuperate, valutate e trasmesse. Questo medium è il linguaggio: è la piazza virtuale in cui facciamo incontrare i nostri pensieri e in cui organizziamo i legami fra una proposizione e un'altra sotto forma di *discorsi*.

Ci sono tanti tipi di discorso, differenziati non solo dal tema e dalla finalità ma anche, e primariamente, dalla struttura: letterario, politico, religioso... La struttura del discorso *scientifico* è uno stampino abbastanza recente nella storia dell'umanità. In questo stampino si dispongono ordinatamente i pensieri, giusti o sbagliati che poi risultino, avendo cura di esplicitare i legami inferenziali tra le proposizioni, perché una volta espliciti possiamo controllare la correttezza logica dei ragionamenti e, risalendo di premessa in premessa, possiamo individuare il minor numero di principi che coprano il maggior numero di fenomeni. Inoltre, è richiesto che si confronti il risultato dei ragionamenti, condotti a partire dai principi, con i dati osservativi e sperimentali. Detto così, sembra un alfabeto che interessa unicamente "lo scienziato al lavoro", ma in questa struttura, frutto di un lungo affinamento attraverso i secoli, hanno preso corpo le nozioni di *razionalità* e di *oggettività*, come accessibili in linea di principio a chiunque; e queste nozioni non sono d'interesse solo per chi fa scienza.

Né è marginale che il pensiero scientifico abbia trovato nella forma matematica la sua più rigorosa espressione. Il Teorema di Pitagora è un «teorema» perché c'è la sua *dimostrazione* e i singoli passi di questa dimostrazione sono riconoscibili nella loro correttezza logica da chiunque. Fossimo riusciti a "dimostrare" qualcosa e a precisare i caratteri stessi del "dimostrare" senza potercene servire nella conoscenza della natura, sarebbe stata sempre una gran cosa ... ma ce ne siamo pure serviti – provando che *se* vale la tale legge fisica *allora* non può esistere questo e quello, per esempio, una macchina capace di estrarre lavoro gratis. Abbiamo cominciato a capire la realtà grazie alla capacità di ragionare sulle possibilità. Abbiamo ragionato su situazioni ipotetiche (se la gravità decrescesse con il cubo e non con il quadrato della distanza, come sarebbe fatto il sistema solare?) andando poi a controllare quali situazioni ipotetiche corrispondano a quanto osservato.

La pura razionalità non basta a conoscere la natura. Oltre alle “necessarie dimostrazioni”, per dirla con Galileo, ci vogliono le “sensate esperienze”. È osservando e sperimentando che si controllano le ipotesi e cresce il sapere. Il controllo non è una cosa privata: la conoscenza che si consegue nel discorso scientifico è *inter-soggettiva*. Come non esiste un linguaggio tutto mio, uno tutto tuo ecc., così non esiste una scienza esclusivamente mia, una scienza esclusivamente tua, ecc. Mentre persone che parlano lingue diverse hanno difficoltà a capirsi, il linguaggio scientifico è universale.

3. Intersoggettività

Quale specie di inter-soggettività è quella che prende corpo nel discorso scientifico? Si tratta di una *comunità ideale* – *ideale* perché una specifica comunità potrebbe anche essere chiusa, dogmatica, portata a vedere in ogni nuova idea una minaccia e quindi potrebbe respingerla a dispetto di tutte le prove, punendo in qualche modo chi non si conformi. Non è in gioco il semplice accordo fra un gruppo più o meno esteso di persone. L’oggettività della conoscenza scientifica non è definita dall’accordo con le credenze condivise da un particolare gruppo di persone in un particolare tempo. Potreste obiettare che, dopotutto, gli scienziati sono *un* gruppo di persone con *un* loro insieme di credenze condivise. Rispetto a ogni altro gruppo, queste credenze non trovano però la loro legittimazione nel solo fatto di essere condivise o nel prestigio di chi le ha introdotte e diffuse. Lo scienziato è tenuto a metter in discussione il suo prestigio ogni nuovo giorno.

Il *pedigree* delle idee non fa testo. Quel che conta è la portata e la semplicità delle ipotesi, la loro potenza esplicativa e predittiva, la correttezza logica del ragionamento, l’attendibilità dei dati sui quali si ragiona, la costruzione di apparati sperimentali che funzionino bene, la precisione dei risultati così ottenibili, cui *tutti* in linea di principio devono avere la possibilità di accedere. Non ci sono “conoscenze” alle quali soltanto alcuni hanno titolo ad accedere. Certo, come dicono a Napoli, nisciuno nasce ‘mparato e, quando la conoscenza si estende in ampiezza e profondità, l’accesso richiederà anni e anni di studio e apprendistato. Lo stesso, del resto, vale per ogni lavoro, e per ogni gioco, che esiga l’acquisizione di specifiche competenze. A prescindere dal tempo che ci vuole per acquisire le competenze richieste, soltanto un sapere che in linea di principio è accessibile a tutti può essere

considerato scientifico.

Così, la scienza rifiuta il *principio di autorità* in qualunque sua versione e rifiuta, più in generale, ragionamenti che si servano di argomentazioni *retoriche*, nelle quali (a) i giudizi positivi su qualcuno si traducono in richieste di assenso a quanto afferma: «Se l'ha detto ..., *dev'essere vero*», vedi *l'ipse dixit*, da Pitagora in poi; (b) le critiche rivolte a qualcuno si traducono in critiche a quanto afferma (*ad hominem*): «Se l'ha detto ..., *dev'essere falso*».

Nell'indagine scientifica ognuno può liberamente avanzare ipotesi, elaborare teorie, costruire strumenti d'osservazione, senza dover incorrere in divieti e sanzioni. Non ci sono tabù preventivi. La crescita di una conoscenza oggettiva è, anzi, favorita dalla pluralità di linee di ricerca, idee, teorie e metodi. Eccoci, dunque, a un altro punto fondamentale, perché il pluralismo di linee di ricerca, idee, teorie e metodi richiede una cospicua dose di tolleranza, dunque di rispetto per chi la pensa in modo diverso. La razionalità scientifica è in questo senso il simbolo stesso della democraticità: *inter-soggettiva, aperta, tollerante*; allo stesso tempo si offre senza ostacoli alla critica, anzi la promuove e ne fa un uso decisivo nella selezione tra i modelli che si candidano a offrire la migliore spiegazione dei fatti.

Intendiamoci: nel corso della storia del pensiero scientifico è successo un po' di tutto, com'è vero che di fatto, a fatica, le buone ragioni sono riuscite a farsi strada. Possiamo commettere errori, trascurare conoscenze acquisite da altri o addirittura non capirle (com'è avvenuto per secoli nei confronti dell'opera di Archimede), ma alla lunga ... l'ottusità non dura. Troppo ottimista? Tanto quanto lo si può essere nei confronti dell'idea che gli esseri umani tendono a ribellarsi all'ingiustizia, individuano sistemi di norme per impedire ulteriori soprusi, non rinunciano facilmente alla libertà ..., che è anche libertà di pensiero e libertà di critica, e sono capaci di abbandonare le proprie amate credenze per ascoltare «la voce della ragione», che ha pure un suo potere. Il potere della ragione è di tipo speciale: non ha bisogno di forze dell'ordine per essere tutelato e non si può imporre con le armi.

La razionalità scientifica è tollerante ... quanto è esigente: bisogna che siate pronti ad abbandonare un'idea se le prove sono contrarie e, qualunque cosa vogliate sostenere, dovete addurre argomenti (corretti) per sostenerla. Non si può dire «Io la penso così e continuerò a pensarla così, qualunque fatto contrario sia portato alla mia attenzione» oppure «Questo è scritto nel testo che per me è il più autorevole che ci sia, fine

della discussione», o ancora «Ho visto la verità, credetemi, e se non riuscite a vederla è colpa dei vostri occhi».

Attraverso il mutuo controllo degli argomenti a favore o contro un'ipotesi, ci si difende dai guai che l'appello a un'autorità (qualunque essa sia) produce. Ogni affermazione, per essere accettata, deve avere le sue brave giustificazioni, pubblicamente accessibili, e fra queste giustificazioni non ha titolo «L'ha detto ...». Quando in una discussione la retorica ha il sopravvento sugli argomenti razionali, allora viene eroso il terreno stesso su cui poggia la scienza. Anche la democrazia ne soffre, tanto che il principio ispiratore dell'educazione in una democrazia potrebbe e dovrebbe essere lo stesso motto della Royal Society: *Nullius in verba* (nelle parole di nessuno).

4. Il rapporto scienza-democrazia secondo Giulio Preti

Per lungo tempo la cultura italiana è stata stretta nella morsa di un confronto epocale tra un quadro d'ispirazione religiosa e uno fondato su un'ideologia laica, entrambi inclini a fare della conoscenza scientifica solo uno strumento tecnico, come tale equiparabile a cultura di serie B – uno strumento per fini definiti in base a conoscenze d'altro tipo, di serie A.

Usciti dal confronto epocale, molti hanno perso la bussola. In realtà, tra chi aveva tentato di mettere in evidenza l'ideale significato del rapporto tra scienza e democrazia c'era anche qualcuno che avrebbe potuto fornire una bussola più attendibile. Negli anni quaranta, un filosofo italiano aveva combattuto una battaglia per assegnare alla scienza un posto centrale in una cultura democratica. Parlo di Giulio Preti. L'aveva combattuta ... e l'aveva persa, malgrado i suoi buoni argomenti². Preti non era uno "scienziista": non era iscritto al partito di coloro che vogliono ricondurre tutto alla diligente esecuzione di istruzioni ricavate da un sapere supposto monolitico, infallibile, con risposte già pronte per tutte le domande. Non pensava che il valore supremo, o l'unico valore, risiedesse nel sapere, né pensava che ogni altra cosa che conta si trovasse già esposta in qualche altro libretto

² G. Preti, *Idealismo e positivismo* (Bompiani, Milano 1943) e *Praxis ed empirismo* (Einaudi, Torino 1957).

non meno completo d'istruzioni. A essere sconfitto non era stato solo lui, ma anche la possibilità di far crescere la democrazia attraverso la diffusione della razionalità scientifica, a partire dalla scuola.

Quando ero uno studente, il colpevole non era difficile da individuare: i guai della scuola erano dovuti a come l'aveva disegnata Giovanni Gentile. Gli studenti di oggi non hanno più la possibilità di pensarlo, né hanno la comodità di indicare con nome e cognome l'artefice dei guai attuali, che sono piuttosto l'esito di successivi aborti di riforme, animate dalle migliori intenzioni, ora senza un chiaro disegno in testa, ora con un disegno chiaro ma di basso profilo, ora con un disegno chiaro e di alto profilo, naufragato però in una sequela di compromessi e dilazioni geologiche. Non lo dico per riabilitare l'impostazione gentiliana (e crociana), che con il profondo legame tra spirito scientifico e spirito democratico fa a pugni.

Fatto sta che, fra tutte le buone intenzioni che hanno animato riforme e controriforme, non c'è mai stata la chiara e coerente intenzione di valorizzare al meglio il ruolo educativo della conoscenza scientifica. Era davvero così arduo? Sarebbe bastato prestare attenzione a quanto Preti aveva scritto. Per brevità, vi invito a riflettere su un suo pensiero:

Una motivazione scientificamente invalida rende invalido il giudizio di valore che su essa si appoggia: e la civiltà di un popolo si misura dalla scientificità delle motivazioni dei suoi giudizi di valore. Un popolo che appoggia le sue valutazioni a motivazioni prescientifiche o antiscientifiche è un popolo incivile: tutto il suo ethos scade ad imposizioni bestiali e tiranniche.³

5. Nullius in verba

L'indottrinamento collide con i valori della democrazia, anche quando la "dottrina" da inculcare fosse ammirevole. Gli stessi principi basilari della nostra Costituzione hanno un senso non se sono inculcati ma se le ragioni di ciascun principio sono spiegate, motivate, argomentate, in modo da essere *consapevolmente riconosciute*.

Certo, fa una bella differenza lasciarsi indottrinare da una setta di fanatici che inneggiano alla violenza o da una confraternita che ci

³ Il passo è tratto da Giulio Preti, *Retorica e logica*, Einaudi, Torino 1968, p. 210.

invita all'amore, così come fa differenza subire il fascino di un leader carismatico che esalta valori umanitari o il fascino di uno che istilla odio. Ma queste differenze restano secondarie se fanno appello unicamente a una risposta emotiva. Diventano invece stabile patrimonio della democrazia se ci poniamo sul terreno dell'argomentazione razionale, della più ampia intersoggettività e di una liberale tolleranza. Il contrario dell'indottrinamento non è dunque l'ovatta dell'odierno perbenismo che esorta a "capire" tutto e il contrario di tutto; non è la rinuncia a dire che questo è giusto e quello sbagliato e non è neppure il gusto di ridicolizzare le convinzioni altrui. La via che passa per *Nullius in verba* non porta a sciocchezze come «Ognuno ha la sua verità», perché nel momento in cui ci affidiamo alla logica, alla discussione pubblica e alla verifica empirica, i requisiti per poter dire «questo è vero» si fanno ancora più esigenti rispetto a quando ci si poteva affidare alle Parole di Qualcuno. Anzi, i requisiti possono diventare molto difficili da soddisfare – tanto difficili da suggerire più prudenza di quella che gli "scienziati" solitamente mostrano.

Nella scienza non c'è posto per dogmi, esattamente come in democrazia non c'è posto per il dispotismo (anche la sottomissione incondizionata alla Volontà del Popolo segnala una forma, benché impersonale, di dispotismo). Se il dogma fosse anche una superverità e il despota fosse anche il più buono e il più giusto, quella superverità non avrebbe titolo a far parte della scienza, così come l'eventuale superbontà e supergiustizia del despota non avrebbero titolo alcuno a surclassare le imperfezioni della democrazia. Premesso questo, della mentalità scientifica non fa parte il disprezzo di ciò che scienza non è e non intende essere. Non è con la presunzione di sapere già tutto che cresce il sapere.

La democrazia è basata sul consenso. La scienza è l'ambito in cui il consenso è, in linea di principio, basato soltanto su attendibili prove fattuali e sul corretto ragionamento a partire da principi che ammettono controlli osservativi e sperimentali. Non ci sono presunte verità intoccabili, parole d'ordine, poteri da onorare e tanto meno da temere. Nella ricerca della verità, o quanto meno nella ricerca di una migliore spiegazione dei fatti, non avete debiti verso alcuno. Lo spirito scientifico è spirito d'avventura, di confronto aperto, libero e passionato. Non c'è oggettività se non quella disponibile alla più vasta, potenziale, inter-soggettività.

Che cosa significa *Nullius in verba*? Se quel che si afferma è valido, la sua validità non dipende dall'esser già stato affermato da una qualche

Autorità; se è invalido, la sua non validità non dipende dall'essere in contrasto con quanto affermato da un'Autorità. In questo motto è riassunto uno dei caratteri della *civiltà* europea. È l'individuazione di un piano di razionalità virtualmente universale – un piano che non appartiene più alla sola Europa nella quale è nato ed è cresciuto.

L'idea che sta dietro al motto della Royal Society è tutt'altro che innocua: non c'è spazio per la libertà della cultura scientifica in una società teocratica e neppure in una società in cui la «crazia» assoluta sia identificata con qualche terrena autorità, quella del Popolo inclusa. Non c'è, perché non c'è spazio per la critica razionale, che non conosca tabù e si esercita verso qualunque idea. Più ci sono dogmi, non importa se buoni o cattivi, meno c'è possibilità di crescita per quest'esercizio. I dogmi cattivi non si combattono con altri dogmi, quelli buoni, ma con la rinuncia al principio d'autorità: *Nullius in verba*.

L'atteggiamento scientifico cresce insieme allo spirito di tolleranza. Non cresce, però, supponendo che, come lasciamo il terreno propriamente scientifico, tutte le idee (credenze, dottrine, visioni del mondo) siano allo stesso pari, una buona quanto l'altra. E verso chi disprezza, con le parole e con i fatti, il richiamo a fornire ragioni e ascoltare le ragioni degli altri, la tolleranza finisce, altrimenti si traduce in indifferenza verso la razionalità e verso la democrazia.

Come è tollerante, così l'atteggiamento scientifico è esigente. Non invita a tenersi in privato – o nella propria comunità, tribù, etnia, gruppo – le proprie convinzioni. Invita piuttosto a fornire argomenti a loro sostegno, quindi a cercarli e a controllarli. Invita chiunque abbia una convinzione a immaginare, in proprio, controargomenti, per vedere se è in grado di respingerli o no, invece di nasconderli alla propria coscienza. Ne uscirebbe spaesato? La libertà di pensiero produce spaesamento, ma è uno spaesamento salutare: abitua ad assumersi la responsabilità di quel che si dice, abitua alla tolleranza ... e la democrazia ne trae beneficio.

Immaginare argomenti e controargomenti fa parte dell'abito mentale del ricercatore e ha una diretta valenza formativa. Se è importante educare a quest'abito, allora l'educazione scientifica diventa più che un bagaglio di informazioni fattuali, memoria di formule, conoscenza di procedure sperimentali. Significa abituarsi ad argomentare su ciò che si è capito per identificare ciò che non si è capito, abituarsi a esplorare lo "spazio del problema" per trovare quel che è rilevante alla soluzione e quel che non lo è, abituarsi a esercitare la capacità immaginativa variando lo spazio del problema, abituarsi a formulare in modo preciso

le ipotesi da cui partiamo e abituarsi a confrontare i risultati del proprio o altrui ragionamento con i dati empirici. Anche dalla diffusione di un simile abito mentale la democrazia trae beneficio.

6. Regole, frontiere, limiti della scienza

Tra i fattori che attestano la scientificità di una teoria o di un risultato sperimentale c'è il rispetto di determinate *regole di metodo*. Non a caso c'è chi ha detto: la scienza è già tutta nel metodo scientifico. Tuttavia, se senza il rispetto di regole che garantiscano l'intersoggettività non c'è "sapere", il mero rispetto delle regole non è garanzia di alcun significativo "sapere". L'enfasi sulle regole di metodo, quasi fossero le Tavole di Mosè, rischia dunque di essere fuorviante. Quando le regole sono state definite in modo rigido, più di una volta nel corso della storia della scienza sono state violate. «Male!», direte. Quest'opportunismo invece ha consentito un progresso che altrimenti sarebbe stato difficile realizzare⁴. Nessuna regola scritta capirà per voi quel che voi non vi curate di capire.

Inoltre, le regole del metodo scientifico non fissano una volta per tutte le frontiere della scienza. Si esige che l'oggetto d'indagine sia accessibile all'osservazione e le soluzioni dei problemi siano controllabili? Sì, ma questo non specifica alcun limite preciso, stabilito ora e per sempre. La costruzione di nuovi strumenti osservativi (dal cannocchiale di Galileo al radiotelescopio, dal microscopio allo spettrografo di massa) ha dilatato enormemente il campo di ciò che si giudicava *osservabile*; e ci vuol poco a presumere che lo stesso avverrà in futuro, senza con ciò credere che diventeremo onniscienti, che diventeranno osservabili in laboratorio le anime o che potremo rendere sterile il nostro bisnonno quando era ancora in culla.

Che le frontiere del sapere siano mobili non esclude che ci siano *limiti* d'altro tipo, intrinseci alle forme che gli esseri umani sono in grado di dare al sapere, intrinseci ai linguaggi che sono in grado di parlare, intrinseci alla incompatibilità oggettiva di osservare A e di osservare B, per due qualsiasi proprietà A e B del sistema in esame.

⁴ Questo punto è stato enfatizzato da un filosofo della scienza, Paul Feyerabend, il quale, seppur a fini di provocazione, ha indotto molti a trarne conseguenze discutibili. Si veda il suo libello: *Contro il metodo*, Feltrinelli, Milano 1979.

Una delle grandi novità della scienza del Novecento è stata la *prova* di specifici limiti intrinseci del sapere. Sono stati conseguiti risultati, in matematica e in fisica, che stabiliscono l'impossibilità di risolvere, in un modo prespecificato, problemi di grande rilievo teorico. Se bisognasse e se fosse possibile risolverli *in quel modo*, la migliore teoria di cui disponiamo, relativa allo specifico dominio conoscitivo in cui il problema si pone, sarebbe falsa o incoerente. Per fare due soli esempi: il Teorema di Incompletezza (Gödel) e il Principio di Indeterminazione (Heisenberg).

Quel che troppo spesso si dimentica è che la solubilità o insolubilità di un problema è sempre *relativa a un metodo* (o a una classe di metodi) di soluzione. Parlare di insolubilità in assoluto è un salto a piè pari nella metafisica. Abbiamo finalmente trovato le Colonne d'Ercole, ne abbiamo preso atto, ci siamo cosparsi il capo di cenere, e abbiamo detto «Fin qui e *non plus ultra*»? Quel che è successo è ben diverso. Dal riconoscimento di questi limiti sono scaturite nuove opportunità di comprensione, nuove e ancor più profonde linee teoriche, e tecniche sperimentali, che hanno fatto progredire la conoscenza in direzioni prima neanche immaginate.

7. La questione del controllo sulla scienza

Sempre nuovi prodotti si diffondono grazie all'avanzamento della scienza. Si diffondono però in una società da cui è sempre più estranea la preoccupazione di capire il *perché* delle cose. Non c'è da stupirsi se in questo modo si finisce per trasformare la scienza in una sorta di magia e gli scienziati in nuovi stregoni. Si dice che stiamo andando verso la "società della conoscenza". La realtà è che la nostra società rischia di regredire a una struttura bipolare, in cui da una parte stanno gli stregoni e dall'altra i consumatori passivi e ignoranti.

Di recente si è parlato molto anche dell'esigenza di un *controllo democratico* sulla scienza. Quando si arriva a decisioni strategiche sul futuro del paese, decisioni che riguardano tutti e comportano una spesa ingente da parte dello stato, le istituzioni democratiche sono chiamate a esprimersi e, su questioni fondamentali, la cittadinanza stessa è direttamente interpellata con un referendum. Ma, se gli argomenti in esame richiedono specifiche conoscenze, qual è il senso di un appello diretto, com'è quello referendario, in cui siano chiamati a esprimersi cittadini scientificamente impreparati e facilmente influenzabili dalla

retorica?

Si può pendere dalle labbra degli stregoni, così come si può esserne indotti a una pregiudiziale diffidenza, che in effetti è cresciuta verso la ricerca scientifica, come si desume dallo stesso uso di espressioni come “i danni provocati dalla chimica”, quasi che una particolare branca del sapere avesse la magica proprietà di danneggiare l’ambiente - ma, non essendo psicologo né sociologo, non azzardo qui una spiegazione di questa diffidenza e delle finalità politiche per le quali è sfruttata.

Le linee di ricerca seguite non sempre sono il risultato di una scelta disinteressata. La ricerca ha *sempre* subito influenze esterne dei più vari tipi: non è cresciuta in un’incubatrice asettica. E con ciò? Le ragioni della crescita e del suo successo non sono esterne. La buona scienza non è fatta dalle buone intenzioni. Se la ricerca avesse dovuto seguire linee-guida fissate di volta in volta da soggetti virtuosi quanto volete ma esterni alla comunità scientifica, difficilmente sarebbe progredita come ha fatto. Il treno fu considerato una malefica trovata contro la natura; e, per essere più naturali, gli aerei dovrebbero battere le ali.

Ora, un’esigenza di controllo sull’uso dei risultati è più che legittima: dev’esserci una condivisione democratica circa quale impiego fare delle conoscenze. Quando invece si vuol regolamentare lo stesso sviluppo della ricerca, l’esigenza di controllo è spia di qualcosa che con lo spirito liberale di una democrazia ha poco a che fare.

Non vi sto dicendo che la ricerca può allegramente ignorare le esigenze poste dalla società civile. E allora può ancora permettersi di essere libera? Di fatto, la ricerca non ha fatto marcia indietro di fronte a qualsiasi tema considerato tabù. Alcune volte le risposte a esigenze della società civile sono venute quando ormai gli esiti conseguiti erano stati giudicati fallimentari rispetto alle risorse spese; altre volte si è fatto esercizio di *serendipity*, ovvero l’arte di saper trovare qualcosa che non si era cercato. Ricordate Fleming che scopre l’efficacia antibatterica di quelle muffe e così arriva alla penicillina? La fortuna aiuta chi le ha preparato in qualche modo il terreno, non chi ha a cuore “le esigenze della società”. Bisogna saper riconoscere la rilevanza di quel che si trova mentre si cerca qualcos’altro e per saperla riconoscere ci vuole intelligenza e ci vogliono anni di studio.

Tre brevi osservazioni: (1) assecondando richieste esterne son venute cose buone così come son venute cose cattive; (2) quel che ne è scaturito non era reso attendibile dalle giuste richieste e inattendibile dalle richieste cattive; (3) una stessa scoperta può prestarsi a molteplici usi – basti pensare al laser. Naturalmente, gli scienziati possono collaborare,

o non collaborare, a progetti finalizzati a *certi* scopi; e chi collabora, così come chi non collabora, lo fa in considerazione di qualcosa che non è scienza e basta. Se è vero che le tecnologie a fini pacifici non rendono l'uomo più pacifico e che le tecnologie a fini civili non lo rendono più civile, è pure vero che non sono le tecnologie a fini militari ciò che rende gli uomini aggressivi e violenti.

Quanto agli usi civili della ricerca, proprio quando *non si sono assecondate* le richieste pressanti della società civile, si sono avuti maggiori progressi e su vasta scala: nell'Ottocento, i cittadini chiamati a votare in un referendum avrebbero sicuramente optato per un investimento nella ricerca di migliori candele e lumi a olio, ma i miglioramenti di candele e lumi a olio non hanno retto il confronto con le più primitive lampadine. E invece di selezionare equini stitici per migliorare l'igiene nelle strade, è stata inventata l'automobile a benzina (d'accordo, oggi è arrivato il momento di pensare a qualcos'altro). La pressione esercitata per indirizzare la ricerca su un tema socialmente apprezzato può favorirne l'avanzamento così come può portare a dilapidare risorse in vicoli ciechi. Se è controproducente non investire nella ricerca, è ancor più controproducente ignorare le tecnologie esistenti che già permettono di risolvere in maniera più razionale ed economica un problema.

Dietro a tutto l'accapigliarsi su «scienza e società» c'è il solito guaio: che la scienza è confusa con la tecnologia, la tecnologia è confusa con i suoi specifici impieghi, i suoi specifici impieghi sono confusi con gli impieghi che ci siamo abituati, in base ad *altre* motivazioni, a considerare come naturali. Se questa lista di confusioni fosse legittima, o inevitabile, una lista analoga si potrebbe stilare per quanto riguarda i principi che ispirano la democrazia e la loro effettiva pratica, traendone un'amara conseguenza: la democrazia è un sistema sbagliato. Poiché troppo spesso si finisce per discutere di «scienza e democrazia» come se fosse lo stesso che discutere di «cattivo uso della tecnologia e buon uso della democrazia», per equità si potrebbe discutere di «buon uso della tecnologia e cattivo uso della democrazia»; e invece di pensare a «scienza e democrazia» come se fosse una latente avversativa, tra ciò che è pericoloso e innaturale e ciò che è buono e naturale, si potrebbe ricordarsi che la conoscenza è un bene e che la democrazia tanto naturale non è.

Meglio evitare confusioni, in *entrambi* i casi. Non è facendo riferimento alle buone intenzioni che si valuta la buona scienza o il suo buon uso. Delle buone intenzioni è notoriamente lastricata la via

dell'inferno – e qualcuno aggiungerebbe che di quelle cattive si nutre l'Astuzia della Ragione. A fare buona ricerca non sono, ripeto, le buone intenzioni. Ci vogliono competenza, ingegno, strumenti ben progettati ... e costosi, quindi ci vogliono investimenti nella formazione, selezione dei talenti, fondi (cioè, soldi) per la ricerca. Alcune delle invenzioni poi risultate più utili sono state quelle trasportabili in settori molto distanti da quello che si aveva in mente all'inizio. Ho fatto riferimento al laser: saprete del suo impiego in oculistica, ma difficilmente un'azienda operante nel settore biomedico avrebbe investito in ricerche di fisica di base; e chi realizzò il primo laser non poteva giustificarsi dicendo che, tanto, tra un po' sarebbe diventato sicuramente un *business*.

Nell'ultimo secolo la crescita delle risorse necessarie ha richiesto che fosse lo stato a finanziare la ricerca di base, il cui eventuale ritorno è solo da attendersi sul lungo periodo. Per progetti specifici e in situazioni d'emergenza, possono servire anche le collette pubbliche organizzate dai media, con donatori che non influenzano l'orientamento dei ricercatori, e può trattarsi di un sostegno più che simbolico. Ma per quali progetti? Tipicamente, solo per progetti la cui finalità è di facile comprensione. Vi immaginate le piazze italiane che in una qualche domenica ospitano banchini ove si raccolgano offerte per la ricerca sulla materia oscura, sulle nanotecnologie, sulla distribuzione a grande scala delle galassie o sulla geometria non commutativa?

8. L'educazione scientifica

Una società democratica si preoccupa di assicurare un'ampia formazione culturale ai giovani e di questa formazione fanno parte anche conoscenze in ambito scientifico. Perché serva, bisogna che quanto s'impara nel corso degli anni passati a scuola abbia una sua consistenza e predisponga a futuri aggiornamenti. Non basta, però. Di una buona educazione scientifica fa parte anche una pur minima riflessione sulla scienza. Cos'è la scienza? Qual è il suo valore? Come si fa a dire che questo è vero e quello no? Quand'è che una conoscenza può dirsi "oggettiva"? Cos'è che contraddistingue il sapere-che rispetto al credere-che? Come si fa a essere certi che le cose stanno proprio così? Sono solo alcune delle domande che sollecitano una pur minima riflessione.

Chiedere che la formazione includa momenti nei quali s'affrontano queste domande equivale a chiedere la luna solo per chi si è assuefatto

alla mediocrità, non solo conoscitiva ma anche civile. La scienza è nata insieme alla democrazia ed entrambe sono nate *insieme a una riflessione sul loro significato*. Per acquisire i caratteri che oggi individuano il sapere scientifico c'è voluto un bel po' di tempo, in cui, accanto a teorie e tecniche sperimentali è cresciuta questa riflessione. La crescita e la diffusione della conoscenza hanno comportato un dialogo *razionale* intorno ai modi, al senso, al valore e ai limiti della conoscenza stessa. In questo dialogo *razionale* è cresciuto anche lo spirito della democrazia. È cresciuto e cresce, perché le potenzialità conoscitive dei giovani, così come il senso della cittadinanza, si esplicano al meglio in un contesto di sensatezza per ciò che si studia, non in uno in cui s'insegna che è così perché è così.

In Italia, salvo (per fortuna) le solite eccezioni, la scuola e l'università pare che abbiano abdicato al compito di sviluppare le potenzialità conoscitive dei giovani, riducendosi a un'area di parcheggio, la prima con sosta obbligatoria, la seconda con le più rutilanti etichette per esotici corsi di laurea; la prima travestita da opera assistenziale, con standard minimi sia per studenti che per insegnanti, la seconda una corsa a ostacoli che s'alzano e s'abbassano in funzione di motivi che poco hanno a che fare con criteri di competenza e merito.

Il parcheggio è stato definito da una miscela di ipocrisia e demagogia. La società che ci ritroviamo, e che non ci piace, è quella formatasi in un simile parcheggio. Il risultato non è «siamo almeno, e finalmente, tutti più uguali nel sapere». Il risultato è che ai più uguali nel non-sapere si prospetta un futuro di decadimento, povertà, ignoranza, inciviltà. Pensavate che democrazia fosse un kit per trattare il sapere e l'ignoranza in modo egualitario? Ma questa è l'idea seguendo la quale *uguaglianza* finisce per significare *appiattimento* a un livello barbarico, invece di aver cura che a ciascuno sia possibile conseguire un livello più alto di vita, individuale e sociale. Democrazia è anche un solido costume di riconoscimento della competenza e del merito⁵, altrimenti è sinonimo di ipocrisia. Non è un caso che quest'ipocrisia si rovesci poi nell'atteggiamento idolatrico con cui sono osannati i campioni e i divi.

Una buona educazione scientifica allena al ragionamento e

⁵ Oggi, anche coloro che un tempo diffidavano del merito usando spregiativamente il termine "meritocrazia" sono diventati cantori del merito. Frasi fatte erano e frasi fatte sono.

all'attenta considerazione dei fatti, senza preconcetti di alcun genere così come senza faciloneria. L'idea stessa di una scienza della natura, quale impresa inter-soggettiva i cui risultati siano controllabili e i cui procedimenti siano aperti al riconoscimento razionale, ha dunque una valenza pedagogica che va al di là delle stesse conoscenze che si trasmettono.

Qualche volta vien da pensare che, anche in relazione all'ormai mitica *flessibilità*, si otterrebbe di più, e con notevole risparmio, introducendo come materia il gioco degli scacchi, recuperando il vecchio latino, fermandosi alla geometria euclidea fatta per bene. Grazie a questi modi (stantii?) d'allenare l'ingegno, avremmo menti molto più flessibili delle attuali e più pronte ad «affrontare le sfide del futuro». E per stimolare il senso di collaborazione, andrebbe benissimo uno sport di squadra, il canto corale o, a voler essere proprio innovativi, l'artigianale e giocosa costruzione (in gruppo) di comuni oggetti che funzionino. Per arrivarci non c'è bisogno di una commissione che elabori un documento, faticosamente concordato, in politichese.

9. L'abito dimostrativo

Ragionare, argomentare, provare, ... dimostrare. *Dimostrare?* Il concetto di dimostrazione è ormai un fossile! E un fossile della stessa educazione scientifica, per com'è concepita in queste lande. Non fa parte del modello della conoscenza come impresa collettiva e distribuita, che si accompagna allo slogan: abbasso la conoscenza di qualcosa, viva le interrelazioni fra tutto.

Frottole. Non si capisce A capendo ABC, ma si capisce ABC capendo A, capendo B e capendo C. Se qualcuno se l'è dimenticato, conviene che torni a esercitarsi nell'individuazione di cosa viene prima e cosa dopo nel più banale ragionamento. Le relazioni di consequenzialità tra i pensieri sono un fossile solo per chi ha la mente confusa e non sa procedere che per paratassi, per associazioni e in modo vago, ragion per cui tira in ballo la connessione di tutto con tutto come alibi per non durare fatica a ordinare i suoi pensieri uno per uno e per nascondere i punti deboli dei suoi ragionamenti.

La sintassi logica non sgorga dalla paratassi come Atena dalla mente di Zeus. La paratassi è l'abito di chi chiacchiera, guidato da concetti approssimativi e da "sentito dire". La sintassi è l'abito della razionalità. Le dimostrazioni sono un ottimo esercizio di sintassi del

pensiero e permettono di tenere a bada la faciloneria che si esprime nel culto delle associazioni o delle mappe concettuali. L'abito dimostrativo è anche un antidoto contro la vaghezza, dunque un aiuto alla discussione democratica e alla sua efficacia. In ultimo, le dimostrazioni possono anche essere *belle*, come bella può essere la prosa scientifica. Dall'antichità ai nostri giorni, la letteratura scientifica offre pagine in cui profondità ed eleganza intellettuale si trovano meravigliosamente congiunte. Qualcuno si è mai degnato di farvi apprezzare la prosa scientifica?

Per molti secoli gli *Elementi* di Euclide hanno costituito un testo paradigmatico per l'educazione alla scienza. Oggi, a quanto pare, è superato qualunque cosa somigli all'abito mentale cui quel testo educava. Il rigore dimostrativo è caduto in disgrazia. Cosa mai è successo per non aver più il coraggio di preferire alla vaghezza dei discorsi per associazioni il nitore dei concetti e la stringata consequenzialità dei ragionamenti? "Scabro ed essenziale", Eugenio Montale diceva di voler essere, come un osso di seppia. Non dico che questo dovrebbe diventare un principio-base di stile o di metodo, ma di fronte al barocchismo imperante potrebbe essere almeno una contromisura utile.

10. Modernità, i due capponi e le buone pratiche

Il carattere pubblico della conoscenza è stato una bandiera della «modernità», come si è annunciata nella rivoluzione scientifica del Seicento con la scelta di scrivere non più nel linguaggio che era appannaggio di pochi (il latino) ma nel linguaggio parlato comunemente (le lingue «volgari») e, allo stesso tempo, con l'introduzione di un linguaggio quantitativo per descrivere ogni tipo di fenomeni. Ragionare è anche calcolare; e conoscere è anche misurare, dall'astronomia alla chimica, dalla botanica alle neuroscienze.

Unita alla cura per l'ordine rigoroso dei pensieri e per la semplicità dei passaggi logici, la forma matematica diventava il quadro in cui esprimere le conoscenze nei più diversi campi; e accanto alla forma matematica c'era la costruzione di strumenti per potenziare le nostre limitate capacità osservative e per misurare le grandezze studiate, e ne è seguita l'elaborazione di tecnologie in grado di facilitare le più diverse attività umane. La volontà di diffondere il più possibile questo sapere, scientifico e tecnico, avrebbe portato alla realizzazione di un'opera come l'*Enciclopedia* a cura di Diderot e D'Alembert. Si veniva

creando una ideale *agorà* di condivisione e trasparenza, guidati dalla fiducia che il sapere potesse migliorare le condizioni di vita dell'*intera* umanità.

Nell'*agorà* del sapere, un linguaggio chiaro, diretto, concreto e consequenziale, è un elemento decisivo. Semplice? Tutt'altro. Anche le leggi di uno stato democratico dovrebbero essere comprensibili a tutti i cittadini e non solo a giudici e avvocati. La democrazia americana avrà le sue pecche, ma il linguaggio in cui si esprime la dice più lunga di tanti dottori sottili. Da noi si ammirano infatti i retro-sensori: coloro che, talpe finissime, educano a scavare sotto a tutto con gergo iniziatico. Democrazia vuole pensieri chiaramente espressi: se sono sbagliati è più facile correggerli, se sono giusti è più facile comunicarli e usarli proficuamente. A riconoscere e coltivare la chiarezza dei pensieri non si viene educati da manuali di metodologia didattica, bensì molto più terrestremente con l'esempio e l'esercizio. Semplice? Tutt'altro (ed è un lavoretto che vuole i suoi tempi).

Di passaggio, un suggerimento antipatico: prima che una legge fosse promulgata, dalle nostre parti converrebbe sentire il parere dell'AILA⁶, per ricevere indicazioni circa coerenza, adeguatezza, riduzione del numero delle parole impiegate, indipendenza reciproca dell'insieme dei suoi articoli. Troppo esigente? Ma la democrazia è esigente, richiede intelligenza e merita rigore; e allora sentiamo gli esperti di linguaggio e di logica prima di promulgarle. Sarà pure un nostro diritto avere leggi che non ci sia bisogno di decrittare, le più brevi, le più chiare e in minor numero possibile! Neanche questa è una ... novità. Lo scriveva già Cartesio nel *Discorso sul metodo*: «la moltitudine delle leggi fornisce spesso una scusa all'ignoranza e al vizio, per cui uno Stato è tanto meglio regolato quanto meno ne ha, ma rigorosamente osservate»⁷.

Perché dovrete dare per scontato di aver sempre con voi, tutta la vita, un bel paio di capponi? Se vi preme la democrazia bisognerà pure che siate aiutati a riconoscere la chiarezza del ragionamento da ciò che è confusamente pensato, detto e scritto male. Troppo elementare? Troppo esigente? Le cose che più contano sono le più elementari e le più esigenti. Non sia mai detto! Figuriamoci poi se è riferito all'italico sistema scuola-università, perché l'idea è quanto di più estraneo

⁶ Associazione Italiana di Logica e Applicazioni.

⁷ Il passo è tratto da René Descartes, *Discorso sul metodo*, Laterza, Bari 1982, p. 61.

all'ingegneria dell'istruzione che qui è stata messa in piedi, persa dietro al mito del costante cambiamento che fa il paio con il mito del perenne stato di crisi – “miti” perché trovano conferma in qualunque cosa succeda, sono espressi in un gergo neomedievale ammantato di riferimenti a tecnologie inter-passive, sfumano in ricorrenti frasi fatte e offrono non meno ricorrente occasione di *pompa e vaniloquio* (per usare le parole di David Hume).

Non c'è futuro per una democrazia in cui regnino *pompa e vaniloquio* e non c'è futuro per una scuola che parli di se stessa con *pompa e vaniloquio*. Che i docenti spendano tanto tempo prezioso in pratiche consiliari di facciata (il mito della democrazia come assemblea in permanente convocazione) è a beneficio di chi? È a beneficio della società che sottraggano tutto questo tempo alla cura della didattica e della loro stessa preparazione (ciò in virtù del quale la scuola e l'università hanno ragione di esistere)? È a beneficio del loro compito che in tal modo sottraggano qualità alla loro stessa vita professionale, affogando in farraginose normative, progetti da compilare ricorsivamente e «processi» da documentare?

Chiunque ne abbia esperienza sa che, nella maggior parte dei casi, se ne potrebbe fare a meno e non cambierebbe assolutamente nulla – né la democrazia sarebbe messa in pericolo. Le «buone pratiche»? Cominciamo a diminuire il numero delle pratiche e le pratiche per incanto cominceranno a diventare più buone. «Questo significa far affidamento sulle persone, sulla loro competenza ed onestà, e responsabilizzarle in prima persona: impossibile in un paese di furbi e di fannulloni». Se questa è l'idea, trasformiamolo in un paese in cui si producano esclusivamente controlli, meglio se incrociati, su controlli. Cosa resterà da controllare tra un po'? Il nostro paese, non producendo più educazione e sapere, potrebbe pur sempre proporsi come agenzia internazionale di certificazione di procedure di controllo.

Per chi lavora nel “mondo” dell'istruzione, si tratta di resistere a tutto questo fumo invece di darsela reciprocamente a intendere, si tratta di sopravvivere ogni giorno all'ignoranza dei furbi e alla furbizia degli ignoranti, si tratta di riuscirci salvando un minimo di dignità intellettuale, quel minimo che consenta di educare a questa stessa dignità i giovani.

11. Il gusto a capire

Per capire il senso di una risposta bisogna aver presente la domanda. Il significato della domanda ci guida al significato della risposta e comporta una riflessione sui pensieri, oltre che sulle cose. Partendo da una singola domanda sul *come* e sul *perché*, ci si trova di fronte un ventaglio di possibili risposte. Se perdiamo di vista questo ventaglio, perdiamo di vista le ragioni che hanno portato a selezionare una risposta come quella *giusta*. A quanto pare, è raro che gli studenti di "materie" scientifiche siano abituati a riflettere su questo ventaglio e, prima ancora, a capire le domande soggiacenti. Che non sappiano esplicitare il senso delle risposte, quando pure le hanno memorizzate, ne è diretta conseguenza. Il giallo è morto sul nascere e a farne le spese è lo spirito stesso della razionalità. Lo spirito della democrazia non ringrazierà.

L'erudizione, infatti, non c'è solo in ambito umanistico, anche se assume forme diverse. Ma non si può dire che *si sa* qualcosa che *non si capisce*. Da dove cominciare per capire qualcosa? Non c'è un luogo deputato: vanno bene tutti. Non dovrebbe essere innanzitutto la scuola a fornire gli strumenti per capire? Se è così, dovrebbe anche allenare ai processi che oggi si chiamano "metacognitivi" (riguardanti la consapevolezza dei modi in cui procediamo nell'ordinare le informazioni e nel risolvere problemi): è la scuola intesa come luogo in cui, oltre a imparare tante belle cose, s'impara-a-imparare e a dar valore alla conoscenza. *Dovrebbe*. E quand'anche fosse realtà, non basterebbe, perché tutti gli strumenti (fisici o virtuali) diventano soprammobili (fisici o virtuali) se non si trasmette il gusto di servirsene e, prima ancora, il *gusto a capire*, il senso della sua importanza, il piacere di cercare e trovare risposte che reggano a tanti perché. Conoscere alla perfezione un manuale d'istruzioni serve (e diverte) poco, fossero anche le istruzioni del più bel gioco del mondo. Dunque?

Se la scuola non trasmette una solida base di conoscenze, se non si attiene a standard di minima dignità del sapere trasmesso, se non si preoccupa di sviluppare il *gusto a capire*, ... tanto vale abolirla e che ognuno impari quel che gli pare dove e quando gli pare, se ne ha la possibilità e il desiderio, nel pieno "democratico" rispetto dell'ignoranza, perché anche insistere sul bisogno di qualcosa che a parere dei beneficiari, oltre a essere impositivo, non serve a nulla, è pura retorica. Come pura retorica è la propaganda a favore di un sapere sempre più abborracciato, pur di essere accattivante in chi sa

quali modi “innovativi”. Neanche chi parte svantaggiato trae beneficio da un baraccone. Se invece c’è un diritto a sapere, c’è un dovere delle istituzioni a garantirlo e a garantirlo in modo non baracconesco. I tanti bravi insegnanti che pur in minoranza tirano la carretta, hanno pure il diritto, non meno istituzionale, di esser messi nella condizione di fare per bene il loro lavoro, non di essere ostacolati e scoraggiati, come quando si richiede loro la compilazione di documenti che, dietro la facciata procedurale-operativa, attestano il nulla. Hanno bisogno di ricevere un segnale che la scuola esiste per offrire qualcosa di più che un parcheggio assistenziale.⁸

12. Discorso di destra o di sinistra?

In una democrazia il confronto politico non verte soltanto su soluzioni contingenti a problemi contingenti: verte anche sulle idee in base alle quali si costruisce il futuro dell’intera collettività. Ora, i partiti non creano le idee di cui si fanno strumento; le presuppongono e tendono a perpetuare se stessi anche quando le motivazioni di fondo sono cambiate. Come fanno? Svuotandole di una parte del loro contenuto e facendone contenitori capaci di assorbire i possibili urti: una strategia che finisce per lasciare spazio ai più astuti faccendieri. La “gente” abbozza. Proprio perché nella politica confluiscono le istanze di tutta la società civile, per minimizzare i danni di una simile strategia sarebbe auspicabile una solida formazione culturale, e scientifica in particolare, della classe dirigente, perché di tale formazione fa parte l’abito, la mentalità, l’atteggiamento che ho descritto come “scientifico”.

Dalla scienza può, infatti, diffondersi un atteggiamento utile al fine di migliorare il costume politico. Si tratta, per analogia con il modo in cui cresce la conoscenza scientifica, di evitare l’alternarsi di opportunismo senza remore e dogmatismo senza compromessi; e si tratta anche di evitare l’aut aut che in politica contrappone comitati

⁸ Oltre a una minoranza di validi docenti, esistono validi progetti d’innovazione rivolti all’educazione scientifica e sono in atto da tempo su scala regionale, nei vari ordini di scuola. Grazie alla collaborazione di matematici, fisici, chimici, biologi di prim’ordine, che hanno a cuore la didattica delle scienze, alcune esperienze hanno dato frutti incoraggianti. Ne è un esempio il Progetto Regionale di Educazione Scientifica avviato da anni in Toscana. Se anche senza progetti innovativi, c’erano e continuano lo stesso a esserci scuole di buon livello, è sciocco lasciare che i risultati della sperimentazione condotta secondo progetti come questo restino un’esperienza effimera e isolata.

d'affari e missionari (anche laici), con periodiche oscillazioni dagli uni agli altri. Se non evitiamo quest'effetto marea, ciò che si contrappone alle pratiche clientelari che non conoscono parte, dico la politica che dovrebbe garantire un terreno di civile confronto, aperto a tutti, la politica quale incubatrice del futuro della nostra società, tende ora ad allontanare i cittadini dalla *res publica*, ora a riempire ogni angolo della nostra vita con continue chiamate alle armi: essere è appartenere a uno schieramento. In un caso e nell'altro il senso della democrazia si svilisce, ora a gestione degli affari correnti ora alla diffusione di vecchie o nuove Verità.

Allora, alla domanda epocale «Ma questo è un discorso di destra o di sinistra?» rispondo che questo discorso è a sud. Dov'è il sud: a destra o a sinistra? Non sto svicolando: una dimensione come quella politica, che è una raccolta di tante idee più che la loro sorgente, non basta a collocare ogni linea di pensiero e ogni soluzione a qualsiasi problema. Sarebbe come fare geometria analitica pensando che ogni cosa si deve collocare sull'asse delle ascisse, dunque ignorando l'asse delle ordinate, perché tutto è a destra o a sinistra dell'origine (il punto zero).

Invece di riconoscere che l'idea del sud è un'altra scoperta dell'acqua calda, la replica immediata è «Discorso pericoloso», come se il suo intento fosse quello di cancellare le differenze che si dispongono lungo l'asse destra-sinistra. La replica è tendenziosa e, in ultima analisi, retorica: immaginate di dire che al mondo non ci sono solo i colori e si replicasse che questo è un discorso pericoloso perché porta a negare la differenza tra il rosso e il nero.

Una società i cui cittadini non sono abituati a riflettere sui valori della scienza e della democrazia si avvia a essere una pseudodemocrazia, un luogo d'incultura, di povertà intellettuale e materiale, un luogo che si riduce a una dimensione, quella appunto dell'asse destra-sinistra. Analoga unidimensionalità si ritrova nel contrapporre, in modo rigido e globale, cultura scientifica e cultura umanistica.

Nullius in verba non è un'invenzione del Seicento: è tratto dalla Prima Epistola di Orazio: *Nullius addictus iurare in verba magistri*. Ce ne siamo dimenticati e con ciò ci siamo persi l'idea che di una cultura per i nostri giorni (per una società «tecnologicamente avanzata») possa far parte Orazio. Per i suoi giorni, Leonardo Bruni non se l'era dimenticato nel raccomandare le arti "liberali" (così dette perché aiutano chi le coltiva a farsi più libero), come non se n'erano dimenticati gli iniziatori della Royal Society nel promuovere un più libero e proficuo modo di

fare ricerca – quella ricerca che ormai si dice «scientifica». Insomma, tanto in relazione ai valori della scienza quanto in relazione ai valori della democrazia occorre garantire uno “spazio di manovra”, liberale e tollerante, in cui interrogarsi sui valori stessi, riscoprire il *gusto* del chiedersi perché, di immaginare soluzioni e di controllarle. Giulio Preti diceva che quando si vuol far rientrare l’etica nella politica è come mettere tutta l’automobile nel carburatore. In senso simile, questo discorso è *a sud* e il suggerimento è: prima di andare a destra o a sinistra, impariamo che esiste, e impariamo a frequentare, anche l’asse delle ordinate.

Di perché ne chiedevate tanti da piccoli; poi, a quanto pare, avete cominciato ... a chiederne sempre meno. Probabilmente siete arrivati a una considerazione: chi non capisce una cosa, e lo dice, fa la parte dello stupido. Meglio non rischiare, meglio tenersi i dubbi e stare zitti. Oppure: meglio memorizzare e ripetere le risposte che ci hanno insegnato e diligentemente onorare i presupposti già stabiliti. O viceversa: far bella figura mostrando la propria capacità critica nel sollevare quesiti su quesiti, senza preoccuparsi delle conseguenze di questa o quella risposta e senza preoccuparsi di controllarne coerenza e validità. I modi per non capire sono sempre gli stessi: evitare la fatica necessaria a capire il senso delle domande e a controllare la risposta data.

Tra gli inclini a “fare il dettato” e gli eroi incompresi oscillano gli atteggiamenti mentali più diffusi fra chi arriva all’università. È tutto qui il messaggio etico che si ricava dalla nostra scuola? Che tristezza. Gli automi non si chiedono il perché: funzionano e basta. In una dittatura non è concesso chiedere esplicitamente il perché di questo e quello: sarebbe una minaccia. Avete intenzione di prepararvi a vivere come automi in una dittatura? Quanto alla capacità critica fine a stessa: produce saccenti rosi dal rancore e, a titolo d’informazione, ce ne sono già troppi.

La scuola potrebbe aiutare a mantenere vivo, anzi dovrebbe stimolare, l’atteggiamento esplorativo che si apre, ma non si chiude, chiedendo *perché?* E chi pensa che nuove norme, decreti, riforme, architetture formali, siano quel che ci vuole per passare dalla potenza all’atto, s’illude. Come lo spirito democratico non nasce dalle leggi ma vi trova solo espressione e tutela, così le motivazioni a sapere non nascono per decreto, né sono “materia” d’insegnamento. L’insegnamento serve solo se aiuta quelle motivazioni a fiorire esigendo qualità da sé e dagli altri. E anche un’istruzione che privilegi l’atteggiamento critico finisce per

far perdere il gusto della ricerca e della scoperta. Inviati della Verità e cani bastonati non sono mai stati buoni maestri. Fortunatamente, ci sono insegnanti che non rientrano in queste tipologie. E ce ne sono tanti anche se non fanno notizia.

13. Pluralismo e fallibilità

La scienza non è un'entità personale e non emette responsi univoci e inappellabili. È il prodotto di una comunità in cui il dialogo, oltre a non avere barriere spaziali e temporali, è tanto vivace quanto aperto al miglioramento. Quando si dice «la scienza», si fa un'astrazione notevole. È un'astrazione comoda, ma comporta qualche rischio, perché la scienza è invece molto articolata al suo interno: è fatta di tante scienze, ciascuna delle quali ospita teorie e metodi differenziati e concorrenti. Non che il sapere formi un arcipelago di isole ognuna separata dall'altra, etichettate come le ore d'insegnamento a scuola. Complessivamente, il sapere cresce, ma la crescita non è un semplice accumulo: richiede una frequente riorganizzazione di quanto è stato conseguito e la riorganizzazione effettuata in una scienza può interessare altre scienze.

Non immaginate quante polemiche ci siano state a proposito del senso da dare al progresso scientifico. La "cumulatività" o "non-cumulatività" del sapere nella sua crescita è però una questione che si pone dopo aver adottato un modello metaforico (da *un cumulo di pietre* a *un cumulo di conoscenze*). Bisognerebbe prendere coscienza che questo modello non ci è imposto da nulla e da nessuno. Otto Neurath propose un'altra metafora: gli scienziati sono come marinai di una nave in mare aperto che si trovano a ripararla con il materiale di bordo; dunque, non possono scendere e procurarsi il materiale che manca; devono fare con quello che c'è a bordo e arrangiarsi. Questo non vuol dire che è un *bricolage* privo di qualunque vincolo. Se provate aappare una falla nello scafo con la maionese del cuoco di bordo, la nave va a fondo: è un vincolo che Neurath non si preoccupa di esprimere nella sua pur indovinata metafora.

Ci sono dei vincoli anche al pluralismo nell'ambito della democrazia. Non crederete, spero, che la democrazia, garantendo la libertà di pensiero, implichi tutela di ... tutto (dunque anche del falso e dell'irrazionale), in onore alla molteplicità dei punti di vista. La tutela di tutto implicherebbe anche la tutela della *non* libertà di pensiero.

Il più ampio pluralismo è benvenuto purché sia pluralismo di ragioni in aperto confronto, non di quadri statici di idee ognuno chiuso in sé stesso. Quando – e capita spesso – si descrive il pluralismo come di per sé santo, o quando lo si intende come necessario (cioè, rassegnato) compromesso di fronte a un conflitto insanabile, viene meno il nesso tra etica del controllo scientifico ed etica pubblica. Il valore del pluralismo è allora puramente *strumentale*: serve a salvare la convivenza tra menti ottuse. Data la tendenza che queste hanno a riprodursi, si tratta di un grande valore; non è ancora, però, espressione di quel piano *pubblico* sul quale le ragioni di ciascuno si confrontano, in aperto e costruttivo dialogo, con quelle degli altri.

Il confronto aperto sugli argomenti è anche il sale della democrazia. Il sapere intersoggettivo che ci ritroviamo, frutto di secoli e secoli di ricerca, di discussioni, di sperimentazioni e di controlli ulteriori, reca in sé traccia dell'*agorà* greca, che ha lasciato Atene per diventare universale, consentendo l'accesso a tutti, se hanno voglia di accedervi e consapevolezza che nessun giudizio s'improvvisa. Non è qualcosa che nasca a tavolino, sulla base di qualche ricetta, o a tavolino muoia sulla base di un'altra ricetta. Il confronto aperto sugli argomenti diventa costruttivo solo su basi razionali.

Ci vuole creatività nel metodo e metodo nella creatività, ci vuole abilità nel porre le domande quanto nel trovare le risposte. C'è fallibilità e autocorreggibilità, c'è libertà e rigore. E perché questa grande conquista non si perda ci vogliono scuole che educino ad apprezzarne il senso e a coltivare l'abito mentale che nella scienza prende corpo.

Non dico che bisognerebbe fare un minuto di silenzio, ogni mattina in ogni scuola, per riflettere su quanta fatica è costato il sapere insegnato e quanto impegno civile c'è voluto per garantire a chi "studia" il diritto ad accedere a questo sapere. Dico che almeno ogni tanto sarebbe opportuno fermarsi a riflettere sul valore delle conoscenze acquisite invece di farne soltanto materia di studio, d'interrogazione o d'esame, perché il "ritorno" che la società ha dal sapere non sta semplicemente in investimenti andati a buon fine; sta pure nell'apporto alla vita democratica dato dall'abito mentale di chi fa scienza.

Sta a noi, qui e ora, preservare lo spirito e la qualità del sapere. Se spirito e qualità sono stati persi, sta a noi ritrovarli. Se non hanno la realizzazione che meritano, sta a noi preoccuparci di individuare il modo per realizzarli al meglio, cominciando dalle piccole cose, invece che da parole d'ordine, megaprogrammi unti di retorica o barocche cornici di idee. Se ce ne preoccupiamo, imparare e insegnare ridiventano

un piacere, invece che un “obbligo” o una prassi sconsolante.

L’Unica Vera Cultura, e la perfetta democrazia, è allora quella che mette sul trono la Scienza e le sue Verità? La scienza non esaurisce la cultura, non si sostituisce alla democrazia⁹. non basta a garantire magnifiche sorti e progressive, non ha da offrire Verità definitive. Ma chi si diverte solo a elencare i limiti e i fallimenti dell’umana ragione vi prepara uno scenario penitenziale e barbarico. Crescita delle conoscenze e crescita delle garanzie democratiche sono correlate nella positività oltre che nel consapevole riconoscimento degli errori fatti o fattibili.

Tante persone hanno bisogno di credere a qualcosa di Assoluto – se no, non ce la fanno a sopportare il peso dell’esistenza. Il più delle volte si rivolgono a una fede, con le sue pratiche di culto storicamente consolidate. Altre volte si rivolgono a dottrine non religiose: visioni del mondo e dottrine etico-politiche che offrono un pacchetto di risposte anticipate a ogni domanda. Il discorso religioso, in qualunque forma si organizzi, anche assiomatica, ha però un senso diverso dal discorso scientifico. Così, chi critichi una religione perché non rispetta gli standard del discorso scientifico è un ingenuo, tanto quanto è ridicolo chi cerchi di avvalorare una religione come superconoscenza.

La scienza vive nelle menti soltanto mettendosi in gioco e aprendosi a sempre nuovi interrogativi. «Allora, è tutto in sospenso!» Allevare al dubbio non significa allevare al pentimento: per pentimento intendo la rinuncia alla possibilità di valutare la correttezza dei nostri ragionamenti, la rinuncia alle prove, alla ricerca di una spiegazione e alla sua valutazione, perché tanto prima o poi l’umana *presunzione* sarà punita come già in passato.

Errori e orrori derivanti dall’umana presunzione si possono combattere, secondo Karl Popper, con lo spirito della fallibilità umana – lo spirito che prende corpo sia nella scienza sia in una società libera. Popper ha enfatizzato il legame tra il richiamo a un Assoluto in campo politico e il richiamo a un Assoluto in campo conoscitivo: da un lato ideologie totalitarie, dall’altro la convinzione che ci siano esperti, o “illuminati”, che colgono, custodiscono e trasmettono la Verità. Se in campo sociale sono noti i disastri provocati da dottrine che trovavano

⁹ Conviene ricordare che la cultura sul suolo italico è, da secoli, caratterizzata da un’ enfasi esclusiva su ciò che scientifico non è.

la loro giustificazione in tale assunto, l'idea che ci sia un infallibile da cui lasciarsi guidare è già dannosa per la crescita umana e intellettuale di chi la fa propria. L'idea suggerita da Popper è che una società libera possa fiorire soltanto riconoscendo sistematicamente la fallibilità, che è per lui emblema del discorso scientifico.

Sembra una strada che più saggia non si può; invece, presenta alcuni inconvenienti. Ricordate il paradosso del mucchio (il "sorite") formulato da Zenone? Se togliete una pagliuzza da un mucchio, resta un mucchio, e se è così potete togliere un'altra pagliuzza e resta ancora un mucchio, ma alla fine resta una sola pagliuzza, che non è più un mucchio. È chiaro che nel ragionamento c'è qualcosa che non torna. Analogamente, il fatto che possiamo sbagliarci su qualcosa, e che una volta fatta la correzione possiamo sbagliarci ancora su qualcos'altro (e così via), non implica che dobbiamo ammettere di poterci sbagliare su tutto. La ricetta di Popper non permette di evitare questa implicazione fallace.

L'errore va sempre messo in conto. C'è bisogno di cospargersi anticipatamente il capo di cenere? Se è vero che un'eccessiva fiducia nella ragione ha giocato brutti scherzi, è anche vero che ci siamo scordati il significato (o quanto meno, uno dei significati) dell'illuminismo.

14. La luce della ragione

L'illuminismo, nella celebre definizione di Kant, è l'uscita dell'uomo dallo stato di minorità, non l'ingresso nello stato di una molteplice minorità. Vi invito a rileggere le sue parole:

L'illuminismo è l'uscita dell'uomo dallo stato di minorità che egli deve imputare a se stesso. Minorità è l'incapacità di servirsi del proprio intelletto senza la guida di un altro. Imputabile a se stessi è questa minorità se la causa di essa non dipende da difetto di intelligenza, ma dalla mancanza di decisione e del coraggio di servirsi del proprio intelletto senza essere guidati da un altro. Sapere aude! Abbi il coraggio di servirti della tua propria intelligenza! - è dunque il motto dell'illuminismo. La pigrizia e la viltà sono le cause per cui tanta parte degli uomini [...] rimangono volentieri minorenni per l'intera vita; e per cui riesce tanto facile agli altri erigersi a loro tutori. È tanto comodo essere minorenni! Se ho un libro che pensa per me, un direttore spirituale che ha coscienza per me, un medico che decide per me sulla dieta che mi conviene, ecc., io non ho più bisogno di darmi pensiero da me. Purché io sia in grado di

pagare, non ho bisogno di pensare: altri si assumeranno per me questa noiosa occupazione. A far sì che la stragrande maggioranza degli uomini [...] ritenga il passaggio allo stato di maggioranza, oltrech  difficile, anche molto pericoloso, provvedono gi  quei tutori che si sono assunti con tanta benevolenza l'alta sorveglianza sopra costoro. Dopo averli in un primo tempo istupiditi come fossero animali domestici e aver accuratamente impedito che queste pacifiche creature osassero muovere un passo fuori dal girello da bambini in cui le hanno imprigionate, in un secondo tempo mostrano ad esse il pericolo che le minaccia qualora tentassero di camminare da sole. [...] Regole e formule, questi strumenti meccanici di un uso razionale o piuttosto di un abuso delle sue disposizioni naturali, sono i ceppi di una eterna minorit . Anche chi da essi riuscisse a sciogliersi, non farebbe che un salto malsicuro sia pure sopra i pi  angusti fossati, poich  non sarebbe allenato a siffatti liberi movimenti. Quindi solo pochi sono riusciti, con l'educazione del proprio spirito, a districarsi dalla minorit  e tuttavia a camminare con passo sicuro. Che invece un pubblico si illumini da s    cosa maggiormente possibile; e anzi, se gli si lascia la libert ,   quasi inevitabile.¹⁰

I «lumi» della ragione hanno trovato sviluppo nella scienza e hanno contribuito alla formazione di societ  democratiche come quelle in cui, pi  o meno bene, viviamo. Ci sono stati incidenti di percorso, direte. S , ma i difetti si possono cogliere solo con un esercizio ancor pi  affinato degli stessi «lumi», non con il loro disprezzo: apertura senza razionalit    apertura alla stupidit . Senza quest'esercizio si finisce dritti nel dogmatismo (oggi: fondamentalismo) e nella conseguente negazione della libert  di opinione, e di critica, che la democrazia garantisce.

Peccato che, in Italia, chi oggi si fa paladino dei «lumi» li traduca direttamente nella derisione dei valori religiosi della nostra tradizione e resti ossequiosamente silente verso religioni che non mostrano la minima apertura al dialogo. Sul piano pragmatico, la derisione non produce mai nulla di positivo: di sicuro, non induce i derisi a cambiare idea. Sul piano ideale, non si capisce come possa nascere una democrazia pi  luminosa dalla mancanza di rispetto verso chi, a ragione o a torto, la pensa in modo diverso. C'  una celebre frase di Voltaire: «Io combatto la tua idea, che   diversa dalla mia, ma sono pronto a battermi fino al prezzo della mia vita perch  tu, la tua idea, possa esprimerla

¹⁰ Immanuel Kant, Risposta alla domanda: che cos'  l'illuminismo?, 1784.

liberamente». Non è necessario né sufficiente essere umili servitori della fallibilità per dire con Voltaire che siamo disposti a difendere con la nostra stessa vita il diritto di chi, senza teorizzare l'omicidio degli infedeli e il martirio suicida, la pensa in modo diverso.

C'è anche il rovescio della medaglia: si è fatta molta retorica mettendo in circolazione l'idea che i lumi della ragione siano gelidi e impersonali, privi di etica, incapaci di offrire un quadro di riferimento per una vita sensata, dunque alieni da ogni sentimento di partecipazione e solidarietà, quasi che il carattere idealmente intersoggettivo dell'avventura umana nella conoscenza fosse slegato da ogni altra forma di valore. L'inconveniente di chi coltiva questa retorica è che per difendere i diritti della carne (o i diritti dello spirito) da una ragione fredda, non si può smettere di servirsi della ragione, che è poi una ragione "incarnata", non qualcosa di puramente formale. Altrimenti, o si finisce per divinizzare il corpo o si finisce per legittimarne l'irrilevanza: due esiti oggi largamente testimoniati ... e poco raccomandabili.

Ci sono, anche qui, dei paletti da rispettare e sono paletti *non convenzionali*. Individuati e precisati nel corso della storia della civiltà europea, dovrebbero essere considerati un po' di più dai fedeli di tutte le religioni, per cominciare a capire un piccolo dettaglio: che se vanno avanti a scavare nella loro fede, trovano secoli di discussioni teologiche, nelle quali, mediante altri bei ragionamenti, si è cercato di chiarire il senso di ciò che si *crede*. Suona strano quest'accostamento? Mettersi a pensare senza deleghe ad altri è scomodo. Se vi piace la comodità, non ne avete bisogno.

15. Autocorreggibilità

La scienza è quel che è grazie anche al modo in cui si apre al cambiamento. Perciò, le nostre conoscenze non vanno viste in modo statico, come se l'oggi scientifico fosse il giorno del giudizio. Vederle dinamicamente ci priva della capacità di giudizio qui e ora? No, l'arricchisce.

Una semplice induzione a partire dagli errori commessi in passato, e poi corretti, servirebbe a poco: potremmo inferirne che, siccome gli scienziati si sono sbagliati quando non credevano di sbagliarsi, la stessa cosa succederà agli scienziati attuali, e potremmo inferirne l'opposto: che, siccome finora ci siamo accorti degli errori, ce ne accorgeremo anche in futuro. Per un verso siamo destinati a fare errori e per un altro

siamo destinati a eliminarli. Per un verso dovremmo essere scettici e per un altro fiduciosi. Il punto è che la distribuzione statistica degli errori passati non conta come argomento a sostegno dello scetticismo né più né meno di quanto la loro passata correzione garantisca la certezza che giungeremo a rispondere a ogni interrogativo, o peggio: che siamo già arrivati a risposte che non saranno mai più toccate.

Vale piuttosto una specie traslata del Principio di Archimede: quante più risposte immergiamo nella vasca del sapere, tante più domande ne vengono su. Non vuol dire che siamo tanto ignoranti quanto prima, o più ignoranti di prima. Se non altro, prima ignoravamo cosa c'era da capire mentre ora possiamo darci da fare per capirlo. Le risposte che nel frattempo abbiamo immerso nella vasca ci hanno permesso di trovare rimedio a malattie, a disporre di energia per i più vari scopi, a comunicare in tempo reale non solo con chi vediamo.

Al crescere di quel che sappiamo, cambia anche la formulazione di quesiti già sciolti e cambia la loro posizione nel quadro generale. A loro volta, questi cambiamenti contribuiscono alla crescita del sapere: immergiamo nuove risposte ed emergono nuove domande. Questo non implica che siamo sempre lì, o che ci troviamo in un flusso eracliteo dove un posto vale l'altro. Il sapere si stabilizza in nuovi regimi che lo stesso sapere definisce progredendo.

Mi sono espresso con qualche immagine per evitare un discorso più complicato e togato. Metafore o non metafore, è pur sempre un discorso "epistemologico". L'epistemologia del Novecento, infatti, non si è interessata soltanto della *struttura* della conoscenza; ha fatto i conti anche con il *divenire* della conoscenza, specificando in quale senso la crescita del sapere non è un mero accumularsi di verità e aiutando a capire che la transizione da una teoria a una migliore non comporta una conversione religiosa. È stato uno dei maggiori contributi della filosofia recente. Non molti scienziati se ne sono accorti, pazienza.

Nel progresso della scienza c'è anche qualcosa che non apprezziamo quanto meriterebbe: la ragione umana è in grado di *auto-correggersi*. La capacità di *auto-correggersi* è una straordinaria risorsa, individuale e collettiva, senza la quale neanche la democrazia avrebbe vita lunga – e se così fosse, ne sarebbe comunque impedito un progresso significativo. Ovviamente, non basta la capacità: va messa in pratica. Il che richiede tempo, argomenti, risorse, dunque un processo laborioso ... e costoso.

L'autocorreggibilità è altrettanto importante della fallibilità. Non siamo costantemente impegnati a mettere in dubbio le nostre ipotesi, con solerzia, ogni secondo. Se così fosse, la ricerca ne sarebbe paralizzata e nessun problema sarebbe mai stato risolto. Non stiamo sempre lì ad auscultarci. Né siamo sempre lì a correggere calcoli, teorie, misurazioni. Fatto sta che, ogniqualvolta ce n'è bisogno, nella scienza

questa potenzialità si traduce in pratica corrente: non è poco.

16. La civiltà europea

Come si fa a mettere insieme l'idea che la verità scientifica è ... verità, indipendentemente da chi, quando, dove, viene scoperta, e l'idea che, qualunque affermazione sia fatta, va sempre vista nel quadro della cultura in cui si forma? Se ne parla da un bel po' e il guaio interessa da vicino il rapporto tra scienza e democrazia. Siamo diventati più buoni imparando a rispettare le altre culture: non siamo più eurocentrici come cent'anni fa. Ma la scienza, nata in Europa e poi coltivata nel resto del mondo, è... scienza-punto-e-basta. Resta un bene che in grandissima parte è stato prodotto e confezionato qui, prima di essere confezionato, spedito e poi riprodotto altrove.

La tensione fra la scienza «occidentale», nata in Europa, e l'apertura alla diversità culturale scalda ugualmente gli animi benché sia generata da una bella confusione, perché anche l'apertura alla diversità culturale è stata elaborata e teorizzata all'interno di quella stessa cultura «occidentale» che si vuol mettere sotto accusa, esattamente come qui sono state precisate le ragioni per le quali si può rivendicare l'universalità del sapere e al contempo si può rivendicare la pluralità degli apporti a questo sapere dovuti ad altre culture.

Del pluralismo culturale, negli ultimi tempi, c'è una interpretazione che si è diffusa a macchia d'olio: «per legittimare l'altrui cultura bisogna indebolire il senso della propria». È una testimonianza di sublime nobiltà o una sciocchezza? Consideriamone un primo effetto: con l'indebolimento della propria identità, anche l'anelata legittimazione della diversità ne risulta indebolita. Per non irritare chi ha altre tradizioni, dovremmo rinunciare alle nostre? A tutte? A quali sì e a quali no? Alla scienza, per esempio, e alla democrazia? La cultura europea, in cui scienza e democrazia sono cresciute, dovrebbe far posto a idee che negano il valore della razionalità scientifica? Dovremmo aprirci a idee che negano il valore della democrazia, perché accanto o al di sopra di entrambe ci sono altri valori? *Nein, danke.*

La storia dell'Europa è anche la storia dell'emancipazione da una simile sudditanza: è anche la storia della nostra «uscita dallo stato di minorità», per usare le parole di Kant. E non è un'uscita solo *nostra*, cioè, non appartiene gelosamente all'Europa. Se nel resto del mondo non sanno che farsene, anche quando puntano sullo sviluppo economico mediato dalla tecnologia importata dall'Occidente, peggio per loro. Esattamente come, se non sappiamo che farsene della saggezza e dell'arte cresciute altrove, peggio per noi.

La nostra civiltà ... Quando la si vuole esportare, si pensa direttamente al sistema democratico e al sistema economico che l'accompagna. Si pensa meno alla formazione umanistica e scientifica che l'alimentano, quasi che tutto si riducesse a codici, ricette formali, regole dell'economia, architetture istituzionali: di nuovo il prodotto, non lo spirito che lo motiva. Non si capisce che è la stessa dialettica fra cultura scientifica e cultura umanistica — l'atteggiamento liberale e scientifico nei confronti delle più svariate questioni — la cosa più difficile da trapiantare laddove c'è una tradizione orientata alla condivisione dei valori (etnici, ideologici, religiosi) della propria comunità.

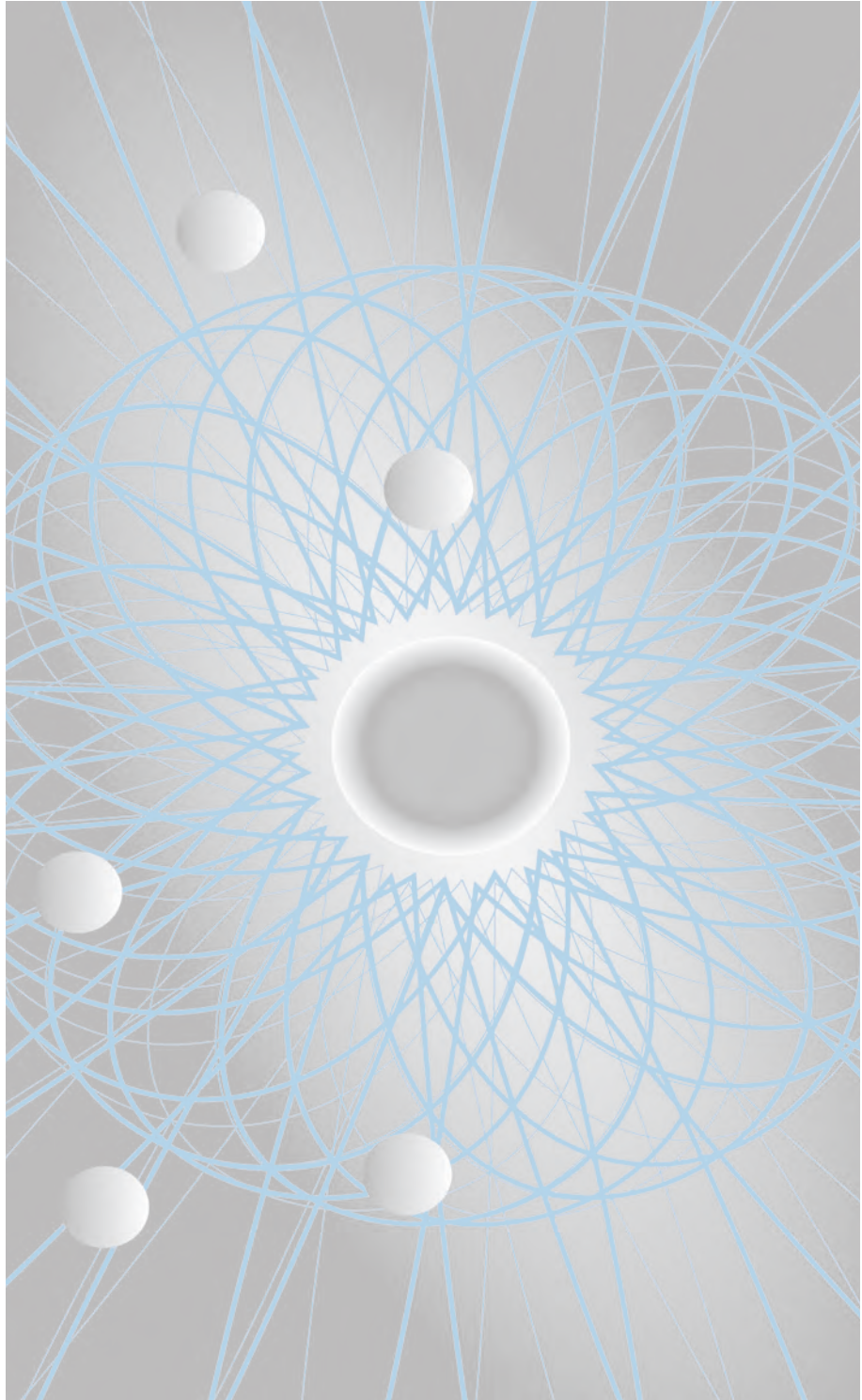
Di fatto, a un buon numero di europei non importa nulla del loro straordinario retaggio culturale (in particolare, scientifico) e non piace l'idea di aiutare chi, in ambienti culturali molto diversi, metta in gioco perfino la propria vita per testimoniare valori cresciuti ed elaborati sistematicamente dalle nostre parti. Per rispettare la diversità culturale, dovremmo forse dire che sono dei disadattati o dei venduti (a noi)?

Se i valori della democrazia e della scienza non sono più avvertiti dagli stessi europei (e specialmente dai giovani), se il loro senso è vissuto come arredo ambientale o come un insieme di servizi dovuti, allora non ci resta che scomparire. Non sarebbe certo la prima volta che una cultura nella quale si è arrivati a coltivare raffinati sistemi di pensiero finisce per essere sopraffatta dalla barbarie (interna prima ancora che esterna), perché non ha più l'intelligenza e la volontà di mantenere vivi gli standard necessari a coltivarli – e tanto meno di innalzarli ancora di più.

Potete decidere di assecondare questo processo di imbarbarimento, come potete decidere di non assecondarlo. Se decidete di fare qualcosa per fermarlo, ... è fatica: una strada esigente, sicuramente più esigente di quanto l'attuale (s)formazione, (dis)educazione o (d)istruzione, dentro e fuori dalla scuola, vi possa suggerire. Ne vale la pena? *Tua res agitur.*¹¹

Alberto Peruzzi
Università di Firenze

¹¹ Sulla spinta dell'interesse mostrato da studenti e insegnanti, ho finito per espandere il testo di queste due lezioni tenute per Pianeta Galileo 2007 e di altre tenute sullo stesso argomento in questi ultimi anni. Ne è venuto fuori un libro, *Scienza e democrazia*, che sarà pubblicato dalla casa editrice ETS di Pisa e alla cui lettura rimando chi è curioso di sapere come si sviluppa il discorso qui interrotto.





Scienza, scuola e società

La geometria dimenticata

La struttura di questo intervento è la seguente: un rapido excursus sull'evoluzione della geometria fino a Cartesio e successivamente una descrizione della doppia problematica cartesiana, per ricordare quello che talvolta viene scordato, cioè, il fatto che la visualizzazione geometrica di un problema matematico spesso, oltre a esser efficiente, può rappresentare anche un'operazione di stimolo per la fantasia degli studenti (vedi esempio finale).

1. Rapidi cenni sull'evoluzione della geometria prima di Cartesio

La geometria raggiunge la dignità di scienza, e non più esclusivamente di tecnica, con Talete (640-547 a. C.) che, come vedremo, introduce un concetto rivoluzionario. Nel periodo precedente la geometria, come rivela l'etimologia della parola (geo-metria = misura del terreno), aveva il compito di fornire strumenti funzionali alle misurazioni di grandezze fisiche come aree, altezze, ecc.

Lo scatto qualitativo avviene quando Talete introduce il *concetto di astrazione*: la possibilità, cioè, di immaginare (col pensiero) gli oggetti geometrici non nella loro concretezza, ma nella loro essenza. Ad esempio, pensare a un triangolo rettangolo non significa prenderne in considerazione uno ben determinato, ma immaginare una classe astratta costituita da tutti i triangoli con un angolo di novanta gradi e pensarla come un tutt'uno.

Questa funzione del nostro cervello, che i neurologi moderni hanno individuato in una precisa zona detta F2, oggi è un'attitudine diffusa del nostro pensiero ma, storicizzata, appare una presa di coscienza rivoluzionaria e come tale, probabilmente, era patrimonio solo di una classe di persone finemente colte.

La capacità astrattiva è la madre della geometria come scienza. Le conseguenze sono state la definizione astratta degli enti geometrici

¹ Questa breve esposizione è la versione ridotta di una conferenza tenuta a Grosseto il 24 ottobre 2007 nell'ambito di *Pianeta Galileo*.

e le regole del gioco che consentono, con metodo esclusivamente logico-deduttivo, la scoperta di proprietà (proposizioni o teoremi). Fare geometria diviene, dunque, “pensare geometricamente in senso astratto”.

Passando ad un livello di dettaglio più preciso, fu “Euclide” (367-283 a.C.) a dare una sistemazione organica a questa impostazione. Le virgolette sono necessarie in quanto gli studiosi si sono divisi sulla storicità della figura di Euclide: alcuni sostengono che sia stato effettivamente *un personaggio storico* realmente vissuto e autore della sua produzione scientifica, altri che il suo nome sia stato semplicemente uno *pseudonimo di un'équipe* di matematici che lavoravano in gruppo; infine, altri studiosi avallano l'ipotesi che Euclide sia stato esclusivamente il *referente scientifico* di alcuni matematici che continuarono a scrivere anche dopo la sua morte.

In ogni caso sono attribuiti a “Euclide” i tredici volumi degli *Elementi* (apparsi circa nel 300 a.C.) nei quali in particolare si stabiliscono le *DEFINIZIONI* che attribuiscono univocamente il significato degli oggetti geometrici di cui si parla (punti, rette, ...), le regole deduttive consentite e gli assiomi, o *POSTULATI*, che sono verità assunte senza dimostrazione.

I postulati sono cinque

Postulato 1. *Due punti A e B possono sempre essere uniti da una retta.*

Postulato 2. *Ogni segmento è prolungabile in una retta.*

Postulato 3. *Esiste sempre una circonferenza di raggio e centro fissato.*

Postulato 4. *Tutti gli angoli retti sono uguali.*

Postulato 5. *Se due rette intersecano una terza retta formando angoli interni la cui somma è minore di un angolo piatto, le due rette si incontrano [equivalente alla possibilità di tracciare da un punto una parallela ad una retta data].*

Un *TEOREMA* o *PROPOSIZIONE* è una proprietà dedotta dai cinque assiomi o da altre proprietà sempre da essi conseguenti.

Invogliati dal fatto che i primi ventotto teoremi sono dimostrati con l'uso soltanto dei primi quattro, molti matematici e filosofi si sono accaniti nel dimostrare la dipendenza del quinto postulato dai precedenti: la sfida è stata persa molti anni dopo quando Bolyai nel 1825 pubblicò la prova dell'indipendenza. La paternità del risultato fu contestata da Gauss che sostenne di averlo ottenuto (senza pubblicarlo) ben venti anni prima.

Investigare e scoprire delle proprietà geometriche seguendo le

regole del gioco sopra definite significa occuparsi della geometria euclidea (o sintetica).

Vi sono anche altre geometrie, dette *non euclidee*, che partono da definizioni diverse e all'interno delle quali non sono rispettati alcuni degli assiomi euclidei: ad esempio, se consideriamo come ambiente la superficie sferica, definiamo come *punto* un punto della sfera e come *retta* una circonferenza di raggio massimo, due rette si intersecano sempre in due punti, contraddicendo il quinto postulato euclideo².

2. La rivoluzione cartesiana

Lo studio della geometria euclidea esclusivamente con metodi logico-deduttivi, se escludiamo qualche timido tentativo nel Medioevo, fu monopolizzante fino al diciassettesimo secolo, quando René Descartes, it. Cartesio, operò una "rivoluzione geometrica" destinata a lasciare una notevole impronta culturale.

Cartesio (1596-1650) nasce da una famiglia agiata e ha una vita densa di esperienze di vario tipo. Dopo i primi studi in un collegio gesuita, entra volontario nell'esercito e scrive opere sulla teoria delle fortificazioni, un compendio di musica, e meditazioni di carattere teologico. Compie vari viaggi (anche in Italia) e si dedica a studi di ottica, fisica e filosofia.

Nel 1635 scrive il celebre *Discorso sul metodo*, che viene accolto dalla critica con scarso entusiasmo. Diviene poi precettore della regina di Svezia. Muore di polmonite nel 1650. Nel *Discorso sul metodo* appare la sua geniale intuizione e ne viene indicata anche la curiosa genesi.

Data la sua salute alquanto cagionevole, Cartesio soleva trattenermi al mattino a letto meditando su questioni che lo appassionavano. Una mattina, improvvisamente, una mosca cominciò a svolazzare nella stanza: infastidito dal ronzio si pose la domanda di come avrebbe potuto perfettamente individuarla nello spazio. Pensò: se conoscessi la sua distanza dal pavimento e da due pareti della stanza l'avrei esattamente posizionata.

ERANO NATE LE COORDINATE CARTESIANE! E, più in generale, una nuova

² Vedi http://users.libero.it/prof.lazzarini/geometria_sulla_sfera/geo.htm per una trattazione didattica più completa.

impostazione per lo studio della geometria: si poteva utilizzare l'algebra per l'indagine geometrica (e viceversa) usando il metodo di descrivere le proprietà geometriche (i luoghi geometrici) con equazioni nelle quali intervengono come incognite le coordinate cartesiane dei punti.

L'idea è di introdurre un sistema di riferimento (ortogonale) e associare ad ogni punto una terna di numeri reali (le coordinate del punto) che univocamente lo individuino. Se abbiamo a disposizione un luogo geometrico, le coordinate dei punti che appartengono a tale luogo devono soddisfare alcune equazioni e viceversa una (o più equazioni) che coinvolgano le incognite (x,y,z) può essere visto come un insieme di punti le cui coordinate soddisfano l'equazione o le equazioni date.

L'introduzione delle coordinate cartesiane pone dunque due ordini di problemi: uno consiste nel saper descrivere e tradurre un problema di carattere geometrico in uno di tipo algebrico, cercare di risolverlo e, tornando indietro, trovarne l'interpretazione geometrica ; l'altro di modellizzare geometricamente un problema di carattere analitico, risolverlo con strumenti geometrici, e trarne le conclusioni analitiche o algebriche.

È abbastanza immediato comprendere che il primo procedimento ha un carattere più meccanico e, probabilmente, dal punto di vista didattico è a volte meno stimolante per un discente. La strada è abbastanza segnata: si tratta, normalmente, di seguire una successione di passi nei quali la fantasia ha un ruolo meno preponderante di quello che interviene nella seconda problematica.

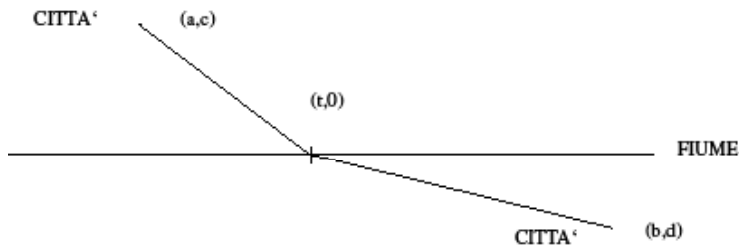
Spesso (purtroppo) nel curriculum scolastico si predilige proporre questioni relative al primo ordine di problemi piuttosto che al secondo ed in questo senso possiamo dire che *la geometria viene dimenticata* o almeno trascurata a favore della manualità di calcolo.

Terminiamo queste brevi riflessioni con un esempio molto semplice, ma nelle intenzioni suggestivo, di un problema analitico che può essere trattato con metodi geometrici.

Supponiamo di voler trovare il minimo della funzione

$$f(t) = (a - t)^2 + (b - t)^2 + c^2 + d^2$$

dove a, b, c, d sono costanti assegnate. Questo problema modella, ad esempio, il problema di conoscere dove posizionare il ponte affinché il percorso tra due città abbia lunghezza minima.



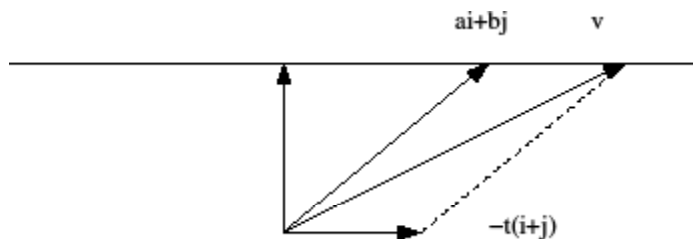
Ovviamente, essendo c e d costanti, è sufficiente calcolare il minimo della funzione

$$g(t) = (a - t)^2 + (b - t)^2$$

La quantità $g(t)$ rappresenta (se i e j indicano una coppia di versori ortogonali) il modulo al quadrato del vettore

$$v = (a - t)i + (b - t)j = ai + bj - t(i + j)$$

Si tratta dunque di trovare, al variare di t , quando il vettore v assume lunghezza minima.



Dalla figura si nota che v è di lunghezza minima quando è ortogonale a $i+j$, ossia quando il prodotto scalare tra v e $i + j$ vale 0. Questa circostanza si ottiene quando

$$t = \frac{(a + b)}{2}$$

che rappresenta la soluzione del nostro problema iniziale.

Mario Landucci
 Università di Firenze

Il cielo sopra la Cina

I. Breve introduzione

Il cielo stellato accomuna i bambini di tutta la Terra perché ogni notte le stelle brillano sulle teste di ognuno, ricco, povero, cittadino o campagnolo, grande o piccolo, ricco o povero che sia. Anzi, per una legge che probabilmente tende a privilegiare chi ha qualche problema di sopravvivenza in più, le stelle si vedono meglio dove non ci sono le luci dei paesi industrializzati ad offuscarne il fascino e la bellezza.



Nella convinzione che ogni bambino abbia un linguaggio preferito per comunicare e che la pluralità di linguaggi aiuti la comprensione del mondo, L'Osservatorio di Arcetri ha messo a punto e realizzato un percorso in più fasi che portasse i bambini e le bambine a scoprire e raccontare il cielo attraverso tecniche e idee differenti e personali.

Tre sono state le principali tappe del percorso sul cielo cinese:

1. lezione tenuta dagli astronomi dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri sulle leggende del cielo cinese;
2. attività delle classi, supportate dagli insegnanti, dai mediatori culturali e dagli astronomi del nostro osservatorio, volte alla rappresentazione dei miti e delle leggende sul cielo cinese attraverso diverse tecniche espressive e di drammatizzazione;
3. costruzione di un nuovo spettacolo all'interno del planetario itinerante Starlab, realizzato tenendo conto delle storie e delle rappresentazioni dei bambini e delle bambine.

2. Descrizione delle tappe del percorso

Prima tappa. Proprio in occasione dell'edizione 2006 di Pianeta Galileo i bambini e le bambine dell'istituto statale comprensivo Gandhi di Firenze hanno iniziato un percorso durato un intero anno che ha avuto inizio con l'installazione a scuola del planetario itinerante dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri.



Qui, guidati dagli astronomi e dalle bibliotecarie dell'Osservatorio, hanno imparato a riconoscere le costellazioni più note della mitologia greco-romana e giocato a collegarle per immaginare costellazioni nuove e frutto della loro immaginazione. Successivamente la proiezione greco-romana è stata sostituita da un cielo nuovo ... popolato da costellazioni sconosciute: un generale cinese, un imperatore e un'imperatrice, una principessa, un guardiano di buoi, proprio dove prima stavano Orione, l'Orsa minore, l'Aquila e la Lira. È stata l'occasione per accendere il dibattito, per favorire la discussione e il ragionamento, e per condividere e aiutare a formulare un pensiero comune.

Un'operazione tecnicamente semplice per chi conduce il planetario (che consiste nel semplice cambio del cilindro di proiezione per

osservare in cupola l'immagine delle costellazioni della mitologia cinese anziché quella delle costellazioni della mitologia greco-romana) può cambiare le prospettive, modificando i punti di vista.



Lo scopo dell'incontro non è solo quello di narrare miti e leggende legati alla Cina di oggi e di ieri, ma anche quello di avvicinare allo strumento planetario i bambini, i ragazzi e i loro insegnanti che, nelle fasi successive, potranno elaborare un nuovo spettacolo per il planetario.

Seconda tappa. La seconda tappa del percorso durata un intero anno scolastico, ha visto un gruppo di bambini e bambine dell'istituto comprensivo statale Gandhi impegnati nella scoperta dei miti e delle leggende cinesi e delle tecniche per raccontarli all'interno di un planetario.



Il filo conduttore di questa tappa ha le radici nella suggestione che il cielo notturno ha per i bambini e le bambine di tutto il mondo e sul valore unificante che hanno le stelle del cielo, che brillano sulla testa di tutte le persone del mondo. I bambini hanno unito fantasia e conoscenze scientifiche per raccontare il cielo visto dai loro occhi, quelli di bambini di Firenze con diverse radici.

Varie sono state le tecniche utilizzate: narrazione, disegni, animazioni su lavagna luminosa. Dopo una prima fase di raccolta e lettura dei miti e delle leggende, e dopo la visita al planetario, i bambini e le bambine coi loro insegnanti hanno avuto un'idea che anche a noi ha aperto nuove prospettive: *perché volendo rappresentare i miti e le leggende cinesi sulla cupola del planetario non utilizzare l'antica arte cinese delle ombre?*

Sono allora entrate in campo nuove collaborazioni come quella con il grande esperto d'ombre, Mariano Dolci, per anni "burattinaio municipale" presso le scuole di Reggio Emilia. .

Grazie all'aiuto di Mariano Dolci e del mediatore culturale Laoss Ann, esperto di ombre cinesi, si sono unite le potenzialità delle ombre cinesi alla particolarità del planetario, che permette di proiettare le ombre a 360 gradi e non su un piano come avviene comunemente. Si tratta di una peculiarità unica, di grande interesse anche per coloro che si occupano per mestiere di narrazioni attraverso le ombre. L'effetto sui bambini e gli spettatori in generale è di grandissimo coinvolgimento.

I bambini di Brozzi hanno utilizzato diverse tecniche per realizzare le sagome da proiettare. Alcune sagome sono state ricavate con il cartoncino nero, mentre altre non erano altro che le sagome degli stessi bambini dapprima fotografate e solo successivamente ritagliate e utilizzate per fare il teatro d'ombra.

In alcuni casi la tecnica dell'ombra è stata associata a quella della proiezione con la lavagna luminosa, consentendo di far muovere le ombre in paesaggi affascinanti e variopinti. Chiaramente, trovandosi a lavorare con bambini provenienti da altre culture, altre possono essere le forme di rappresentazione da utilizzare. L'efficacia di questo metodo sta proprio nel cogliere le tecniche e le modalità narrative più adatte a raccontare miti e leggende di diverse parti del mondo.



Ecco quindi proiettate sulla cupola due ombre cinesi, enormi e avvolgenti: Orione e il Generale Cinese, che litigano per occupare lo stesso posto del cielo, ecco i bambini intervenire per dire la propria opinione, ed ecco infine le sagome di tre zebre arrivare perché più a sud, in Africa, nelle tre stelle della “cintura di Orione” ci sono tre zebre e non una cintura.

Il grande coinvolgimento di questo tipo di intervento ha consentito di rendere i bambini attivi e partecipi anche in una situazione, come quella del planetario, nella quale solitamente il pubblico ha un atteggiamento decisamente frontale. La suggestione della tecnica del teatro d’ombra è dovuta probabilmente anche al fatto che le prime ombre furono osservate intorno al fuoco di una caverna proprio mentre si raccontavano storie. Nell’antica Cina il teatro delle ombre serviva a venerare le divinità ma anche a scacciare fantasmi e mostri, anche se in seguito ha assunto il carattere di intrattenimento che conserva tutt’oggi

Così, fra miti rappresentati in cupola e proiezioni del cielo stellato per capire dove sono e cosa sono le stelle, il tempo vola e i bambini escono pieni di domande e ragionamenti da fare fra loro oppure da rivolgere magari a un astronomo che, guarda caso, li aspetta proprio là fuori.

Terza tappa. Nell’edizione 2007 di Pianeta Galileo, sotto la cupola del planetario sono state proiettate e raccontate proprio le storie raccolte e inventate dai bambini. Lo spettacolo “Il cielo dei cinesi” è diventato poi parte integrante di un percorso più ampio ideato dal nostro osservatorio dal titolo “I cieli del mondo” che è stato fra l’altro ospitato dal Festival della scienza di Genova. L’intera esperienza è stata descritta in un documentario che può essere richiesto al nostro osservatorio.

Il progetto “Il cielo sopra la Cina” è stato possibile grazie alla collaborazione di un nutrito gruppo di bambini e bambine, insegnanti ed esperti.

Il gruppo di lavoro è stato composto da:

- Lara Albanese, Francesca Brunetti, Antonella Gasperini, Daniele Galli, Filippo Mannucci, Guia Pastorini, Franco Pacini, Eleonora Sani, per l’INAF Osservatorio Astrofisico di Arcetri;

- Mariano Dolci, Katryna Pastacaldi, Mariangela Vigotti, per il Gruppo di studio sulle ombre in strutture tridimensionali.

Il progetto è stato realizzato nell'ambito di *Universe Awareness*, Programma UNESCO IAU, in collaborazione con:

Consiglio Regionale della Toscana

Comune di Firenze – Assessorato alla Pubblica Istruzione

Istituto Comprensivo Statale Ghandi - Firenze

Comune di Firenze - Centro di Alfabetizzazione Gandhi

Il DVD è stato prodotto con la collaborazione di Duccio Ricciarelli e HZ Movie.

Lara Albanese

Osservatorio Astrofisico di Arcetri

La prevenzione dei disturbi del comportamento alimentare tra i giovani: alcune riflessioni

Il Progetto *Pianeta Galileo* ha visto quest'anno una serie di iniziative nelle scuole superiori dedicate ai Disturbi del Comportamento Alimentare, con interventi mirati dedicati ai ragazzi e agli insegnanti. È stato molto significativa la grossa attenzione che c'è stata da parte di tutti i soggetti coinvolti, a ricordarci ancora una volta l'importanza della prevenzione su questo argomento. Nell'ultimo decennio si è attribuita grande enfasi alla necessità di sviluppare programmi che svolgano un'azione preventiva nell'ambito dei Disturbi del Comportamento Alimentare, particolarmente nell'ambito scolastico, ma questo obiettivo è difficile da perseguire, rischioso e fino ad oggi di scarso successo. Ciò ha condotto molti autori a domandarsi se la prevenzione dovrebbe persino essere tentata.

Se da un lato molti sostengono la necessità e l'efficacia dell'implementazione di programmi prevenzione (primaria) nei Disturbi Alimentari altri ricercatori sono invece pessimisti rispetto alla reale possibilità di prevenire una patologia così complessa, multifattoriale, che cambia nel tempo, non ben conosciuta in tutti i suoi meccanismi e fattori predisponenti e precipitanti.

Ma possiamo permetterci di attendere tutte le risposte necessarie? No, se riconosciamo che i Disturbi Alimentari si presentano in un continuum, che il trattamento dei casi riconosciuti non è un meccanismo efficace di controllo e che l'incidenza è in continuo aumento.

L'obiettivo della ricerca, in ambito di prevenzione nei Disturbi Alimentari, è quello di riuscire a promuovere comportamenti alimentari salutari, stili di vita attivi e una positiva immagine corporea senza incrementare nei giovani la preoccupazione per il peso e le forme corporee.

Di contro, molti educatori ed operatori sanitari esprimono preoccupazione circa la crescente difficoltà ad aiutare i giovani a prendersi cura della propria salute. La maggior parte dei giovani italiani considera, infatti, la propria salute un aspetto rilevante, ma solo un terzo pone in atto comportamenti coerenti per la sua salvaguardia, cfr. [2].

La prima adolescenza è stata identificata come un momento di

estrema vulnerabilità nello sviluppo dell'immagine corporea a causa dei cambiamenti fisici associati alla pubertà, all'incremento del desiderio di accettazione da parte dei coetanei, all'inizio delle relazioni sentimentali e all'eventuale esposizione ad eventi di vita negativi associati a questa fase di sviluppo.

Alcuni giovani adolescenti rispondono a questi eventi modificando il proprio comportamento alimentare verso una restrizione e/o selezione del cibo. Ad esempio un recente studio Canadese ha dimostrato che su un campione di 400 ragazze adolescenti il 61% stava a dieta e una consistente proporzione adottava metodi estremi di controllo finalizzati a raggiungere una perdita di peso significativa [4].

L'alterato rapporto con il cibo, il peso e il corpo, comporta notevoli complicanze fisiche e relazionali, infatti i Disturbi Alimentari sono una delle patologie psichiatriche più pericolose tra quelle che colpiscono i bambini e gli adolescenti.

Questi disturbi esprimono un forte disagio, una scarsa stima e fiducia in sé, una profonda insicurezza nella propria immagine e nel proprio ruolo, un apparente desiderio di non crescere.

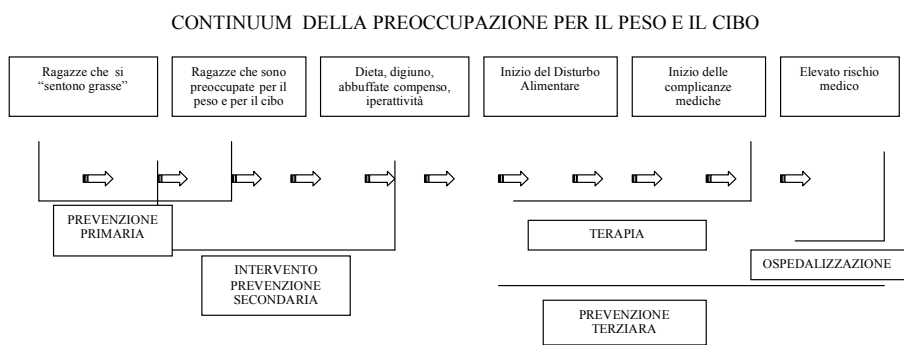
Anche la tarda adolescenza può rappresentare un momento del ciclo vitale rischioso per l'insorgenza di un Disturbo Alimentare, a causa delle difficoltà legate alle prime relazioni intime e alla ricerca di una propria identità, separata da quella della famiglia. In questa fase il Disturbo Alimentare può rappresentare una forma di adattamento psicologico disfunzionale alle sfide dell'adolescenza.

I Disturbi del Comportamento Alimentare rappresentano quindi una condizione di difficile gestione, e ciò rende la prevenzione, sia primaria che secondaria, una risorsa preziosa per abbattere la durata, i costi della malattia e degli interventi terapeutici.

La prevenzione sebbene sia una delle risorse più potenti risulta, paradossalmente, la meno studiata. Gli obiettivi della prevenzione sono:

1. intervenire prima che il disturbo insorga affinché non si sviluppi, lavorando per modificare e/o diminuire/annullare i fattori di rischio e/o rafforzare o creare fattori di protezione nei confronti dei Disturbi Alimentari (*prevenzione primaria*);
2. identificare precocemente i casi di malattia al fine di intervenire in modo tempestivo così da accorciare i tempi di richiesta di trattamento (*prevenzione secondaria*). Figure significative come i genitori (ambito familiare), gli insegnanti e allenatori (ambito sociale), medici di medicina generale (ambito medico) e medici specialisti (ginecologi,

- dentisti, dermatologi ...) andrebbero opportunamente informate e formate per riconoscere precocemente i segnali e svolgere un'azione di ponte con gli ambulatori specialistici. È infatti dimostrato che minore è la durata di malattia più favorevole è la prognosi;
3. ridurre le complicanze e la mortalità nei soggetti cronici (*prevenzione terziaria*).



Fonte : [3]

Purtroppo i risultati degli interventi di prevenzione, lasciano poco soddisfatti, in quanto sembra riescano ad *informare* ma non ad *incidere sui comportamenti* e gli atteggiamenti delle persone a cui sono rivolti. Questi esiti sono forniti soprattutto da programmi di prevenzione basati sull'informazione della malattia e sull'alimentazione.

La rilevanza data dal Ministero della Sanità all'andamento epidemiologico di patologie come i Disturbi del Comportamento Alimentare e l'obesità, hanno inondato negli ultimi anni le scuole di interventi educativi e richieste di programmi non meglio definiti di prevenzione, il cui fulcro è rappresentato da spiegazioni sulla corretta alimentazione, sul rischio di comportamenti come il vomito autoindotto o l'abuso di lassativi finalizzati alla conoscenza dei Disturbi Alimentari.

Esistono tuttavia molti dati documentati sull'impatto che studi di prevenzione realizzati a livello scolastico hanno avuto sul comportamento alimentare, sull'ideazione della magrezza e sull'impiego delle diete nel mondo giovanile.

Il risultato, purtroppo, non è confortante: a una migliore conoscenza (nessuno dei programmi fallisce infatti nell'aumentare il livello di

informazione) non corrisponde, nei giovani aderenti ai programmi di prevenzione, una modifica dei comportamenti o della preoccupazione inerente al proprio peso e alla propria immagine corporea. Anzi, esiste il documentato sospetto che fornire, nei gruppi a rischio, informazioni dettagliate su aspetti nutrizionali e Disturbi Alimentari possa addirittura contribuire ad aumentare l'incidenza del disturbo. È quindi impossibile la prevenzione?

Alla luce dei risultati negativi o contrastanti di alcuni progetti di prevenzione (primaria), si fanno sempre più strada le seguenti riflessioni e indicazioni rispetto sia al "cosa" che al "come" di un'efficace prevenzione.

Si tratta di programmare e implementare i progetti di prevenzione, passando:

1. dal paradigma della prevenzione della malattia a quello della promozione della salute;
2. da interventi mirati alla prevenzione di specifiche patologie alla prevenzione/promozione più generale del disagio/benessere psicofisico tramite la costruzione/implementazione delle abilità personali (*life skills*);
3. da interventi su bambini/adolescenti ad interventi sui sistemi e su diversi agenti/agenzie;
4. da interventi una tantum e di cui misurare l'efficacia a breve termine ad interventi continui e prolungati e da verificare a medio - lungo termine;
5. da interventi che si basino su informazioni fattuali (soprattutto su cosa sono i Disturbi Alimentari e sulla corretta alimentazione) ad interventi che mirino e consistano in una particolare attenzione alle abitudini, atteggiamenti, comportamenti attraverso lavori di gruppo e metodi esperenziali;
6. da interventi sulle popolazioni a rischio ad interventi universali con gruppi coetanei.

I più recenti studi di prevenzione si focalizzano nell'insegnamento ai giovani, prima che questi facciano esperienze di stress, di abilità personali (*life skills*) che li salvaguardino dalla preoccupazione eccessiva verso il peso e le forme corporee.

Questi interventi, che mirano alla promozione delle abilità personali necessarie a far fronte alle sfide dell'adolescenza, devono includere attività di comunicazione assertiva, di gestione dello stress, di miglioramento dell'autostima, dell'autoefficacia e del *problem solving* in ambito amicale e sentimentale.

Lo sviluppo di criticità nei giovani sulle immagini irrealistiche dell'uomo e della donna proposte dai media, i cambiamenti storici dell'ideale di bellezza, l'influenza genetica nella taglia corporea, le resistenze biologiche alla dieta sono altri contenuti da tenere presenti in ambito di prevenzione.

I giovani, inoltre, sono molto interessati all'immagine, quindi gli interventi di prevenzione devono eventualmente focalizzarsi sulle conseguenze a breve termine di un disordine alimentare piuttosto che su quelle a lungo termine. È ad esempio più efficace una discussione sui rischi a breve termine della restrizione dietetica sulla taglia corporea, piuttosto che l'enfaticizzazione del rischio di osteoporosi o di infertilità.

Per una maggiore efficacia, i programmi di prevenzione devono essere ben pensati e continuamente revisionati, alcune strategie dimostrate efficaci nei giovani in campi come il fumo di sigaretta o l'abuso di sostanze potrebbero essere applicati nel campo dei Disturbi Alimentari. Ad esempio, come mai le campagne di prevenzione sull'abuso di tabacco sono state più efficaci di quelle sull'abuso di alcool? È perché il consumo di alcool è socialmente accettato e questo crea nei giovani un messaggio conflittuale. Di contro, meno giovani hanno iniziato a fumare quando il tabagismo è diventato "fuori moda".

La nostra società sancisce sia comportamenti associati ai disturbi alimentari (digiuno, vomito auto-indotto ecc) sia l'enfasi sulla magrezza piuttosto che sulla salute. Contestualmente è però presente un certo grado di intolleranza nei confronti della ritenzione idrica associata alla mestruazione o alle trasformazioni indotte dalla gravidanza. Come potremmo aspettarci che in questo contesto un adolescente possa accettare i "tremendi" cambiamenti associati alla pubertà?

Quindi i programmi di prevenzione possono essere efficaci solo se esiste una struttura sociale di supporto. Tra gli obiettivi della prevenzione è essenziale cambiare il modo di operare degli adulti (insegnanti, allenatori, genitori) per modificare i loro pregiudizi in merito alla forma e al peso corporeo, informarli dei rischi di una dieta severa e non supervisionata soprattutto nell'adolescenza.

La famiglia, infatti, può tamponare o amplificare il fattore sociale negativo verso la magrezza. Esprimere inconsapevolmente commenti sulla fisicità dei propri figli può determinare un effetto negativo sullo sviluppo dell'immagine corporea più di quanto non possa essere indotto da un analogo commento proveniente da un coetaneo.

La maggior parte dei protocolli usati nelle scuole ripongono

però moltissima responsabilità sui bambini e molto meno sui loro genitori - questo è dimostrato dal fatto che neppure i programmi di prevenzione più evoluti preparano materiali e letture per loro. Ciò solleva il problema: se gli adulti della nostra società siano competenti per assumersi la responsabilità del benessere dei loro figli.

Gli interventi di prevenzione primaria devono perciò avvenire nella preadolescenza, prima che il bambino crei la propria immagine corporea, con il coinvolgimento attivo delle figure di riferimento (genitori, insegnanti, allenatori, medici di famiglia) attraverso un linguaggio condiviso.

La strategia, solo in minima parte informativa, è rivolta alla modificazione degli atteggiamenti e dei comportamenti; non si ricorre alla persuasione, bensì al dialogo socratico e alla discussione aperta.

È, inoltre, ormai ben documentato che il condizionamento dei coetanei assume grande significato durante l'adolescenza e numerosi studi hanno dimostrato che le relazioni tra pari possono avere un'influenza significativa sul comportamento alimentare e sull'immagine corporea. Ad esempio, ragazze che percepiscono negli amici comportamenti alimentari restrittivi, che sentono la pressione verso la magrezza e il pregiudizio nei confronti del loro peso o taglia corporea incorrono in un maggior rischio di sviluppare un disturbo alimentare.

Si tratta quindi di creare nell'ambiente dei giovani una sottocultura che possa avere la capacità di diminuire l'importanza e la pressione sociale verso l'eccessiva magrezza e verso le strategie finalizzate alla perdita di peso, attraverso cambiamenti comportamentali e la riduzione del pregiudizio e della stigmatizzazione del sovrappeso e dell'obesità: questo può fornire un'opportunità significativa nella prevenzione secondaria dei disturbi alimentari. Il lavoro di gruppo permette infatti, di costruire sistemi di relazione che aiutano i giovani a dare voce alle proprie idee, incoraggiando e facilitando le relazioni tra loro.

Gli interventi che prevedono il coinvolgimento in gruppo dei ragazzi hanno il vantaggio di produrre cambiamenti sia individuali che subculturali, migliorando l'autostima e l'autoefficacia e cambiando le attitudini e i comportamenti relativi alla salute.

I giovani devono essere aiutati a sviluppare una controcultura per sostenersi reciprocamente attraverso una struttura sociale di supporto. Inoltre, l'analisi del mondo giovanile e dell'impatto che la tecnologia ha avuto sull'informazione è ancora irrilevante per la maggior parte delle iniziative di prevenzione, in particolare quelle operanti nelle scuole, che continuano a porre al centro del proprio intervento l'informazione.

I nuovi "giovannissimi" sembrano stimolati e a loro agio nell'apprendere e comunicare con le nuove tecnologie. Negli ultimi anni queste sono state applicate ai Disturbi Alimentari e relative

pubblicazioni sono apparse sulle più prestigiose riviste che trattano l'argomento. Le ricerche mostrano che le nuove tecnologie presentano problemi etici nella loro applicazione in ambito terapeutico, mentre un'efficace applicazione in ambito preventivo sembra auspicabile.

È evidente che i protocolli d'intervento nella prevenzione dei Disturbi Alimentari devono necessariamente essere complessi, non risolvibili in qualche incontro strutturato, ma condotti a lungo termine, intensivi, adeguati all'età, sistematici e ripetuti, usando contemporaneamente dialogo e azione.

La promozione di tali strategie di intervento in ambito preventivo richiedono pertanto la formazione di personale specializzato e l'allestimento di protocolli operativi che garantiscano il monitoraggio dei risultati e l'affidabilità del metodo.

Bibliografia

- [1] Bauer B., Le radici culturali e psico-sociali dei disturbi alimentari: un sapere indispensabile per ogni operatore? In: B. Bauer e M. Ventura (a cura di) *Oltre la dieta – Una nuova cultura per i disturbi alimentari*, Centro scientifico ed., Torino 1998, pp. 1-24.
- [2] Buzzi G., *Dell'amore*, Aliberti, Reggio Emilia 2004.
- [3] S. Friedman, *Just for girls*, Salal Books, Vancouver 2003.
- [4] Mc Vey G., Pepler D., Davis R., Flett G & Abdoell M, 2002, Risk and protective factors associated with disordered eating during early adolescence, *Journal of Early Adolescence*, 22, 2002, pp. 76-96.
- [5] Murphy R., Frost S., Webster P, Schmidt U., An evaluation of web-based information. *International Journal of Eating Disorders*, 35, 2004, pp. 145-54.
- [6] Myers T. C., Swan-Kremeier L. Wonderlich S. Lancaster K. Mitchell J. E., The use of alternative delivery system and new technologies in the treatment of patient with eating disorders, *International Journal of Eating Disorders*, 36, 2004, pp. 123-43
- [7] Zabinski M. F., Pung M. A., Wilfley D. E., Epstein D. L., Winzelberg A. J., Celio A., Taylor C. B., Reducing risk factors for eating disorders: targeting at risk women with a computerized psychoeducational program, *International Journal of Eating Disorders*, 29, 2001, pp. 401-8

Laura Dalla Ragione

Responsabile del Centro dei Disturbi del Comportamento Alimentare

Palazzo Francisci, Todi

I disturbi del comportamento alimentare. Anoressia/bulimia: un'epidemia moderna

Partiamo da una foto di Oliviero Toscani che riproduce una modella della Ditta "Nolita", l'ennesima campagna contro l'anoressia (del 2007). Foto discussa per le possibili conseguenze da emulazione in una società dove l'apparire è sempre più incalzante rispetto all'essere e dove la pulsione di morte fa evitare sempre più ad ognuno di vivere la propria vita.

In un tipo di società siffatta non è più concessa una matrice personale del Super-Io, così come ce l'ha descritta Freud nella sua classificazione delle funzioni psichiche del soggetto (Es, Io e Super-Io), ma ci viene invece proposta dai modelli televisivi e mediatici impedendo persino la libertà di pensiero. Non appare difficile immaginare quali e quanti disagi possano nascere da questa visione della vita, soprattutto là dove vanno a fondersi accanto agli aspetti sociali, quelli delle dinamiche familiari e quelli di strutture caratteriali particolarmente sensibili nelle quali il cibo occupa una posizione centrale, irrealista, magica.

Il problema dei disturbi alimentari non è soltanto circoscritto alla nostra società ma trova la sua matrice nei secoli passati e fin dal Medioevo si presenta in tutta la sua drammaticità, offrendo però a noi la possibilità di avere una chiave di lettura alla luce delle nuove conoscenze scientifiche che ci permettono di osservare come in certi secoli ed in certi periodi storici il problema abbia avuto incidenze maggiori rispetto ad altri. Esiste una vasta letteratura sui Santi anoressici, fra i quali sono stati inclusi anche due grandi: Santa Caterina e San Francesco. È soprattutto Rudolph M. Bell che ce ne dà una spiegazione ampia con *La Santa Anoressia*, ove tenta di analizzare il disturbo anche da un punto di vista antropologico e storiografico.

Tante infatti sono le componenti che influiscono sull'instaurarsi della patologia o del disturbo. Mara Selvini Palazzoli le ha suddivise in tre grandi categorie (Ossessivo-Compulsivo, Borderline e Narcisistico) che

¹ Il testo qui pubblicato è tratto dalla lezione-incontro svoltasi presso il Liceo Scientifico *Alessandro Volta* di Colle Val d'Elsa, venerdì 26 ottobre nell'ambito di Pianeta Galileo 2007.

ha inserito nelle diverse classificazioni di anoressia, bulimia, disturbi misti. Ma andiamo ad osservare, alla luce degli aspetti sociali che si sono susseguiti nei secoli, cosa è accaduto a proposito degli aspetti sociali e dei canoni di bellezza nei secoli, soprattutto nel "femminile".

Si nota infatti una incidenza molto minore nei maschi, anche se nell'ultimo periodo la percentuale di coloro che ne soffrono è molto aumentata. Resta comunque il fatto che termini come "condizione femminile" o "rivendicazione femminile" non sono stati conati per il maschile e questo, alla luce delle percentuali di incidenza del disturbo, ci offre già una possibile affascinante chiave di lettura.

Osserveremo quindi i canoni della bellezza per come ce li mostra l'arte, grande canale comunicativo ed espressivo, ma anche per come ce li mostra la moda, ed accanto ad essi i percorsi sociali che nei secoli hanno visto la donna immersa in battaglie tese alla conquista di una presunta parità ed un riconoscimento che a tutt'oggi non è stato raggiunto a livello psicologico.

I progressi raggiunti infatti sono stati prevalentemente a livello culturale, economico, tecnologico. Ma quanto, internamente, alla donna è stato permesso di far valere proprio la sua parte femminile e quanto invece le è stato imposto di somigliare all'uomo nei ruoli di potere per assurgere ad una uguaglianza nella diversità?

Su questo si potrebbero scrivere interi trattati ma a noi qui interessa un aspetto specifico del problema e quello affronteremo alla luce della storia dell'arte, che ci permette di sentire e vivere, penetrandone l'essenza, le diverse culture che hanno popolato la nostra storia, fino a raggiungerne il midollo.

In questo senso ed in questo modo la storia e la storia dell'arte assumeranno la doppia funzione di permetterci di osservare il personale, il collettivo, lo psicologico e il sociologico proprio perché non sono le teorie ma le storie che ci informano sulla natura umana.

Disuguaglianze si trovano in tutte le società della terra, anche in quelle semplici. Tuttavia, nei piccoli gruppi di raccoglitori-cacciatori le disparità di trattamento tendevano ad essere minime per diventare invece significative via via che si passava alle società agricole, nelle quali ha luogo una stratificazione sociale.

La donna egiziana, pur in epoca molto lontana, apparteneva ad un popolo civilissimo. La sua raffinatezza si può notare nel trucco e nelle vesti che ci vengono raccontate con i disegni, e nei preziosi gioielli che sono rimasti a testimonianza di quella civiltà. Sottile, slanciata, la bocca carnosa e gli occhi da gazzella che accentuava con un vistoso trucco. Il

suo fascino, la sua grazia e la sua dignità la rendevano infinitamente amabile. Nelle pitture la donna era in giallo chiaro, l'uomo in marrone, perché le donne cercavano di conservare la pelle più chiara possibile, considerandola segno di bellezza e distinzione. Antichi testi egiziani raccomandavano all'uomo di amare e rispettare la sposa.

Nel Medio Evo sopraggiunge l'ideale di purezza e l'inferiorità della donna è un motivo dominante. La grande abbondanza di dipinti religiosi, scuri, pieni di angoscia e ombre ci mostra quanto questo momento storico sia influenzato da pregiudizi e timori contro i quali sembrano voler lottare, in maniera diversa, Giovanna D'Arco e San Francesco.

Nel Quattrocento e Cinquecento la donna appare sempre soggetta al padre e, dopo, al marito. Inizia in questo periodo la visione della femmina come strega che in molti racconti e dipinti viene rappresentata in tutta la sua "parte ombra". Le streghe altro non erano che donne contadine, più intelligenti della media, che conoscevano le erbe e i rudimenti della medicina. All'epoca, se una donna prendeva in braccio un bambino e questo si ammalava, veniva subito considerata una strega. Con la bolla del 1484 iniziò la vera e propria caccia alle streghe e si verificò un grande numero di casi di anoressia. Vediamo una donna intrappolata nell'accusa di stregoneria che doveva superare prove pazzesche.

Artemisia Gentileschi, una delle più grandi pittrici della storia dell'arte, fu una donna che soffrì di grande dolore abbandonico: dopo esser stata stuprata, dovette subire anche le terribili prove di stregoneria, alle quali fu sottoposta per aver sfidato la cultura dell'epoca ed aver denunciato il fatto. Nel riprodurre Cleopatra, Artemisia Gentileschi ci mostra una donna che abbandona il suo corpo e se stessa per amore. E qui inizia la divisione fra amore e potere che dividerà per secoli il maschile e il femminile.

Finalmente, nel Settecento, il Secolo dei Lumi, finì la caccia alle streghe. Già però nel Seicento, quando Galileo Galilei si trovò alle prese con l'ignoranza a causa del suo metodo scientifico, la donna divenne consapevole della sua bellezza, cominciando a truccarsi e farsi bella. Faceva vita a corte, era cortigiana ed affinava l'arte della seduzione.

Le ricche donne veneziane del Seicento sfoggiavano vestiti scollati con corpetto stretto alla vita e con gonne gonfiate a campana, fino ai piedi, come ci mostrano i dipinti del secolo. Ai piedi portavano zoccoli con tacchi altissimi, anche 30 o 40 cm, e per camminare si facevano accompagnare da 2 ancelle. Questo abbigliamento sontuoso stava ad

indicare che non avevano necessità di lavorare, perché appartenevano al mondo dei ricchi e dei nobili. Diversa era la vita nelle campagne, dove carestia e difficoltà economica facevano sì che la donna avesse una breve vita media.

Nel Settecento fiorì la commedia dell'arte e le maschere femminili iniziarono a rappresentare vari tipi di personaggi femminili. La rappresentazione era arguta e i difetti venivano rappresentati iperbolicamente. La donna cominciò a prendere coscienza di se stessa iniziando a lavorare a domicilio mentre fioriva il commercio ed il commerciante forniva il cotone o la lana che poi veniva lavorata da tutta la famiglia.

La rivoluzione industriale provocò un abbassamento della qualità della vita perché si creavano dei quartieri sovraffollati, con famiglie numerose costrette a vivere in ambienti ristretti. Il pensiero femminista nacque proprio durante la Rivoluzione francese, rivendicando parità di condizione tra uomo e donna soprattutto sul piano dell'educazione e dei diritti civili.

Nel corso dell'Ottocento le idee sull'educazione e sui diritti civili vennero continuati da Helen Taylor che sarà fra le iniziatrici del movimento per la conquista del voto alle donne in Inghilterra. George Sand, scrittrice francese della metà del secolo, a 18 anni sposa il barone Dudevant che poi abbandona per vivere liberamente: rappresentò la classica donna emancipata considerata nel suo tempo "trasgressiva". Vestiva da maschio e celebri furono i suoi amori, fra i quali Chopin. Anita Garibaldi invece conobbe Giuseppe nel 1839 e lo sposò nel 1842. Rappresentò la classica donna che abbandona tutto per seguire l'eroe.

Nel Novecento la donna si emancipò e ottenne la parità di voto e l'uguaglianza e nel periodo 1960-80 ci fu uno sviluppo notevole del femminismo che portò la donna ad una radicalizzazione ed ad un rifiuto dell'uomo. È proprio agli inizi del 1900, nel mese di marzo, che nella fabbrica di Cotton di New York scoppiò un incendio in cui morirono 129 operaie. Nel 1910 le donne eleggono l'8 marzo "giornata internazionale della donna" e sempre in quel periodo viene approvata la legge che regola il lavoro delle donne e dei fanciulli.

La donna fa grandi progressi e Florence Nightingale fonda la prima scuola per infermiere da cui nasceranno le Crocerossine. Maria Montessori riuscirà a costruire un mondo a misura di bambino ma pagherà a caro prezzo la sua maternità regalatale da un uomo già sposato. Madre Teresa di Calcutta, Premio Nobel per la pace nel 1979, dedicò tutta la sua vita a servire i poveri e i moribondi vivendo come

loro. Fondò la congregazione delle Missionarie della Carità, in prima linea nell'assistenza agli ultimi.

In questi anni, siamo passati dalla donna-crisi raccontata da Egon Schiele (fig. 2) alla donna anti-crisi raccontata da Botero (fig. 1).



Figura 1 - La grassezza di Fernando Botero



Figura 2 - La magrezza di Egon Schiele

Si passa dall'amore per le donne formose del dopoguerra, come reazione a tempi in cui la gente moriva di fame, a un modello opposto: la moda e il lusso propongono donne dalle misure sempre più esili, che ricordano le filiformi sculture di Giacometti.

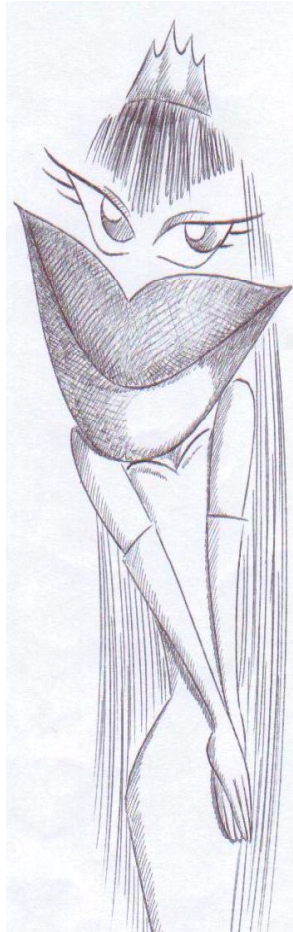


Figura 3 - La bellezza

L'interiorità sembra a momenti dimenticata a discapito dell'apparenza e il corpo viene messo in prima linea mostrando modelle come Twiggy, esili al punto da non avere più i segni che definiscono il femminile. Oggi si parla di "libertà del corpo" e di "benessere", ma forse c'è ancora qualcosa da fare perché si possa parlare di libertà *nel* corpo e *nel* pensiero.

Vorrei concludere raccontando una favola con la quale ho terminato la mia relazione al Liceo di Colle Val D'elsa, dalla quale spero si possa comprendere quanto sia importante usare gli strumenti giusti e non stigmatizzare soltanto chi soffre del disturbo, come spesso accade, allontanando, tacciando di malattia mentale, escludendo dal gruppo di amici, ma cercando per quanto è possibile quelle modalità che

permettano ad ognuno di contribuire per un fine comune.

La storia del Principe Gallo narra la vicenda di un bellissimo e giovane Principe condannato a beccare e a non poter più mangiare con gli altri. Tanta è la vergogna che il Principe decide di rifugiarsi in cantina. I genitori spaventati, preoccupati e desiderosi di fare qualcosa per lui, decidono di consultare i più saggi del Reame e così convocano al Castello grandi guaritori, che dalle stanze alte decretano le loro sentenze senza scendere nella cantina in cui è rifugiato il giovane. Prescrivono cure, modi di comportamento, terapie da seguire ma nulla sembra avere successo. Anzi, il giovane Principe sta sempre peggio. I genitori sempre più preoccupati decidono allora di scendere giù per le scale e provare a convincerlo parlandogli fuori dalla porta della cantina.

Comincia il padre, che tenta di farlo sentire in colpa esclamando: "Esci o non sarai più il mio figlio prediletto", ma non ottiene nessun risultato. È poi la volta della madre che tenta con il ricatto affettivo: "Soffro tanto a vedere che stai così male. Se mi vuoi bene, esci!" Ma neppure lei ottiene qualche risultato. È poi la volta del fratello maggiore che esprime invece il suo disprezzo: "Sei davvero noioso in questa tua ostinatezza, io credo che dovremmo lasciarti stare qui, così io divento il preferito!" Nemmeno lui ottiene risultati, Prova poi la fidanzata: "Farò tutto quello che vorrai, ma esci di lì!" Di nuovo, nessun risultato. Prova poi la sorella con le armi del menefreghismo: "Stai pure lì, tanto io faccio la mia vita, sei proprio un rompiscatole!", ma nemmeno lei ottiene nulla.

Tocca per ultimo al fratello più piccolo che dice di voler aprire la porta ed entrare dentro e beccare con il fratello, mettendosi nei suoi panni: "Ma sei pazzo!" - cercano di convincerlo i genitori - "Se entri, potresti cominciare a beccare anche tu e non uscire mai più!" Ma il ragazzo, sempre più convinto, continua dicendo: "Io entrerò con lui e beccherò con lui perché solo così potrò portarlo fuori!" Chi è il fratello minore? Uno psicoterapeuta illuminato, un fratello, un amico? Non importa chi sia, ma la fiaba ci dimostra che mettersi nei panni dell'altro è possibile e che questo può essere un grande aiuto: indica la strada della salvezza e della vera redenzione, quella che non rende santi ma che, dopo un dolore dal quale è stata trovata la via d'uscita, fa di certo essere immensamente più umani, uno dei maggiori obiettivi al quali la società attuale deve aspirare.

Bibliografia consigliata

- Ballestra S., *Contro le donne nei secoli dei secoli*, Il Saggiatore, Milano 2006.
- Bell R., *La Santa Anoressia*, Laterza. Roma-Bari 1987.
- Dalla Ragione L. (2005) *La casa delle bambine che non mangiano. Identità e nuovi disturbi del comportamento alimentare*, Il Pensiero Scientifico. Roma 2005.
- Dei P., *Come un sasso nell'acqua, un viaggio nell'anoressia*, Melusina Edizioni, Roma 1998.
- Dei P. (2004) *P.A.S.Sioni pettegolezzi e amori segreti. Creatività e vita in ArteTerapia*, Edizioni dell'Istituto Italiano di Cultura. Napoli 2004.
- Gombrich E. H., *A cavallo di un manico di scopa*, Einaudi. Torino 1976.
- Gombrich E. H., *La storia dell'arte raccontata da Ernst H. Gombrich*, Mondadori, Milano 2000.
- Lavancy P., *Il corpo in fame*, Bompiani, Milano 1994.
- Pasini W., *Il cibo e l'amore*, Mondadori, Milano 1994.
- Schelotto G., *Una fame da morire*, Mondadori, Milano 1992.
- Selvini Palazzoli M., *L'anoressia mentale*, Feltrinelli, Milano 1963.
- Winnicott D., *Sviluppo affettivo e ambiente*, Armando, Roma 1979.

Paola Dei

Centro Studi di Psicologia dell'Arte e Psicoterapie Espressive

Responsabile Toscana Giornalisti Specializzati

A proposito di Tras-formazioni Guaraní, tra paradigma sciamanico e scuola

1. Passaggi di etnografia post-postmoderna ...

Vorrei innanzitutto raccontare com'è che mi sono trovata nella posizione di etnografa del popolo forse più 'etnografato' del mondo: i Guaraní, una delle molte popolazioni native del continente sudamericano.

Un gruppo di Guaraní boliviani che ha avuto accesso a livelli di formazione superiore e universitaria, nella maggioranza dei casi a distanza, on-line, a un certo punto degli studi si è trovato davanti al riflesso della propria immagine, così come veniva costruita nelle etnografie delle quali essi, i loro antenati, il loro popolo, erano il soggetto.

L'immagine, impressa in linguaggi e metalinguaggi occidentali - l'alfabeto, la stampa, le lingue inglese o spagnolo, le varie forme etnografiche - restituiva una rappresentazione dei Guaraní come 'oggetto' e non come 'soggetti', 'persone, e solo come 'soggetto' di scrittura altrui, mai nel ruolo autorappresentativo o autoriale.

Da qui, dopo i primi momenti di stupore e sconforto - non sapevano di essere così 'buoni da raccontarÈ, non erano affatto d'accordo con le descrizioni che li rappresentavano, né con i metodi con cui le informazioni su di loro erano state raccolte e interpretate - la decisione del gruppo di studiare antropologia: capire di quale paradigma erano (stati) oggetto, che cosa eventualmente esso poteva offrire per la comprensione di altre società e culture, valutare gli strumenti e i risultati attraverso i quali essi erano stati rappresentati e produrre autonomamente rappresentazioni socio-scientificamente corrette di se stessi, cfr. [1].

Così nel 2002, tramite contatti con l'Università di Firenze, un 'inviato speciale del Pueblo Guaraní è approdato all'Università di Firenze nei corridoi del Dipartimento di Studi Sociali della Facoltà di Scienze della Formazione, e pochi mesi dopo sono partita per la Bolivia nel ruolo di 'formatrice di antropologi guaraní'.

Come sempre accade all'antropologo/a che si reca in un luogo a lui/lei nuovo - anche se questa volta era nel ruolo di formatore - è

avvenuto un fluido scambio di informazioni tra le parti; da un lato davo informazioni su come fare ricerche etnografiche, su come vedere ed esplicitare in una dimensione socio-scientifica saperi quotidiani e filosofici dati per scontati, da un altro vedevo sempre più chiaramente che i nativi erano le persone più adatte a farlo: sono loro che sanno quello che l'antropologo vuole sapere, cfr. [5]. Bastava creare lo spazio concettuale e dare qualche strumento.

Uscita così dallo stretto ruolo di insegnante unidirezionale, mi sono interessata alla socializzazione, alla formazione, alle scuole locali, alla storia delle scuole indigene, annotando successi e problemi, soluzioni e contraddizioni culturali, sociali, politiche. Le mie osservazioni, approfondite in quattro mesi di lavoro sul campo, di frequentazione delle comunità e delle scuole locali, e in diversi anni di studio della letteratura pertinente, hanno prodotto un'etnografia della scuola indigena, che attraverso le conversazioni e le riflessioni dei soggetti, intende restituire un'immagine più polifonica possibile della situazione guaraní relativa alla formazione scolastica.

Il lavoro etnografico s'inscrive dunque nell'ambito dell'antropologia dell'educazione e, più in generale, dell'interazione e della costruzione sociale transculturale, in un complesso contesto storico che risulta, dal punto di vista guaraní, ancora all'ombra del periodo coloniale.

2. Modi di essere, modi di costruire conoscenza e società

Coadiuvata da vari informatori - alcuni dei quali scrivono come autori i propri testi, anche in lingua guaraní - sono stata guidata a individuare innanzitutto una sorta di 'stratificazione culturale', decisamente complessa, cioè a capire come diversi livelli - relativamente *fuzzy* cfr. [11], talvolta comunicanti - siano costruiti da, e costruiscano, quella che chiamiamo 'cultura guaraní'. La traduzione comunemente proposta per il termine 'cultura' in guaraní, è *ñande reko*, che letteralmente significa "nostro modo di essere" [14]. Questa formula racchiude una prima distinzione di significato sociale, parzialmente esplicita: esiste un "nostro modo di essere", "nostro" cioè guaraní, che in quanto *marcato* è concepito come peculiare, diverso da quello di altri. Il concetto di altri, in contrapposizione, è espresso con il termine *karai*, che in tempi e in luoghi diversi ha assunto vari significati tra cui, oggi, quello di 'non-indigeni'. È questa una prima distinzione che riporta nei segni linguistici i vissuti storici di separazione, contrapposizione, conflitto

tra indigeni e colonizzatori, necessità di qualificazioni e di distinzioni identitarie.

Un'altra stratificazione è emersa dalla problematica traduzione del concetto di *reko* come 'cultura': il termine è formato da due morfemi la cui combinazione può assumere i sensi di 'movimento', 'verso', 'azione' o 'esistere', 'vivere', 'usare', 'trattare', 'conservare' [9, p. 137] [6, p. 329]; si tratta di concetti che indicano movimento, processualità, e riflettono un rapporto dinamico con la natura, molto diverso dal rapporto suggerito dal termine 'cultura', la cui etimologia rivela invece un 'modo di essere' fondato sulla coltura-coltivazione, una forma di vita legata allo stabilirsi, al fermarsi su di una terra, prenderne possesso, ed implica una visione del mondo agricola, una "metafisica della sedentarietà", come direbbe L.H. Malkki, citata in [3].

Si iniziano così a delineare due visioni del mondo, due paradigmi; il fatto che *reko* venga tradotto 'cultura' non è solo un 'errore di traduzione', ma un atto di assimilazione che nasconde la peculiarità di un pensarsi dinamico e processuale, necessario a convivere con l'ambiente nel quale quel pensiero stesso vive.

Si viene poi a conoscenza, di una ulteriore distinzione linguisticamente non esplicitata, bensì racchiusa nella stessa formula *ñande reko*: essa emerge solo frequentando il contesto, quando ci si accorge che con questa dicitura si riferiscono in realtà a due *ñande reko* che stanno in relazione abbastanza conflittuale tra loro: un *ñande reko* che potremmo definire 'cultura popolare', il sapere comune legato alle 'forme di vita' della quotidianità, e un *ñande reko* pianificato a tavolino, progettato da una élite non solo guaraní, come strategia di rivendicazione etnica, quindi politica, di interfaccia organizzata tra governo nazionale e società guaraní.

Da qui, attraverso elementi fattuali ed espressioni che sul campo rimandano costantemente a questa distinzione, la mia attenzione è stata indirizzata ad osservare i confini sottili, a volte poco percettibili a volte eclatanti, tra questi due *ñande reko* e a cercare di definirli nella loro relazione *fuzzy*, talvolta di interazione e talvolta di separazione, nei limiti di una caratterizzazione culturale, quindi flessibile e dinamica quanto lo sono sia il pensiero che l'agire.

È così che ho iniziato a individuare due paradigmi di riferimento, che ho chiamato 'sciamanico' (quello relativo alle forme di vita non strategicamente pianificate, ma come modo di costruzione socioculturale basato sull'esperienza, sulla reciprocità, sullo scambio non monetario) e 'scolastico' (come diceva Bourdieu assieme ad altri, in quanto modo

di costruzione socioculturale basato su una formazione teorizzata e su scambi commerciali).

Tali definizioni, ovviamente intese come tendenze, non come assoluti e non come opposti, ma flessibili e 'paradigmatiche in senso kuhniano [12], non scongiurano tuttavia il rischio di reificare e intendere come contrapposte le due visioni; ma da questo rischio penso mi abbia difeso lo stesso lavoro sul campo: prestando attenzione a ciò che accade nel contesto, e che le persone presenti ci spiegano, si possono osservare i modi in cui i due paradigmi interferiscono, talvolta in contrasto, talvolta in associazione, delineando la complessità di una costruzione socioculturale che avviene sia attraverso la loro distanza, sia attraverso la loro interazione.

Una distinzione dicotomica non sarebbe sufficiente a rappresentare la complessità della situazione. Esistono infatti altri concetti guaraní che la illustrano: ad esempio, dal punto di vista delle costruzioni della conoscenza, è importante la distinzione tra i concetti di *arakuaa* e *yemboe*.

Arakuaa è una combinazione di concetti che potremmo tradurre "conoscenza del tutto/esistente/cosmo in comunicazione con il sovrumano", "conoscenza di qualcosa di più dell'umano", a indicare una saggezza che non tutti possiedono: è una categoria *fuzzy* che vede l'umano non separato dal resto dell'esistente, ma sempre in interazione con esso; è dunque un concetto complesso inscrivibile nel (e che rappresenta il) sapere nel paradigma sciamanico.



Figura 1. - *Kuña arakuaaiya*, "donna sapiente", nella sua abitazione.

Yemboe, invece, è tradotto come “sapere scolastico, educazione, studio”, ma questa traduzione, usata localmente, deriva da un altro errore di traduzione del concetto guaraní, commesso diversi secoli fa - forse non involontariamente, visti gli intenti ‘educativi’, anzi ‘civilizzatori’, dei rappresentanti del mondo occidentale che si avventuravano in quelle zone. *Ye* è un prefisso riflessivo, di reciprocità; *mbo* (*mö*) è un affisso di agentività che indica il prodursi di qualcosa in modo naturale, spontaneo (per es. il nascere di una gemma da un ramo); e significa ‘uscire’: *yemboe* dovrebbe allora significare ‘produrre in modo naturale, far (*mbo*) uscire (*e*) da sé (*ye*)’ e dato che alcuni derivati - ad es. *yemimbi*, *yemöngoi*, *yemöngúe*, significano ancora oggi, rispettivamente, ‘musica’, ‘cantare’, ‘danzare/ammorbidire, rendere flessibile il corpo nel movimento’ [9] - si deduce che il concetto di *yemboe* originariamente allude alla produzione del sapere nei rituali sciamanici (il principale è l’*Arete Guasu*) in cui le persone di tutta la comunità condividevano (e condividono - in alcuni luoghi) i sogni individuali comunicandosi in pubblico, reciprocamente, in stati di *trance* indotti ‘naturalmente’, cioè attraverso danza, canto, musica, digiuno, fumo di tabacco, bevande di mais fermentato. *Yemboe* allora, prima della traduzione “scuola, studio”, indica una modalità di costruzione della conoscenza inscritta nel paradigma sciamanico, qualcosa di diverso dal sapere decontestualizzato, teorico, individualista, competitivo costruito nella scuola. Qualcosa che nella ‘traduzione’ storica si è voluto cancellare, ma che riemerge nell’etimologia a rivelare la complessità dell’intreccio dei paradigmi.

Questi concetti di *arakuaa* e *yemboe*, dunque, appartengono al *ñande reko* come ‘forma di vita popolare’ non espressamente pianificata, legata al paradigma sciamanico; ma concetti corrispondenti, indicati esattamente con gli stessi termini, sono usati nel *ñande reko* recente, pianificato: in questo *ñande reko*, *arakuaa* assume il senso burocratico di ‘Comitato/Consiglio’, *yemboe* di ‘educazione scolastica’, *Mboarakuaa* di ‘Consiglio Educativo’. Nell’ambito dei lavori di questo secondo *ñande reko*, inoltre, si assemblano radicali antichi per costruire centinaia di neologismi e si chiede una scuola statale ‘Interculturale Bilingue’.

Anche l’organizzazione socio-politica è caratterizzata dalla sovrapposizione dei due *ñande reko*: all’organizzazione ‘tradizionale’, orizzontale, acefala [4] (Fig. 2) si sovrappone dal 1986 - non sempre pacificamente - l’organizzazione politica, gerarchica, dell’Assemblea del Pueblo Guaraní; quest’ultima calca in molti di alcuni status e ruoli della struttura precedente, ma si astrae da essa prendendo a modello l’organizzazione

politica statale, nell'intento di costruire un'organizzazione burocratica interfacciabile con quella del governo nazionale; in essa, per elencare solo due delle caratteristiche principali, le cariche di leadership politica sono elettive e rappresentative - diversamente da quelle 'acefale' in cui nessuno può rappresentare qualcun altro - e le zone abitative (dette T.C.O. - Tierras Comunitarias de Origen) sono immaginate come stabili e segnate sulle carte da confini fissi (Fig. 3).

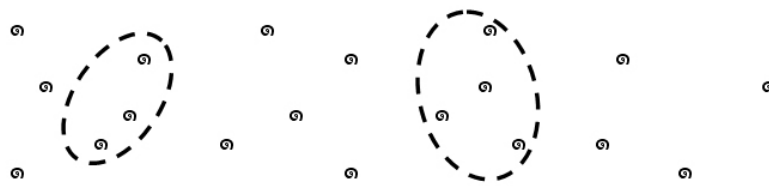


Figura 2 - Organizzazione socio-politica acefala: le comunità non hanno un leader stabile, l'organo decisionale è l'assemblea costituita da tutti gli abitanti; le comunità sono mobili (si spostano sul territorio all'occorrenza), vincolate da relazioni di reciprocità, dando luogo a gruppi di alleanza socio-politica molto flessibili (tratteggiati), validi solo finché gli accordi sono condivisi da tutti i membri.

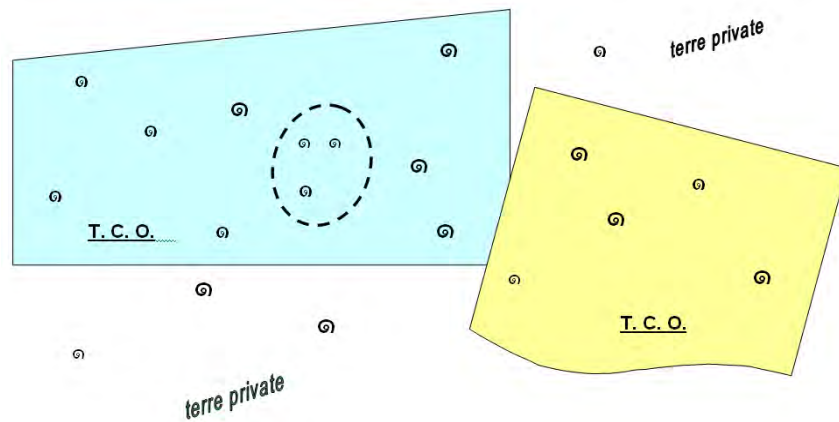


Figura 3 - Organizzazione socio-politica burocratica: la struttura delle T.C.O. si sovrappone a quella delle comunità.

3. Il caso etnografico non è proprio un caso

La comprensione di simili intrecci è possibile solo attraverso la combinazione di esperienza sul campo e letteratura antropologica [16]. I 'casi' studiati, questi momenti di vita ritagliati dall'etnografo che li con-vive con i diretti interessati e assieme a loro li ritiene rappresentativi di una situazione socioculturale molto complessa, mostrano questa interazione tra paradigmi permettendo, attraverso un vissuto critico e discusso, di comprenderla almeno parzialmente. I casi che riporto nel mio libro sono momenti qualsiasi di vita vissuta nelle comunità e nelle scuole guaraní: la loro 'casualità', incrociata con una rappresentatività condivisa, costituisce una sorta di garanzia che le cose vadano in un certo modo o, almeno, possano essere descritte come tali; in questo caso, che l'interazione tra i due paradigmi individuati esista, e sia problematica.

Dopo un'introduzione teorica, nella quale descrivo il modo in cui uso nozioni di antropologia del linguaggio [7] per analizzare le modalità di costruzione delle relazioni nei contesti, presento la situazione generale del popolo guaraní, in particolare in rapporto alle politiche educative boliviane. La parte centrale del testo invece è costituita da quattro *case studies* principali, situati in comunità diverse, focalizzati sui rapporti tra scuole e comunità, sulle nuove stratificazioni sociali, sui rapporti tra mito e politica, su alcune strategie pedagogiche, sui risultati a cui questo tipo di educazione sembra condurre, sui diritti indigeni e su 'malintesi' di origine coloniale, cfr. [13] [19] sulle possibilità che le comunità hanno di decidere se e quanta 'educazione' accogliere, sui ruoli e sulla formazione degli *Ipaye*, 'sciamani', cfr. [18] anche in rapporto alla medicina occidentale. Di volta in volta mi soffermo su eventi particolarmente significativi, riportando anche brani dal diario di campo.

Menziono qui un 'caso', un accadimento sul campo, che valutato al cospetto di altri e alla luce di riflessioni collettive e scritti accademici, diviene uno di quegli elementi che mi hanno permesso di tratteggiare la complessità dell'interazione tra i due paradigmi, di riconoscere e ricondurre ad essi alcune manifestazioni linguistiche e fattuali.

Verso la fine di una lezione in una classe delle elementari, una insegnante, seguendo le indicazioni di un libro di testo prodotto nel quadro dell'Educazione Interculturale Bilingue (in atto in Bolivia dal 1994), ha chiesto agli alunni di danzare l'*Arete Guasu*, la principale danza rituale guaraní che avviene secondo le modalità sciamaniche

sopra descritte. L'entusiasmo degli alunni, che fino a quel momento era stato alto, è svanito improvvisamente: i bambini si sono rifiutati di danzare, di svolgere quel 'compito'.



Figura 4. - Bambini della classe interculturale che, dopo aver realizzato collanine e oggetti decisamente etnici, si sono rifiutati di danzare l'Arete Guasu.

L'Arete Guasu, perseguitato dai colonizzatori come rito "pagano, diabolico", è stato abilmente camuffato dai guaraní come Carnevale e riprodotto per cinque secoli, fino ad oggi. La storia di questa pratica è un esempio di 'sovrapposizione' dei due paradigmi, ma allo stesso tempo è un esempio di come i due paradigmi siano distinti: la sovrapposizione riguarda il nome, il periodo di svolgimento e il fatto che entrambi possono essere considerati 'riti di inversione momentanea delle regole sociali, ma ciò solo a grandi linee e non nei dettagli. In questi emerge invece la distanza, la non-sovrapposizione: le pratiche sono completamente diverse e sono vive oggi proprio perché sono state nascoste; mentre i karai - i non-indigeni - celebrano il Carnevale, i guaraní in luoghi lontani, separati e protetti dai loro sguardi, celebrano l'Arete Guasu, il rituale più sentito, che porta le intimità psichiche individuali più profonde - vissute a livello degli stati di *trance* e di sogno - a livello pubblico, le trasforma in legame sociale permettendo agli individui di identificarsi come 'popolo'. Se un rituale esiste, se è praticato, significa che svolge ancora funzioni (direbbe Malinowski) di costruzione sociale e identitaria [15], che produce significati sociali; per inciso, il radicale *Ar* compare anche qui, come nel nome stesso della popolazione: *gu ar aní*.

3. Cosa è interculturale? Attenzione ai significati sociali

Che cosa comporta inserire in un testo, trasformare in compito di scuola per bambini un rituale 'vivo', che ha tuttora funzioni di costruzione sociale? Decontestualizzarlo attraverso la scrittura e attraverso questa spingerlo nello 'spazio-scuola' - ben distinto dallo spazio della vita sociale comunitaria? Come insegna l'intersezione fra antropologia delle tradizioni popolari e antropologia del colonialismo, estrapolare un rito dal tessuto sociale è un'operazione non proprio democratica: significa 'mettere in provetta' qualcosa che è ancora vivo, che costruisce una *forma di vita*. Paradossalmente, in nome di una 'Educazione Interculturale Bilingue' - che afferma di voler tutelare la "cultura" guaraní, mantenere in vita i suoi valori, le sue forme di cooperazione, di condivisione, di riconquista delle terre - si a/estrae dal suo contesto vitale il rito che la fonda. È un'operazione che si pone l'obiettivo di legittimare un testo come 'interculturale', ma di fatto indebolisce l'esistenza della socio-cultura che si afferma di voler proteggere.

La 'scuola indigena' guaraní, dunque, al di là della definizione stessa che coniuga elementi ascrivibili ai due paradigmi, non sembra un luogo particolarmente 'interculturale', sebbene lo sia per alcuni aspetti. È un luogo in cui, per definizione, ci si vuole limitare ad una razionalità di tipo occidentale, in cui le modalità di costruzione della conoscenza legate al paradigma sciamanico non sono accettate, anzi, sono in antitesi al comportamento ammesso: la scuola in queste zone è stata introdotta proprio in alternativa ad esso. Se all'interno di una scuola indigena accade, come è avvenuto in un altro 'caso' al quale ho assistito in quest'area, che si vengano a costituire stati psico-fisici di tipo sciamanico, fortemente emotivi o in qualche modo alterati rispetto allo stato di coscienza razionale, la situazione diviene imbarazzante, insostenibile, e si cerca immediatamente di tornare alla semplice razionalità. Nel contesto-scuola guaraní un paradigma rifugge l'altro, nelle loro espressioni forti, come calamite di segno opposto. Ma in esso, a confermare la complessità delle cose umane, trovano spazio anche frange del paradigma sciamanico, ai bordi sfumati di un 'concetto nuvola' [10]: ad esempio, si porta nella scuola uno spiccato comportamento collaborativo, nel quale si riconoscono similitudini non casuali con il *motirö*, il lavoro collettivo comunitario, o con la *faena*, la condivisione dei beni, secondo il 'paradigma di reciprocità' o 'del dono', [8] [2], alternativo a quello economico-commerciale monetario, utilitarista.

Queste sfumature del paradigma sciamanico che entrano nella scuola, modificano il paradigma standard, appropriandosene, trasformandolo almeno parzialmente in 'luogo di frontiera' [17]: impediscono di svolgere esercizi, interrogazioni, compiti e verifiche individuali, o modificano orari e frequenza a seconda della distanza delle abitazioni dalla scuola, delle necessità agricole stagionali o delle manifestazioni atmosferiche.



Figura 5. Interrogazioni cooperative alla lavagna.

Ma la tendenza è quella di non parlare di niente che riguardi elementi ascrivibili al paradigma sciamanico, e questo silenzio, questa sua separazione pragmatica dalla scuola e dal controllo dei *karai*, pare proprio la strategia che ha permesso a questo paradigma di sopravvivere, di riprodursi ed essere ancora un forte costruttore di identità, di forme di vita, del *ñande reko* non pianificato.

Tutto ciò credo possa porci molti spunti di riflessione che riguardano la diversità dei modi di costruire conoscenza, di costruire

relazione sociale, che rimandano alla storia coloniale e, non ultima, alla riflessione sulla scuola in 'occidentÈ, sui suoi rapporti con le culture locali, sulla qualità di un paradigma socio-educativo che a volte troppo acriticamente pubblicizziamo ed esportiamo.

Bibliografia

- [1] Bisogno, F., Decolonizzare l'antropologia?, *Storie In Movimento*, 8 (2005), Zapruder, Milano, pp. 132-137.
- [2] Caillé, A., *Il terzo paradigma. Antropologia filosofica del dono*, Bollati Boringhieri, Torino 1998.
- [3] Callari-Galli, M., *Migrazioni: un'agenda di problemi*, *Etnoantropologia*, 8/9, Atti del IV Convegno Internazionale AISEA, Argo, Lecce 2000, pp. 11-17.
- [4] Clastres, P., *La société contre l'état. Recherches d'anthropologie politique*, Les Éditions de Minuit, Paris 1974; trad. it. *La società contro lo stato. Ricerche di antropologia politica*, Feltrinelli, Milano 1984.
- [5] Clifford, J., Marcus, E., a cura di, *Writing Culture. The Poetics and Politics of Ethnography*, University of California Press, Berkeley 1986; trad. it. *Scrivere le culture. Poetiche e politiche in etnografia*, Meltemi, Roma 1997.
- [6] Dietrich, W., *El Idioma Chiriguano*, Ediciones Cultura Hispanica, Madrid 1986.
- [7] Duranti, A., *Antropologia del linguaggio*, Meltemi, Roma 2000; ed. orig. *Linguistic Anthropology*, Cambridge University Press, Cambridge-London 1997.
- [8] Godbout, J.T., *Il linguaggio del dono*, Boringhieri, Torino 1998.
- [9] Gustafson, B., Ñee. *Introducción al estudio lingüístico del idioma guaraní para guaraní hablantes*, UNSTP-APG-UNICEF, Teko Guaraní, La Paz 1996.
- [10] Hofstadter, D.R., *Concetti fluidi e analogie creative: modelli per calcolatore dei meccanismi fondamentali del pensiero*, Adelphi, Milano 1996.
- [11] Kosko, B., *Il fuzzy-pensiero. Teoria e applicazioni della logica fuzzy*, Baldini & Castoldi, Milano 1995; ed. orig. *Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic*, Hyperion, New York 1993.
- [12] Kuhn, T., Nuove riflessioni sui paradigmi, in Kuhn, T., Sneed, J.D., Stegmüller, W., *Paradigmi e rivoluzioni nella scienza*, Armando, Roma, 1983, pp. 99-122; ed. orig. *Second Thoughts on Paradigms*, University

- of Illinois Press, Urbana 1971.
- [13] La Cecla, F., *Il malinteso. Antropologia dell'incontro*, Laterza, Bari 2003 (1^a ed. 1997).
- [14] Melià, B., L'etnografia della parola come fondamento degli studi sulla religione guaraní, in Grümberg, G., De Almeida, R., Melià, B., Ñandé rekó. *Il nostro modo di essere. Esperienze di ricerca antropologica sul campo e impegno sociale in America Latina*, CISU, Roma 2000, pp. 103-115.
- [15] Ortiz, E., Mbarea-Invitación. *Cuadernos de Investigación de la Cultura Guaraní*, APG-Teko Guaraní, Camiri 2002.
- [16] Piasere, L., *L'etnografo imperfetto: esperienza e cognizione in antropologia*, Laterza, Roma-Bari 2002.
- [17] Piasere, L., *La sfida: dire 'qualcosa di antropologico' sulla scuola*, *Antropologia*, 4 (2004) Meltemi, Roma, pp. 7-17.
- [18] Riester, J., Aspectos del chamanismo de los Izoceños-Guaranies, Chiriguano. *Pueblos Indígenas de las Tierras Bajas de Bolivia*, APCOB, S. Cruz 1994, pp. 477-509.
- [19] Temple, D., *El Quid-pro-quo histórico. El malentendido recíproco entre dos civilizaciones antagónicas*, Aruwiyiri, La Paz 1997.

Silvia Lelli

Università di Firenze

Obiettivi del sistema oncologia

Una premessa sui nuovi bisogni organizzativi del sistema oncologia che risponda a criteri di correttezza sia metodologica che etica non può che partire dall'analisi delle domande che il paziente (e la sua famiglia) si pongono durante il percorso di diagnosi e cura della malattia.

Queste domande, sempre le stesse anche con il variare delle situazioni individuali ed ambientali, appaiono incredibilmente dirette e danno la misura della percezione che ciascuno ha della complessità del sistema di cura: sono nel posto giusto? è stato sentito il parere di tutti gli specialisti? la cura è quella più adatta al mio caso? ci sono terapie più nuove? c'è qualcosa di utile che viene dalla ricerca o dalla sperimentazione?.

Questi interrogativi, anche se liberati dalla forte carica emotiva individuale, colgono in maniera rigorosa le principali criticità del sistema delle cure oncologiche quali: il rischio di diseguità negli accessi, l'insufficiente strutturazione della multidisciplinarietà, le incertezze in tema di appropriatezza e tempestività, le situazioni di `discontinuità di cura`, il rischio di avere l'innovazione fuori dalle cure garantite, le difficoltà in tema di sostenibilità economica.

Solo a partire da una piena e matura analisi di queste criticità si possono capire e sostenere quelli che oggi devono rappresentare gli obiettivi strategici di un programma di riorganizzazione dell'oncologia che si può articolare nelle seguenti azioni:

1. agire sul benessere di tutta la popolazione (prevenzione primaria);
2. anticipare la diagnosi (prevenzione secondaria);
3. curare al meglio tutti (omogeneità e qualità);
4. adottare terapie efficaci e nelle strutture adeguate (appropriatezza clinica e organizzativa);
5. supportare i bisogni di tutte le fasi della malattia (presa in carico);
6. consentire, quando necessaria, la disponibilità dell'eccellenza (condivisione e sostenibilità nell'innovazione).

Ciascuno di questi obiettivi può apparire desueto, ma la realtà delle cose ne dimostra l'estrema attualità, specie se le azioni che ne derivano sanno cogliere nuovi bisogni e nuove opportunità. Cito, per motivi di spazio, solo alcuni interventi in atto da parte dell'Istituto Toscano Tumori in diversi settori dell'oncologia come esempi di azioni in grado di migliorare le attese in questo settore a partire dalla prevenzione.

Le iniziative in questo ambito possono ad esempio concentrarsi nelle seguenti azioni:

- a) attivare la intersettorialità nei piani di promozione della salute (scuola, urbanistica, infrastrutture, etc.);
- b) completare su tutta la popolazione l'estensione degli screening;
- c) agire sui non utilizzatori del SST con interventi di promozione specifici;
- d) costruire percorsi *ad hoc* per l'alto rischio (genetico, ambientale).

Anche l'organizzazione dei servizi di cura deve ricercare una nuova e maggiore ergonomia. I punti di forza su questo tema, che si inseriscono nel dibattito in atto tra istituti di tipo tradizionale e modelli a rete, fanno riferimento alla scelta di creare accessi diffusi nel territorio in grado di attivare percorsi assistenziali condivisi che, attraverso sinergie tra Aziende Sanitarie, indirizzino verso risposte appropriate canalizzando la casistica secondo diversi livelli di complessità. Il tema dell'appropriatezza è strutturalmente connesso a quelli del governo clinico e della valutazione di qualità.

L'Istituto Toscano Tumori ha promosso con forza la condivisione delle procedure diagnostiche e terapeutiche da parte dei professionisti che hanno prodotto importanti documenti al riguardo (*Raccomandazioni Cliniche*); contestualmente sono stati individuati numerosi indicatori in grado di monitorare con precisione l'intero percorso assistenziale per i tumori più frequenti. Oggi il SST ha una fotografia precisa del livello di adesione ai comportamenti di qualità suddivisa per varie aree geografiche ed è in grado di conoscere e correggere in maniera puntuale quelle criticità per le quali il cittadino rischia procedure inappropriate.

Occorre estendere questo concetto anche ai temi della ricerca superando una pericolosa separazione tra questa e la assistenza, come se solo quest'ultima fosse di competenza del Servizio Sanitario pubblico. Ricordo a questo proposito tre azioni che, a titolo esemplificativo, segnano l'impegno dell'I.T.T. in questa prospettiva: un bando regionale per sostenere economicamente (1.300.000 € annui) la ricerca oncologica pubblica; la creazione di un centro di coordinamento per le sperimentazioni cliniche per promuovere la partecipazione diffusa a trias clinici con nuovi farmaci; l'opportunità di studiare su tutta la casistica regionale di neoplasie polmonari le mutazioni EGFR in modo da rendere fruibile a livello di massa una procedura di innovazione.

Cercare di mantenere elevato il livello di qualità delle singole prestazioni è sicuramente un obiettivo fondamentale per raggiungere in oncologia *performances* paragonabili ai migliori *standards* nazionali

ed internazionali, tuttavia esiste il rischio di vanificare questi risultati se non si tiene conto delle problematiche legate alla presa in carico, alla continuità di cura, agli aspetti relazionali in senso lato. Non a caso il PSR 2008-2010 pone grande attenzione a queste tematiche ed introduce la figura del Tutor clinico e/o assistenziale attribuendogli alcune funzioni che assumono particolare valore in oncologia quali: costituire un riferimento costante nell'intero percorso assistenziale non solo in termini di comunicazione di informazioni, ma anche di rilevazione dei bisogni; facilitare il percorso agendo non solo sugli aspetti burocratici ma anche sui collegamenti con le diverse competenze specialistiche; essere regista della personalizzazione dei trattamenti e promotore di un follow up attivo.

In sintesi, appare evidente che la complessità del tema della riorganizzazione del *sistema oncologia* richieda azioni estremamente articolate in grado di mantenere in equilibrio ed in interdipendenza settori apparentemente distanti se non addirittura conflittuali: dalla prevenzione alla cura, dalle risposte di base all'alta specializzazione, dall'ospedale al territorio e, più in generale, dalle regole della sostenibilità nell'offerta alle esigenze della ricerca. Tutto ciò porta ad una forte necessità di governo e di programmazione in cui legittimi e diversi bisogni si devono tradurre in azioni coordinate.

Allora anche gli ultimi quattro interventi promossi dall'ITT in sequenza nell'ultimo periodo (l'apertura di servizio di oncologia nei piccoli ospedali che ne erano sprovvisti, l'istituzione delle Unità Multidisciplinare di Senologia come struttura di alta specializzazione definita da precise soglie di attività; la pubblicazione di un bando per il finanziamento dei progetti di ricerca; il monitoraggio dell'appropriatezza diagnostico-terapeutica in tutto il territorio regionale), non appaiono come azioni scollegate, ma, all'opposto, come tessere di un *puzzle* in cui ogni pezzo per rispondere ad un bisogno deve coesistere con un altro.

Gianni Amunni

Istituto Toscano Tumori

Il Polo Tecnologico di Navacchio



In questa presentazione vorrei sviluppare e approfondire la conoscenza del Polo Tecnologico e del servizio di Incubazione. Il Polo Tecnologico di Navacchio, con la sua posizione strategica (adiacente alla stazione di Navacchio sulla linea Firenze–Pisa, a 10 km dall’Aeroporto di Pisa, a 800 metri dall’uscita Navacchio della Superstrada FI-PI-LI) dal 1999 ad oggi è cresciuto in maniera significativa.



Ad oggi conta 65 tra piccole imprese a base tecnologica e laboratori di ricerca. La dimensione aziendale è quella della piccola e micro impresa, con un’anzianità media di circa 5 anni, lavoratori con un età media di 33 anni, con alta scolarizzazione. La crescita di queste aziende è stata significativa negli ultimi anni sia dal punto di vista dell’organico che del fatturato. Il nostro è un contesto fortemente caratterizzato da una dimensione imprenditoriale giovane, che per molti aspetti rappresenta uno spaccato particolarmente significativo anche in relazione al peso

delle PMI e delle micro-imprese sull'economia locale e nazionale.

Nato su iniziativa degli Enti locali – Comune di Cascina e Provincia di Pisa – a seguito di un Accordo di Programma sottoscritto nel 1996 con la Regione Toscana, il Polo Tecnologico di Navacchio è stato realizzato a partire dal recupero di un'area industriale dismessa e con l'obiettivo di favorire nuovi insediamenti di imprese *HiTech*, laboratori di ricerca, strutture dedicate per la nascita e sviluppo di nuova impresa, nell'ottica di una politica a supporto della crescita innovativa del sistema economico locale. I lavori del primo lotto (circa 4.000 mq), iniziati nel '98 si concludono con l'insediamento, nel gennaio del 2000, delle prime 11 imprese.



Nel frattempo, Provincia di Pisa e Comune di Cascina promuovono la costituzione della società Polo Navacchio S.p.A, costituita nel '99 ai sensi della legge n° 142 del 1990 art. 22 comma e), soggetto attuatore, gestore ed oggi anche proprietario del Polo Tecnologico, che attiva immediatamente l'esecuzione del secondo lotto (6.000 mq) inaugurato nel gennaio 2002, e realizzato attraverso un cofinanziamento Docup 97/99. Con questo secondo edificio sono oltre 10.000 metri quadrati gli spazi ricavati dal recupero della vecchia distilleria Toscana e dei capannoni per lo stoccaggio del vetro ex -Vitarelli, per un intervento finanziario complessivo di circa 13 milioni di euro.

Con i lavori del III lotto, ultimatisi da poco, grazie al quale si sono resi disponibili ulteriori 5.000 mq di spazi, destinati all'ampliamento dell'Incubatore d'Impresa e all'insediamento di altre PMI e laboratori, si è consolidata la dimensione del Polo Tecnologico di Navacchio, come uno tra i primi Parchi a livello nazionale per imprese insediate



Gli obiettivi del Polo Tecnologico, fin da subito sono stati:

- creare strumenti, programmi e servizi per favorire le condizioni dell'innovazione nel sistema della PMI;
- assicurare lo sviluppo edilizio e infrastrutturale e la sua corretta gestione;

- orientare le iniziative imprenditoriali, le attività di servizio e ogni altra attività della società secondo i principi di economia ed efficienza;
- favorire un rapporto di collaborazione tra la PMI Hi-Tech ed i centri di ricerca;
- supportare la nascita di nuove imprese;

e la domanda che fu posta inizialmente al *management* del Polo Tecnologico, per raggiungere questi obiettivi fu la seguente:

“come aiutare i processi di crescita innovativa delle imprese attraverso un nuovo e proficuo rapporto con il mondo della ricerca e con gli altri attori del sistema locale (sistemi di impresa, amministrazioni, istituti di credito, associazioni, ...)?”

La risposta a tale quesito è stato l'elemento di successo del Polo Tecnologico di Navacchio e delle sue imprese: invertire il rapporto tra domanda e offerta di innovazione, partendo dai bisogni innovativi espressi, ma il più delle volte latenti, delle singole imprese/sistemi di impresa ed integrando l'offerta in termini di competenze, strumenti, servizi, prodotti.

Attraverso servizi e strutture il Polo Tecnologico di Navacchio ha fatto della rete tra le imprese *Hi-Tech* l'elemento prioritario per lo sviluppo dell'innovazione e dei livelli competitivi, e della crescita dimensionale delle stesse.

Ma perché le imprese *Hi-Tech* nel Polo possono svilupparsi meglio? Intanto perché, grazie alla concentrazione fisica, si possono organizzare SERVIZI migliori a costi più bassi, inoltre perché nell'organizzazione del sistema ci si è basati SUI BISOGNI DELLE IMPRESE, Altro punto di forza è dato dal fatto che il sistema di supporto al TT e alla crescita innovativa non è attuato da un solo soggetto, ma è un PROCESSO A FILIERA in cui il POLO ha svolto una significativa azione di INTEGRAZIONE.

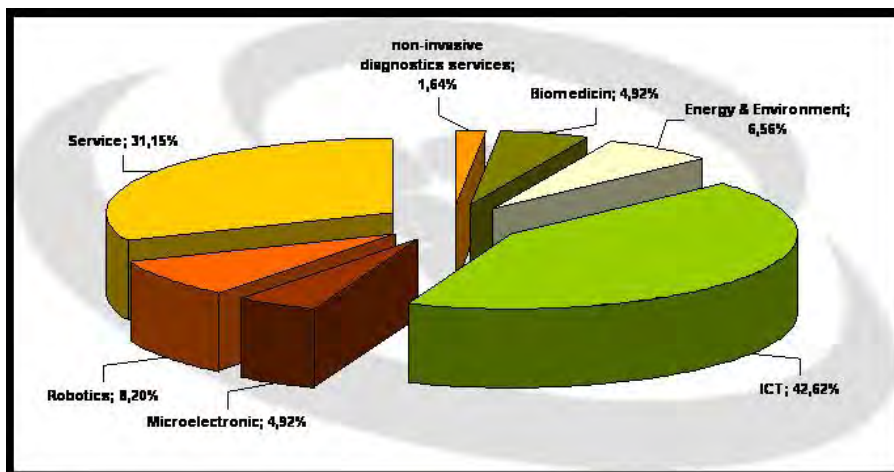
Questo il presupposto per stimolare la domanda di innovazione, per avere un rapporto efficace con il mondo della ricerca, per sviluppare la collaborazione tra le imprese come nuovo strumento organizzativo di lavoro, e grazie a questo modello, solo negli ultimi due anni (2004-2005), si sono sviluppate oltre 70 collaborazioni tra le imprese stesse che hanno portato alla realizzazione di progetti, nuovi prodotti e nuovi servizi per il mercato.

Operano ad oggi nel Polo oltre 60 tra imprese ad alta tecnologia e

laboratori di ricerca attive nei settori ITC, microelettronica, biomedicale, robotica, energia e ambiente ed impiegano circa 450 persone tutte di età media intorno ai 35 anni, con profili formativi di elevata specializzazione tecnica e scientifica (75.80% laureati), caratterizzata da un forte tasso di dinamismo.

Percentuale ditte operanti nei settori di riferimento

Microelettronica	4.84%
Robotica	8.06%
Energia e Ambiente	6.45%
ICT	45.16%
Biomedico	4.84%
Diagnostica non invasiva	1.61%
Servizi	29.03%



Grazie al sistema organizzativo, di supporto al consolidamento innovativo delle imprese e al trasferimento delle tecnologie radicato sui bisogni delle imprese, sono stati ottenuti importanti risultati dal 2005 al 2006:

- crescita del fatturato + 25.28%
- crescita del livello di occupazione + 27.07%

Inoltre, la modalità organizzativa del Polo ha favorito lo sviluppo di sinergie tra le imprese in esso insediate e si sono sviluppate collaborazioni che hanno portato alla realizzazione di ben 55 progetti e

86 tra nuovi prodotti e nuovi servizi per il mercato.

In attuazione degli accordi siglati tra il Polo Tecnologico, università e centri di ricerca sono state avviate ben 150 collaborazioni tra le imprese insediate e il mondo della ricerca e della conoscenza e sono stati coinvolti circa 45 dipartimenti universitari. È, poi, importante sottolineare come il Polo Tecnologico e la sua espansione abbiano avuto un'importante ricaduta sul territorio. Nell'area, negli ultimi due anni si è passati da 2 a 7 sportelli bancari, si è determinato un incremento di popolazione con un conseguente sviluppo dell'insediamento abitativo e un'importante ricaduta sul versante degli investimenti sulle attività commerciali.

Diamo ora un'occhiata alla struttura. Il Polo Tecnologico è il 3° Parco Tecnologico a livello nazionale per imprese insediate (60 aziende); il 4° Parco Tecnologico a livello nazionale per numero di occupati (450 persone) e il 9° Parco Tecnologico a livello nazionale per dimensione della struttura (15.000 mq superficie totale dei fabbricati).



Il Polo Tecnologico di Navacchio si pone come una realtà dalle alte potenzialità di sviluppo e in grande crescita. È una struttura multifunzionale, al centro di un progetto di sviluppo imprenditoriale che riguarda tutta la Toscana occidentale e che, fra le sue caratterizzazioni

più forti, presenta servizi e strutture per lo start-up di nuove imprese *Hi-tech*. Grazie alla gestione basata sul principio della rete partecipata per lo sviluppo di servizi, è possibile abbattere i costi di gestione dei molteplici servizi attivati ed offerti alle aziende, scelti in base alle loro reali esigenze.

È importante sottolineare che oltre ai servizi strutturali (cablaggio a fibre ottiche, banda larga, copertura wireless, fonia centralizzata, sale riunioni ed auditorium, prodotti connessi all'ICT ecc.) vengono offerti anche una serie di servizi qualificati quali: percorsi di incubazione, azione coordinata di promozione e *marketing*, studio e gestione di progetti integrati finalizzati allo sviluppo di attività innovative, informative su opportunità di finanziamenti, banche dati sul sistema d'impresa, ufficio stampa, accordi con il sistema creditizio, corsi di formazione promossi direttamente in qualità di Agenzia Formativa Accreditata e sempre volti a rendere più agevoli le condizioni lavorative anche in un'ottica di *work life balance*.



Di particolare interesse il servizio di Incubazione avviato nel 2003 sulla base dell'analisi dei fabbisogni delle giovani imprese che erano insediate nel Polo dal 2000 e dalla valutazione di criticità tipiche di certi percorsi imprenditoriali.

L'Incubatore progettato e attuato da Polo Navacchio si avvia attraverso un progetto congiunto tra Polo, Università e Provincia di Pisa e che ha completato con successo il proprio iter. L'Incubatore nel Polo Tecnologico di Navacchio fornisce un supporto alle piccole imprese innovative nella fase di avvio a partire dal momento del concepimento dell'idea

imprenditoriale fino ai primi due/tre anni di vita dell'azienda.



L'obiettivo è quello di far crescere la cultura della gestione dell'impresa al fine di favorire il successo della stessa e quindi la sua crescita sul mercato: l'incubatore si rivolge alle persone fisiche che intendono fare impresa e alle Imprese di neocostituzione, intercettati tra i talenti imprenditoriali del territorio e nei centri d'eccellenza dell'Università di Pisa

L'attuale Incubatore del Polo Tecnologico di Navacchio può ospitare fino a un massimo di 10 imprese. Per far fronte alle numerose richieste, è stata progettata e realizzata una nuova area di incubazione che potrà ospitarne fino a 17 e con caratteristiche infrastrutturali maggiormente rispondenti ai bisogni di crescita delle nuove imprese

Cosa ha prodotto ad oggi il sistema di incubazione:

2003-2005

- 19 candidature
- 8 imprese selezionate di cui
- 3 spin-off universitari
- 4 brevetti depositati
- 7 graduates

2006

17 candidature

8 imprese selezionate di cui

2 spin-off universitari

2 brevetti depositati

2007

6 candidature

2 imprese selezionate

2 pre-incubazione

1 graduate

Attualmente sono insediate 7 aziende e 3 sono in fase di pre-incubazione.

Delle aziende insediate dal 2003 ad oggi il 54 % sono spin-off universitari, il 38% sono idee imprenditoriali ed l'8% sviluppo di tesi di laurea.

Altri importanti servizi realizzati all'interno del Polo, in base al continuo monitoraggio delle esigenze delle aziende interne sono:

1. asilo nido interaziendale in grado di accogliere bambini nella fascia di età dai 3-36 mesi
2. servizio foresteria dedicato all'accoglienza,
3. bar/ mensa interaziendale.





In conclusione, quindi, perché c'è bisogno di soggetti come il Polo Tecnologico che favoriscano l'integrazione?

Perché non basta avere a disposizione centri che producono attività di ricerca perché si producano risultati di sviluppo innovativo. Troppo spesso si pensa a meccanismi automatici di collaborazione tra il mondo della ricerca e l'impresa, ma c'è un potenziale livello di TT e di spinta all'innovazione che deriva dalla collaborazione tra imprese *HiTech* e tra imprese *HiTech* e settori produttivi tradizionali che spesso viene sottovalutato.

Il Polo Tecnologico ha fatto di questa integrazione la condizione per stimolare la domanda di innovazione, per avere un rapporto efficace con il mondo della ricerca, per sviluppare la collaborazione tra le imprese come nuovo strumento organizzativo di lavoro.

Elisabetta Epifori

Polo Tecnologico di Navacchio

Qualche noterella su scienza ed editoria¹

Sono molto onorato di poter parlare nell'ambito di una iniziativa come "Pianeta Galileo" e, per introdurre qualche riflessione sul tema che mi è stato proposto, permettetemi di rendere un omaggio al grande scienziato a cui questa iniziativa è intitolata, ricordando un paio di episodi della sua vita di uomo di scienza – ma anche di autore di libri.

I. Un opuscolo in latino

Nel gennaio 1610 Galileo si reca in fretta a Venezia per farvi pubblicare un opuscolo, che apparirà nel marzo di quello stesso anno con il titolo di *Sidereus nuncius*. È un testo importante, perché Galileo vi dà notizia delle scoperte effettuate negli ultimi mesi, dopo un'estate trascorsa a perfezionare il suo cannocchiale: la forma della Luna, così simile a quella della Terra, ma con monti apparentemente più alti; la Via Lattea formata da una moltitudine di stelle; l'esistenza di satelliti che ruotano attorno a Giove... Si capisce la sua fretta: sono scoperte della cui importanza si rende perfettamente conto, sa che la loro portata è straordinaria, ma sa anche altrettanto bene che non è l'unico a disporre dello strumento che gli ha permesso di scrutare il cielo con una acuità senza precedenti – la sua abilità manuale gli ha permesso di apportarvi dei perfezionamenti e, soprattutto, ha avuto l'intuizione di puntarlo con decisione verso il cielo, dopo aver verificato con cura che ciò che gli mostrano le lenti è degno di fede; ma non c'è nulla in tutto questo che lo metta al di fuori della portata di altri. Un opuscolo a stampa gli garantisce la priorità scientifica: comunica in modo efficace le scoperte e le lega indissolubilmente al suo nome.

E notate: il *Sidereus nuncius* è scritto in latino, la lingua della comunità scientifica, perché a questa innanzitutto vuole rivolgersi il suo autore, da questa si aspetta il riconoscimento. Ma una settimana dopo la pubblicazione, il 19 marzo, ne inviava copia a Cosimo II

¹ Intervento alla tavola rotonda dal titolo: "Stampa, editoria e cultura scientifica" svoltasi presso La Limonaia, Pisa, lunedì 19 novembre 2007.

de' Medici a Firenze, con l'omaggio di uno dei suoi perfezionati cannocchiali: non semplice cortesia, ma parte – diremmo oggi – di una complessa strategia di “marketing” personale, il cui elemento portante era l'attribuzione del nome di “pianeti medicei” ai quattro satelliti di Giove, che costituivano la sua scoperta più importante.

La strategia peraltro funzionò, perché meno di tre mesi più tardi ebbe notizia, dal segretario granduca, Belisario Vinta, dell'offerta di Cosimo II di assumerlo come “Matematico primario dello Studio di Pisa e Filosofo del Ser.mo Gran Duca senz'obbligo di leggere e di risiedere né nello Studio né nella città di Pisa, et con lo stipendio di mille scudi l'anno in moneta fiorentina”. Con la firma della lettera di nomina, il 10 luglio di quello stesso anno, Galileo vide realizzato il suo desiderio di lasciare finalmente Padova per tornare in Toscana, e al tempo stesso ottenne un implicito avallo alla sua opera da parte di un potente, che gli fungeva da scudo nei confronti del mondo (ma in particolare delle gerarchie ecclesiastiche) – una precauzione a cui senz'altro aveva pensato.

2. "Io l'ho scritta vulgare": un progetto culturale

Fra le osservazioni di cui dà notizia nel *Sidereus Nuncius* manca ogni accenno alle macchie solari, che pure Galileo osservò, probabilmente già fra il 1609 e il 1610, e a cui invece accenna nell'introduzione a un'opera uscita nel maggio 1612, il *Discorso intorno alle cose che stanno su l'acqua o che in quella si muovono*, esito di un incontro promosso da Cosimo II nel palazzo granducale, in cui s'era discusso delle possibili spiegazioni del fenomeno del galleggiamento – con Galileo a sostenere le posizioni di Archimede contro quelle di Aristotele, difese da altri invitati (Ludovico delle Colombe, Federico Gonzaga). Per le macchie solari, Galileo seguì inizialmente una strada diversa: ne parlò privatamente a Venezia, ne parlò con amici, e con i primi membri dell'Accademia dei Lincei fondata meno di dieci anni prima da Federico Cesi, che incontrò nel suo viaggio a Roma nel 1611, ma inizialmente non pubblicò nulla di esplicitamente dedicato all'argomento.

Reagì invece quando nel 1612, sotto lo pseudonimo di Apelle, furono pubblicate ad Augusta tre lettere sul tema: la pubblicazione era stata curata da Marco Welser, duumviro della città e banchiere dei gesuiti, cui le lettere erano state indirizzate da Cristoforo Scheiner, gesuita e professore di matematica nell'Università di Ingolstadt. Scheiner era

arrivato autonomamente all'osservazione delle macchie, o aveva seguito il suggerimento di qualcuno? Qualche amico aveva raccontato ad altri le osservazioni galileiane? Lo stesso Welser, a sua volta membro dell'Accademia dei Lincei? Fatto sta che Galileo ebbe l'impressione di essere stato derubato della sua scoperta e si irritò per l'interpretazione che delle macchie dava Apelle (dovevano essere stelle o comunque oggetti esterni al Sole, mentre Galileo sosteneva trattarsi di formazioni sulla superficie solare, che con il loro movimento dimostravano la rotazione del Sole stesso: era in gioco dunque l'immutabilità o meno dell'astro, con tutte le conseguenze per una visione tradizionale, aristotelica, o moderna, copernicana, dell'astronomia). Galileo si dispose a rispondere per le rime.

Tre erano le lettere di Apelle, tre furono quelle scritte dallo scienziato pisano in risposta, a loro volta indirizzate a Marco Welser, in data 4 maggio, 14 agosto, 10 dicembre 1612. Raccolte in volume, furono pubblicate nel 1613 a Roma, grazie all'interessamento della stessa Accademia dei Lincei, presso Giacomo Mascardi, con il titolo *Istoria e dimostrazione intorno alle macchie solari e loro accidenti, comprese in tre lettere scritte all'illustrissimo Signor Marco Velsari Linceo, Duumviro d'Augusta, Consigliero di Sua Maestà Cesarea, dal signor Galileo Galilei, Nobile fiorentino, Filosofo e Matematico primario del Serenissimo D. Cosimo II Gran Duca di Toscana*. Sappiamo anche la tiratura iniziale dell'opera: 1400 copie (incidentalmente: una tiratura dello stesso ordine di grandezza di quelle attuali in Italia per la saggistica, fatta eccezione per qualche caso di grande successo).

La polemica tra Galileo e Scheiner si trascinerà a lungo: il tedesco aveva scritto, nel settembre 1612, anche uno studio *De maculis solaribus et stellis circa Iovem errantibus Accuratio Disquisitio* – toccando quindi anche un altro punto su cui Galileo era molto sensibile; in seguito si dedicherà soprattutto all'osservazione del Sole, diventando il maggior esperto dell'epoca (fondamentale il suo trattato del 1630, *Rosa ursina*).

La polemica qui ci interessa poco: ci importa invece osservare come la nuova opera di Galileo non sia più scritta in latino, ma in volgare. A distanza di tre anni solamente, è una scelta di non poco conto, poiché segna non un cambiamento di ruolo del volgare rispetto al latino nel mondo accademico dell'epoca, ma un atteggiamento diverso dello scienziato, un deciso cambiamento di obiettivo. Lo spiega lui stesso in una lettera a Paolo Gualdo del 16 giugno 1612, a commento della prima lettera di risposta ad Apelle:

Io l'ho scritta volgare perché ho bisogno che ogni persona la possi leggere, e per questo medesimo rispetto ho scritto nel medesimo idioma questo ultimo mio trattato [il Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua]: e la ragione che mi muove, è il vedere, che mandandosi per gli Studii indifferentemente i gioveni per farsi medici, filosofi, etc., sì come molti si applicano a tali professioni essendovi nettissimi, così altri, che sariano atti, restano occupati o nelle cure familiari o in altre occupazioni aliene dalla letteratura... et io voglio ch'È veggino che la natura, sì come gl'ha dati gli occhi per veder l'opere sue..., gli ha anco dato il cervello da poterle intendere e capire.

Quindi: la scelta del volgare è motivata per Galileo da precise questioni che attengono alla sfera della comunicazione: è diverso il destinatario, diverse sono le intenzioni del mittente (il suo “programma culturale”), diversa deve essere la codifica del messaggio, anche se il supporto rimane il medesimo – la lettera, l’edizione a stampa. Ma anche qui merita fare un’osservazione: uno dei grandi pregi dell’opera galileiana sono le illustrazioni, per le quali avevano molto insistito i Lincei, in particolare lo stesso Federico Cesi, che finanziò le incisioni, affidate da lui stesso e dal Cigoli a Matthias Greuter, artista tedesco che fu poi fra gli incisori preferiti dei Lincei, costantemente interessati all’aspetto visivo della comunicazione e ai suoi problemi. Come ha scritto David Freedberg:

Cesi e Cigoli controllarono da vicino il suo lavoro, rimettendogli le bozze quando non gli sembravano sufficientemente accurate o quando i contrasti non apparivano sufficientemente nitidi per mostrare con chiarezza il movimento delle macchie solari. A ogni passo in avanti essi consultarono anche Galileo e, al termine, anche Cesi rimase soddisfatto. Alla fine egli dovette rinunciare all’idea di avere le illustrazioni stampate in folio, ma la riduzione a quarto non rese il libro soltanto più maneggevole, ma permise anche che tutte le trentotto incisioni fossero orientate nello stesso modo, così che i movimenti delle macchie lungo il passare dei giorni potessero essere istantaneamente riconoscibili. Dopo aver osservato queste immagini era impossibile che i lettori potessero rimanere attaccati all’opinione di Apelle secondo cui le macchie erano satelliti del sole, quando le loro forme apparivano tanto variabili.

3. Attività editoriale e cultura

Spero di non avervi annoiato fin qui, ma questa “storia” ha per me un’importanza particolare, da quando, al primo anno di università, ho letto le pagine che vi ha dedicato Ludovico Geymonat nel suo *Galileo*. L’intreccio fra aspetti scientifici, di programma culturale, di attività editoriale, mi ha offerto, a più riprese, spunti di riflessione – diventati ovviamente ancora più significativi da quando l’editoria è diventata il mio campo d’attività principale.

Perché è interessante questa storia? Perché quella scelta, lasciare il latino per il volgare, quattro secoli fa, aveva un valore molto forte, ed è un esempio eccellente di come ciò che si dice e il modo in cui lo si dice non vadano mai disgiunti. In un certo senso, se Galileo avesse scritto anche le sue lettere sulle macchie solari in latino, non avrebbe scritto le stesse cose, avrebbe “parlato” a persone diverse, la portata del suo intervento sarebbe stata profondamente differente. Scegliere di scrivere in volgare significava rivolgersi a un destinatario diverso, crearsi un “pubblico” diverso (e, guarda caso, l’autore delle lettere che avevano dato il via alla polemica non leggeva il volgare...).

Il caso di Galileo è fra i più ricchi di conseguenze di tutta la storia della scienza, ma dal suo atteggiamento (e peraltro anche da quello di Federico Cesi e dei Lincei) si possono trarre – a mio parere – alcune indicazioni più generali.

Innanzitutto, la “veste” che si dà a un messaggio non è “neutra”. Galileo non aveva molte opzioni fra cui scegliere: poteva parlare con amici e conoscenti, raccontare e discutere le sue scoperte in un consesso organizzato dal Granduca o da qualche altro potente, poteva scrivere delle lettere o pubblicare un libro; l’Accademia dei Lincei cominciava appena allora a muovere i primi passi in direzione di una modalità di comunicazione diversa, quella della “conversazione” fra dotti mediata dalla rete di relazioni di un’istituzione scientifica, che avrebbe poi acquistato grande importanza per la storia della scienza nei secoli successivi. Oggi avrebbe avuto a sua disposizione molte opzioni in più: conferenze stampa, stampa quotidiana e periodica, generalista, specializzata e scientifica, radio, televisione, Internet e la posta elettronica... e sicuramente ne ho dimenticate molte. Persino nel pensare a un libro avrebbe avuto delle possibilità in più: come minimo, le riproduzioni fotografiche, la stampa a colori. E poi, visto quanto impegno dedicava alla realizzazione dei suoi strumenti, pensate forse che avrebbe disprezzato, se ne avesse avuto i mezzi, un video delle sue

osservazioni delle macchie solari?

Beh, Galileo non aveva queste possibilità, ma noi sì. E altre sono in vista – come gli *e-book* e le varie forme che può prendere l'editoria digitale, in parte già presenti, in parte ancora solo promesse più o meno vaghe. Senza dubbio, il problema della scelta si complica: non è la stessa cosa scrivere un testo o realizzare un video, tanto per fare un esempio. E molte delle tecnologie della comunicazione sono recenti – chi ha cinquant'anni ha fatto in tempo a vederne nascere molte e ancora non ha fatto in tempo ad abituarvisi, meno che mai ad assimilarne la "grammatica". In compenso, chi di anni ne ha solo venti è nato in un mondo già profondamente mutato da quelle stesse tecnologie, e ha più difficoltà a trovare un buon rapporto con le più vecchie.

È una situazione di cui bisogna tener conto, in ogni caso, ma forse ancora di più quando si deve parlare di scienza. Perché la scienza ha reso possibili quelle tecnologie e se ne avvale per proseguire il suo cammino: ve lo immaginate dove sarebbero l'astronomia e l'astrofisica ancora oggi senza la fotografia, senza i loro molti strumenti di rilevamento e le relative forme di visualizzazione?

So che molti non hanno lo stesso atteggiamento, ma sono affascinato dall'ampiezza delle possibilità che abbiamo a disposizione. Questo non semplifica certo il lavoro che si svolge nell'editoria, anzi costringe continuamente a una ridefinizione di ruoli e competenze, ma c'è almeno un aspetto che nell'editoria è sempre stato presente e che ora viene tremendamente rafforzato: quello del lavoro di squadra. Galileo aveva i suoi disegni, ma per la realizzazione del suo libro ebbe bisogno di un incisore – che senza dubbio mise del suo nel realizzare le incisioni per la stampa; e i Lincei svolsero un'opera importante come collegamento fra autore e incisore, così come fra autore e compositore (che, a quanto pare, aveva una certa tendenza a "correggere" la variante toscana del volgare galileiano). Nessuno di loro da solo sarebbe riuscito a portare a termine con altrettanta efficacia il progetto. E così è sempre stato, ancora fino ai nostri giorni.

Certo, le nuove tecnologie permettono a un autore con un po' di pazienza (e di abilità) di costruirsi per intero un libro, ricorrendo ad altri solo per la stampa e la confezione; ma in compenso tutte le nuove forme di "multimedialità" inclinano verso un'organizzazione complessa che è più vicina a quella del cinema che a quella della *one man band*.

La cosa ha un suo fascino. La cooperazione di persone diverse, con capacità, esperienze e conoscenze differenti, a un medesimo progetto

editoriale (ma vale, credo, per qualunque tipo di progetto) può dare risultati di gran lunga migliori del lavoro isolato di un'unica persona. Curiosamente, però, quella della cooperazione è una delle capacità meno prese in considerazione da tutte le nostre forme di istruzione scolastica.

4. Nuove forme di comunicazione

Il grande sviluppo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione negli ultimi decenni ha costretto gli operatori del mondo editoriale a perfezionare la definizione del loro lavoro. Quando ho iniziato a occuparmene, alla fine degli anni Sessanta, era dominante (e non credo fosse una questione puramente soggettiva, esclusivamente mia) l'idea che quel lavoro avesse fondamentalmente a che fare con la carta, con la manipolazione di segni sulla carta. C'è voluto parecchio tempo per liberare dalle connotazioni di quell'idea la specificità del supporto, ma oggi penso l'attività editoriale in termini di produzione (o sollecitazione – un po' arte maieutica), elaborazione e diffusione (pubblicazione, nel senso di "rendere pubblica") di informazione – dove, nel concetto di diffusione entrano anche tutti i processi con cui si può stabilire quali siano le forme e i supporti più adatti per ottenere il risultato desiderato.

Mi sembra un cambiamento di prospettiva importante, e tutt'altro che ovvio. Siamo cresciuti sui libri e facciamo ancora fatica a non vederli come l'unica forma valida di comunicazione, o quanto meno quella privilegiata, per la maggior parte delle finalità. E questo credo sia vero in modo particolare per i temi scientifici e tecnici. Un conto è la comunicazione di risultati scientifici fra "addetti ai lavori", ben diversa la comunicazione nel campo dell'istruzione – e diversa ai diversi livelli (non si devono "raccontare" nello stesso modo gli esperimenti di Galileo alle scuole medie, alle superiori o all'università); diversa ancora dovrebbe essere la comunicazione della scienza al pubblico generale. E in ciascun caso gli aspetti editoriali, oggi, possono essere molto ricchi e stimolanti – per le questioni di opportunità, di efficacia, anche per quelle estetiche.

Solo un paio di esempi. Anche queste conferenze e queste tavole rotonde avranno un corrispettivo cartaceo. Iniziativa lodevole, ma quanto sarà difficile la loro diffusione! E sono certo che dopo poco tempo reperire il volume a stampa, come succede regolarmente anche per gli atti dei convegni, sarà una vera impresa. In tutti questi casi, la pubblicazione digitale ha molto più senso: si eliminano gli sprechi di

carta, i tempi di pubblicazione possono ridursi, la disponibilità può essere a tempi più lunghi se non potenzialmente “per sempre”, la reperibilità e la fruibilità possono essere potenziate. Una delle esperienze più istruttive per chi lavora in editoria (o con l’editoria ha comunque qualcosa a che fare) è la visita a uno di quei centri dove si raccolgono le rese dei libri cartacei – cioè le copie che vengono restituite invendute dalle librerie. Si tratta di percentuali spesso molto significative sul tirato, anche nell’ordine del trenta o quaranta per cento, a volte anche più, che vanno a popolare enormi “cimiteri” di raccolta indifferenziata, dove è al limite dell’economico, o decisamente antieconomico, separare e raggruppare per titolo le copie, spesso comunque invendibili perché rovinata nei trasporti. Se ne può ricavare qualche materia di riflessione sulle illusioni di autori ed editori, o sulla scarsa capacità di previsione degli editori, ma soprattutto sulle inefficienze del sistema distributivo dei libri. Il digitale potrà mettere in crisi gli operatori tradizionali della distribuzione e della vendita finale, ma potrà anche ridefinire in modo molto più efficiente tutto il sistema; e l’integrazione fra reti di comunicazione digitali (Web) e dispositivi di stampa “su richiesta” (*on demand*) potrà dare la flessibilità per soddisfare anche quanti vorranno comunque avere fra le mani un libro di carta.

E i dispositivi di lettura per libri elettronici, i famosi o famigerati *e-book reader*? La prima generazione ha suscitato molto scalpore, ma era decisamente insoddisfacente. Ora ce n’è una seconda, già molto migliore: oggetti più leggeri, visualizzatori di migliore qualità, a basso consumo di energia (la tecnologia del cosiddetto *e-ink*) e di lettura meno faticosa. Sono ancora costosi, ma alcuni modelli cominciano a essere interessanti, per lo meno per chi con i testi lavora molto. Poter portare in giro, in un oggetto che pesa più o meno come un libro rilegato, la versione elettronica di un centinaio di testi (e magari altrettanti in una memoria digitale accessoria, che pesa pochi grammi) è attraente, se vi capita di muovervi spesso e di desiderare di portare con voi una piccola biblioteca pronta, nel giro di pochi secondi, alla consultazione. Non siamo ancora al traguardo, ma i passi avanti sono decisi. Avremo prima o poi per i libri un dispositivo digitale di successo quanto lo è stato l’iPod per l’audio?

Ciò che affascina (almeno, affascina me) della tecnologia digitale è la possibilità di trattare insieme testo, immagini, immagini in movimento (animazioni e video), audio e programmi. L’idea che ho di “libro elettronico” è quella di un oggetto complesso, che può sfruttare tutte queste possibilità insieme. Immaginate un “libro” sulle *Sinfonie* di Beethoven, che ne racconta la storia, ne fa l’analisi e la sostiene mostrando la partitura ma anche facendo ascoltare spezzoni di esecuzioni diverse, in audio o in video, e permette di fare qualche

sperimentazione – del tipo: quanto cambierebbe questo passaggio se, anziché essere eseguito dai flauti, fosse eseguito poniamo dai violini? E, citando magari un’osservazione di Daniel Barenboim o di Claudio Abbado desse la possibilità non solo di leggere le loro parole ma anche di vedere uno spezzone di intervista in video? Si capirebbe meglio o no?

Ma non sarebbe più in libro, dirà qualcuno. Non starò a discutere di che cosa sia o non sia un “libro”, ma vi chiedo, semplicemente: è davvero importante? Scandalizzo molti, quando lo dico, ma lo dirò anche a voi: a me non interessa il libro in sé, mi interessa imparare, capire, mi interessano le informazioni. Le parole scritte sulla carta sono un mezzo eccellente, a lungo sono state l’unico (o quasi l’unico) mezzo possibile per soddisfare l’esigenza della trasmissione, ma oggi abbiamo molte possibilità in più, e non vedo alcun motivo per rifiutarle a priori. Da qui a dire che lo sappiamo anche fare, e lo sappiamo fare bene, ce ne corre, ovviamente – lo so benissimo. Anche per questo continuiamo a produrre così tanti libri: quello lo sappiamo fare bene. Poco importa se molti sono inutili, starebbero meglio in altra forma, su altri supporti più agili. Siamo pigri o troppo abituati a un modo particolare di comunicazione. Magari però rischiamo di fare la figura degli aristotelici contro cui doveva combattere Galileo: nel cannocchiale non vogliamo neanche guardare.

Permettetemi, in conclusione, di riportare qualche frase di Carlo Rovelli in occasione della sua “Lezione Galileiana” nell’edizione 2005 di “Pianeta Galileo”:

Ora, questo liberarsi da un pregiudizio e accettare una mappa mentale nuova della realtà è risultato essere, nella storia della scienza, un processo continuo. Si continua a imparare così. Si continua a capire che abbiamo pregiudizi. Anche se riusciamo a capirne bene molti aspetti, la natura continua ad apparire lo stesso inesauribile. Più comprendiamo del mondo, più scopriamo che c’è molto altro da comprendere: la nostra comprensione del mondo si affina e diventa via via più efficace, ma ... continua a cambiare. Troviamo modi efficaci di pensare il mondo, ma ce ne sono sempre di più efficaci. Se vogliamo capire, dobbiamo dunque essere aperti ai nuovi sovversivi, ai nuovi rivoluzionari. La strada della ricerca della conoscenza è lontana dall’essere conclusa.

Ne consegue che ogni passo avanti nella comprensione del mondo è una sovversione del modo di vedere precedente e ha quindi qualcosa di sovversivo, qualcosa di rivoluzionario. Ogni volta ridisegniamo da capo il mondo. Cambiamo la grammatica dei nostri pensieri, il quadro della nostra immagine

della realtà²

Cambiando qualche parola qua e là, queste affermazioni possono andare bene anche per l'editoria e le forme di comunicazione della scienza (e non solo della scienza). Non sottovalutate questo aspetto: come Galileo aveva capito benissimo, ha un impatto determinante sul ruolo della scienza sui processi sociali, sulla cultura – e in primo luogo sull'istruzione e la formazione.

5. Nota bibliografica

Il libro di Ludovico Geymonat a cui accennavo si intitola *Galileo Galilei*, ed è stato pubblicato da Einaudi, Torino, in una prima edizione nel 1957. La mia copia è quella della quinta edizione ampliata, stampata nel 1969. Agli episodi che ho brevemente raccontato qui sono dedicati i capitoli terzo (“Prime fortunate osservazioni astronomiche”) e quarto (“L’ambizioso programma”). Il brano della lettera a Paolo Gualdo è citato a pagina 92, in nota.

La citazione di David Freedberg è dal suo bel libro, *The Eye of the Lynx*, pubblicato dalla University of Chicago Press, Chicago-London, 2002, e in edizione italiana con il titolo *L’occhio della Lince* da Bononia University Press, Bologna, 2007. Il brano citato è a pagina 155 dell’edizione italiana, 125 in quella inglese. Il libro è eccellente: è una storia della nascita e delle prime attività dell’Accademia dei Lincei, in cui si intrecciano continuamente vicende scientifiche, di politica culturale e di attività editoriale.

Per quel che riguarda il libro elettronico, sull’ondata dell’entusiasmo agli inizi del nostro secolo, ne avevo scritto in un libro intitolato semplicemente *E-book* (Apogeo, Milano, 2001), non più in commercio sotto forma cartacea, ma disponibile per l’appunto in formato di libro elettronico nella sezione *e-book* del sito dell’editore (www.apogeoonline.com). È ormai un po’ datato, ma credo contenga ancora qualche pagina valida – prima o poi mi deciderò ad aggiornarlo o, più probabilmente, a riscriverlo. Per chi vuole rimanere aggiornato sul tema, consigliabile fra gli altri il sito Web dell’International Digital Publishing Forum (www.idpf.org).

Più in generale su “economia e gestione strategica nel settore

² Da: C. Rovelli, Il cambiamento nell’immagine del mondo: spazio e tempo dopo Einstein, in *Pianeta Galileo 2005*, pag. 11, Consiglio regionale della Toscana, Firenze 2006.

dell'editoria libraria", come recita il suo sottotitolo, è ancora molto utile il libro di Paola Dubini, *Voltare pagina*, Etas, Milano, 2001. Utili sempre i contributi della stessa Paola Dubini, su temi sempre di economia dell'editoria, ai volumi *Tirature* pubblicati dal Saggiatore (Milano) nei vari anni.

Per chi è curioso di storia del libro, consiglio *Il libro scientifico*, di autori vari e con una introduzione di Maurizio Mamiani, pubblicato da Sylvestre Bonnard (Milano, 2001), che ha la forma di un dizionarietto.

Virginio B. Sala

Apogeo Editore e Università di Firenze

Giochi e giocattoli scientifici: riflessioni a partire da un'esperienza con scuole medie superiori

1. La curiosità come premessa

Madre della scienza è la *curiosità*, che spinge a farsi domande e a indagare per trovare le risposte superando se stessi e quelli che pensavamo essere i nostri limiti. Durante i nostri incontri con i ragazzi delle scuole medie superiori, abbiamo perseguito questo obiettivo di stimolare la curiosità, proponendo delle attività non con l'intenzione di svelare risposte, ma cercando di far nascere interrogativi e voglia di risolverli nelle giovani menti che avevamo di fronte. Il metodo di lavoro che abbiamo utilizzato si ispira alla prassi della *maieutica* socratica e segue i principi dell'*educazione attiva*.

Per i C.E.M.E.A. l'apprendimento parte dall'esperienza ed è per questo che abbiamo ritenuto opportuno costruire un percorso sul significato di "giocattolo scientifico", che prevedesse sia ATTIVITÀ sia MOMENTI DI CONFRONTO, piuttosto che un'abituale conferenza frontale.

Forti dell'idea che il fenomeno ludico rappresenti un reale spazio di esperienza, in quanto in esso si decide liberamente e consapevolmente di compiere esperienza di sé, dell'altro e del mondo, abbiamo proposto un percorso di *scienza in gioco*. Abbiamo articolato, cioè, un percorso ludico-esperienziale nel quale entrare in rapporto con tutto ciò che è scienza, ovvero con la comprensione del mondo naturale, biologico, matematico e delle leggi che lo governano.

Nella *scienza in gioco* il sapere scientifico non è il fine da raggiungere, ma è *l'altro da me* con il quale si entra in relazione e si gioca, è nella scoperta e nel rispetto delle leggi della scienza che il giocatore si diverte nel trovare strategie utili ad ottenere i risultati desiderati. Guardare all'educazione scientifica in questi termini non significa affatto avere lo scopo di rendere divertente l'insegnamento scientifico, ma intende offrire l'opportunità di giocare realmente con la scienza.

Dal nostro punto di vista, il rapporto tra scienza e gioco non si risolve nella proposta di una *scienza dilettevole* o di una *scienza dello stupore* rintracciabile nei lavori di autori come Jaques Ozaman (1715)

, Gaston Tassandier (trad. it. 1882), Carlo Romano Anfosso (1913), Tom Tit (1890)¹ ed altri, ma coincide con un intreccio di esperienza ludica ed esperienza conoscitiva. In altre parole: il nostro intento non è quello di insegnare il sapere scientifico attraverso la presentazione dei magnifici e stupefacenti effetti che si possono ottenere attraverso l'applicazione delle conoscenze scientifiche, ma quello di offrire agli individui l'opportunità di sviluppare e rafforzare *atteggiamento e pensiero scientifici*.

2. La nostra proposta

L'attività che abbiamo presentato (rientra nel nostro metodo la scelta di lavorare in *équipe*) è stata svolta in due scuole secondarie superiori, un Liceo Scientifico ed un Istituto Tecnico Commerciale. In entrambe le occasioni erano coinvolte classi terze e quarte, che hanno lavorato in parte insieme e in parte suddivise in sottogruppi. Il nostro scopo era quello di stimolare una riflessione individuale e una discussione collettiva sul significato dell'aggettivo "scientifico" per provare a delineare un identikit del "giocattolo scientifico".

Inizialmente, per avviare la discussione e capire quali fossero le idee di partenza dei partecipanti, abbiamo invitato i ragazzi a rispondere alla domanda "cosa è un giocattolo scientifico?". Avevamo chiari in mente alcuni punti fermi, ma non una definizione conclusiva e, per facilitare il confronto, abbiamo suggerito loro di fare degli esempi. Ci saremmo aspettati esempi che includessero tutti i giocattoli *tecnologici* tra i giocattoli *scientifici*, seguendo l'intuizione che tecnologia e scienza sono correlate. Sorprendentemente (è questo un fascino dell'INSEGNARE SENZA PRECONCETTI) i ragazzi hanno risposto tutt'altro. Oltre ai tanti esempi su cui non c'era un accordo, il *gioco* unanimemente considerato scientifico è stato il *Sudoku*.

Ci pare interessante come spunto di riflessione: a parte l'estensione da giocattolo a gioco, su cui non ci soffermiamo adesso, la caratteristica ritenuta *scientifica* era il ragionamento. In questo, si potrebbe cogliere un riflesso dell'aggettivo "scientifico" dato al popolare gioco di carte

¹ Si veda: Ozaman J., *Récreation mathématiques et physiques*, Paris 1715; Tassandier G., *Ricreazioni scientifiche*, Trevers, Milano 1882; Anfosso C.R., *La fisica per ridere*, Vallardi, Milano 1913; Tom Tit, *La scienza dilettevole*, Longanesi, Milano 1982.

dello *Scopone*. In questa fase di dialogo con gli studenti sono emersi il significato del metodo scientifico, il valore del ragionamento, la necessità di utilizzare concetti o leggi scientifiche.

Abbiamo così collezionato una lista con tutte le possibili caratteristiche che i partecipanti, non sempre in accordo fra loro, ipotizzavano di poter utilizzare per identificare i giocattoli scientifici. A questo punto abbiamo proposto un'attività individuale che prevedeva la risoluzione di un rompicapo inventato da Sam Lloyd: gli *Asinelli magici*. La consegna è "tagliare la figura in tre rettangoli lungo le linee tratteggiate e risistemare i rettangoli, senza piegarli, in modo da ottenere due fantini che cavalcano due somari al galoppo".

Nonostante che questa proposta non sia un gioco di semplice risoluzione, in entrambe le occasioni alcuni studenti sono riusciti a risolverlo, mostrando creatività ed intuito: c'è stata ampia partecipazione e la scoperta della soluzione ha portato molta meraviglia. Scegliendo di proporre questa attività volevamo sottolineare quanto gli schemi della nostra mente siano a volte limitanti per un'attenta osservazione: essere creativi implica avere la capacità di scomporre e ricomporre la realtà senza fermarsi ai propri schemi consolidati.

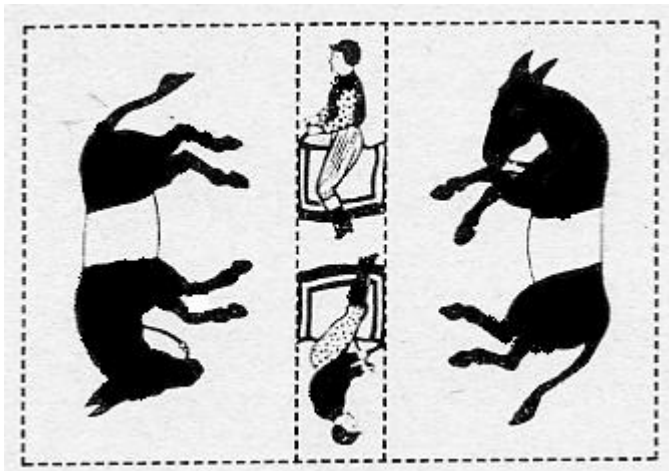


Figura 1 - Sam Lloyd (1841-1911) è considerato il più grande inventore di giochi americano (basti pensare al gioco del quindici). Gli asinelli magici sono una delle sue invenzioni più riuscite: tagliando il cartone lungo le linee punteggiate, i tre rettangoli vanno sistemati (senza piegarli) in modo che i due fantini possano cavalcare i due somari.

Abbiamo poi chiesto agli studenti se ritenevano che quello che avevano fatto fosse un gioco scientifico oppure no; dopo un breve scambio verbale si sono formati due gruppi su posizioni opposte. Uno sosteneva di sì perché, come nel metodo scientifico, anche in questo

caso si procedeva per tentativi; l'altro sosteneva di no perché i tentativi erano stati casuali.

Con questi interrogativi ancora aperti, ci siamo divisi in sottogruppi di 4/5 persone per la seconda attività: la consegna era quella di costruire un ponte in miniatura tra due banchi, avendo a disposizione 12 strisce di carta, di dimensione 20 x 4 cm, e della colla stick. Si poteva optare per un ponte più lungo possibile o più resistente. A conclusione ciascun gruppo ha mostrato e testato davanti agli altri il proprio prototipo.

È interessante notare che, per provare che il ponte reggesse davvero (le cosiddette "prove di carico"), i ragazzi hanno usato i loro telefoni cellulari: conoscendo l'importanza che i giovani attribuiscono a questo oggetto, metterlo a rischio di caduta ha implicato, senza dubbio, che ci fosse un forte coinvolgimento. Non riportiamo le innumerevoli soluzioni inventate dai ragazzi, che il lettore può provare a sperimentare per proprio conto.

Riprendendo con i ragazzi la discussione sul significato di "giocattolo scientifico" alla luce anche di questa seconda esperienza, è interessante notare che alcuni hanno riferito di aver utilizzato leggi fisiche per elaborare il proprio progetto e hanno pensato che questa caratteristica lo rendeva "scientifico"; qualcun altro ha ripreso il discorso sulla casualità dicendo che in questo caso c'era una progettazione che è stata prima discussa e poi sperimentata (processo di ipotesi e verifica), altri ancora non la pensavano così. È emerso che molte scoperte scientifiche sono state fatte casualmente; ed i ragazzi si sono chiesti quale ruolo avesse avuto la casualità nella realizzazione del ponte. Sono state avanzate varie ipotesi senza dare una risposta conclusiva.

I gruppi hanno raccontato come sono arrivati alla costruzione del proprio ponte, mettendo in evidenza che esistono più strategie per affrontare uno stesso problema e rendendosi conto di come il confronto a posteriori li abbia aiutati fornendo nuove idee e stimolando nuove ipotesi. Viene valorizzato il "copiare" intelligente, quello che permette di rimettere in discussione le scelte e che apre a nuove prospettive e ti fornisce nuovi strumenti. La discussione si è conclusa sottolineando l'importanza del lavoro di gruppo e dell'apertura allo scambio di informazioni tra gruppi diversi.

3. Il giocattolo scientifico

Alla fine di questa discussione abbiamo scritto su una lavagna le caratteristiche che, secondo i ragazzi, rendevano un gioco o un giocattolo *scientifico*:

1. stimola il ragionamento
2. permette di ipotizzare e sperimentare soluzioni
3. stimola la curiosità e la creatività
4. prevede l'utilizzo della manualità
5. è divertente (altrimenti, che gioco è?)
6. può prevedere un progetto.

In queste due ore i ragazzi si sono messi in gioco, hanno discusso, creato e smentito ipotesi, manipolato, costruito e messo alla prova quello che avevano realizzato: dalle riflessioni a cui sono / siamo giunti e dal coinvolgimento riscontrato ci sembra che questo possa essere un buon approccio alle scienze ed al metodo scientifico vissuto in prima persona. Cos'è, dunque, un giocattolo scientifico?

Sicuramente non solo il ragionamento, ma anche la sperimentazione è un ingrediente indispensabile in un giocattolo scientifico. Il che non esclude i rompicapo; in tal caso, l'esperimento sta nel provare che la soluzione *immaginata* sia quella *reale*.

Potrebbe non essere sfuggito al lettore che, probabilmente, l'aspetto scientifico di un giocattolo sta più nel modo in cui lo si usa che non nell'oggetto in sé. Eppure, alcuni giocattoli sembrano essere decisamente scientifici, nel senso che il modo di giocare con l'oggetto richiede necessariamente un'attività che noi definiamo scientifica. Un bambino che gioca con un prisma di plexiglas per arrivare a vedere l'arcobaleno sul muro, sta facendo esperimenti di geometria? (Non di fisica, ovviamente). Di certo, se vede l'arcobaleno è perché guarda sul muro *opposto* rispetto alla finestra da cui proviene la luce del sole. Un altro che inclina una clessidra di plastica per vedere come cadono le palline colorate, sta sperimentando la caduta dei gravi? (Oltre a divertirsi, prima di tutto.) Fin qui il lavoro di azione e riflessione con i ragazzi. Ma cos'è un giocattolo scientifico? È utile riportare alcune riflessioni raccolte attraverso strumenti tradizionali (documenti, immagini, testi), su cos'è un gioco scientifico. Il fatto che questa riflessione sia posta alla fine del nostro intervento non è casuale, ma discende da alcuni principi educativi a cui ci ispiriamo e che si rifanno all'idea che i momenti di elaborazione cognitiva debbano essere basati su esperienze concrete, vissute in prima persona, assieme ad altri.

4. Giocattoli e giochi

Scrive Giampaolo Dossena nella sua *Enciclopedia dei giochi*: il giocattolo è uno “strumento di gioco, è un oggetto che serve ai bambini per giocare”. Il giocattolo è dunque *un* oggetto e non *un particolare* oggetto, perché – come ci spiega bene l’Enciclopedia Zanichelli alla voce giocattolo -, “ciò che definisce il giocattolo è soltanto l’uso che di esso viene fatto e di conseguenza il termine può essere applicato a qualsiasi oggetto impiegato in una attività ludica”. Il giocattolo è dunque un ‘oggetto per giocare’.

Ma quando un oggetto di gioco diventa ‘giocattolo scientifico’?² Diciamo semplicemente che scientifico, in senso lato, è tutto ciò che attiene alla scienza e, in senso educativo, tutto ciò che contribuisce a creare un atteggiamento scientifico. Il giocattolo scientifico è allora quell’oggetto che, provocando o accompagnandosi a un’azione ludica, consente al bambino e al ragazzo di mantenere, sviluppare, affinare la curiosità sul funzionamento del mondo naturale, biologico, fisico, matematico, economico... o che consente di “analizzare, definire, interpretare la realtà” (questa è la definizione che ci offre il dizionario Sabatini Colletti).

Se questo è ciò che ‘la scienza’ pensa del giocattolo scientifico, proviamo a domandarci cosa pensano (o hanno pensato) le persone comuni a proposito del giocattolo scientifico. Come si dice: accanto al pensiero scientifico c’è il pensiero comune (Bruner) o la cultura del quotidiano, che dir si voglia. Quando si affronta un tema educativo, che ha come scopo il cambiamento, occorre tener presenti tutti e due questi ‘pensieri’. Ci limiteremo a considerare alcune opinioni diffuse attorno al giocattolo scientifico.

Intanto, nella mente di moltissimi, il termine giocattolo viene abbinato all’acquisto di un oggetto. L’affermazione: “i giocattoli si trovano nei negozi di giocattoli” è lapalissiana. Ma non è altrettanto lapalissiano dire che i giocattoli sono *dovunque*, perciò anche nei negozi di giocattoli. È vero che l’idea di giocattolo scientifico si è sviluppata assieme alla convinzione dell’utilità della scienza e della necessità di costruire dei ‘giochi didattici’ adatti ai bambini, perché essi ne imparassero le

² Le riflessioni che seguono sono tratte da G. Staccioli, "Il giocattolo scientifico", *La scuola dell'infanzia*, 11, 2004, pp. 8. 10.

regole di funzionamento e gli ambiti di impiego. Il boom del giocattolo scientifico si ha nella prima metà del XX secolo; il messaggio che viene lanciato all'infanzia è quello di prendere confidenza con una scienza che allevia le fatiche, che meraviglia, che indica progresso e benessere, che risponde ai *perché*.

Ecco allora le prime scatole di fisica o di chimica, i telefoni infantili, i giocattoli meccanici che si possono ritrovare in tutti i cataloghi dell'epoca. I trenini, le macchine, gli 'autobus meccanici', le scale da pompieri meccaniche... fino a cose più raffinate come il *Gioco del piccolo aviatore*, un "giocattolo istruttivo che è costituito da una graziosa scatola contenente i materiali necessari per costruire molto facilmente, a partire da un piano dettagliato, un superbo aeroplano di 1,35 metri di apertura e funzionante dopo il montaggio" (come ci dice un catalogo dei magazzini *Printemps* del 1905). Ecco l'apparizione dei giochi scientifici legati alle scienze meccaniche: il *Meccano* fa la sua apparizione nel 1901; il suo inventore l'inglese Frank Hombly ebbe l'idea di riprodurre in miniatura i pezzi che riproducevano una gru industriale vista a Liverpool. Il nome di questo giocattolo per ragazzi era "La meccanica resa facile". Ecco le scienze elettriche: *Esperienze elettriche* o *Elettro-Studio* o *Il piccolo elettricista* sono solo alcuni nomi di scatole pensate per "studiare la potenza delle scintille elettriche e che sono vendute con bobine di Ruhmkorff, tubi di Geissler e tavole di esperienze" (da un catalogo del 1909).

Insomma, è a partire dall'idea che la scienza degli adulti vada spiegata ai bambini che si sviluppa l'idea di 'giocattolo scientifico', con un adeguamento pedagogico alle idee dell'epoca: per capire le idee scientifiche occorre che qualcuno le spieghi a un altro; per capire ancora meglio cos'è la scienza è utile fare esperienze (esperimenti), tipo quelli che si fanno nei laboratori. Il giocattolo scientifico, insomma, era all'epoca (ma anche oggi) legato a un'idea di scienza statica, informativa, una scienza che va soprattutto spiegata ai bambini. E poiché i bambini imparano meglio facendo e giocando occorre dar loro giocattoli 'programmati' per renderli sensibili ad un mondo così ricco e importante come quello della scienza moderna, un mondo che sta alla base dello sviluppo economico-industriale.

Può darsi che queste convinzioni oggi non ci siano più nella mente dei venditori e dei compratori di giocattoli. Molti genitori comprano ancora oggi i giocattoli scientifici perché i bambini 'imparino' (se poi riflettiamo su 'cosa' comprano, allora le riflessioni si dovrebbero spostare sulle mode di massa, sulla televisione, sul bisogno di riconoscimento

sociale... ma non toccheremo questi tasti). Molti costruttori realizzano oggi strumenti di gioco assai articolati e predisposti (giocattoli che si muovono, parlano, fanno la pipì, si fanno comandare...), oggetti che sembrano offrire molta libertà di sperimentazione, ma che a un'analisi più attenta si rivelano 'giocattoli programmati', più che giocattoli che aiutano alla sperimentazione ludica e scientifica. Molti venditori aiutano – come è sempre stato, d'altra parte – a comprare secondo l'ottica del costo, della dimensione e della ricchezza dei particolari, del giocattolo scientifico.

5. Giochi scientifici affettivi

Queste ultime riflessioni ci creano un sacco di problemi. Intanto perché contraddicono il messaggio fondamentale della scienza (la scienza non è già fatta, non si tratta di insegnare *la* scienza) e poi presuppone che i giocattoli scientifici siano cosa 'altra' dagli oggetti quotidiani, dai materiali di gioco che i bambini usano normalmente. Probabilmente nessuno si meraviglia se inseriamo nei giocattoli scientifici alcuni giochi 'tradizionali' come l'aquilone (non si fanno volare gli aquiloni senza una ricerca di tipo 'scientifico') o le barchette, le cerbottane, le biglie, i flipper, il monopattino, le bolle di sapone. Scomodiamo un grande studioso come Manson per dire una cosa molto semplice: "... i bambini, dall'alba dei tempi, giocavano soprattutto con le risorse che offriva loro la natura – la sabbia, l'acqua, i sassi, le piume di uccello – e con tutti i tipi di oggetti che essi trasformavano con la semplice magia del gioco. Attraverso il 'filo dei secoli', questi "giocattoli ecologici" hanno ispirato gli artigiani che hanno messo a punto degli oggetti più graziosi e più ludici... mostrando le loro 'meraviglie'... dalle quali i genitori si lasciavano talvolta sedurre" (M. Manson, *Jouets de toujours*, p. 8). Detto in altri termini: il gioco scientifico con oggetti (che diventano giocattoli) è un fatto naturale, comune, primitivo. In qualche misura il giocattolo scientifico è *dovunque*: dovunque si usi un oggetto e si ragioni su come funziona, su quali azioni consente, su quali effetti produce.

Allora un paio di forbici, una sedia, un pennarello, una bicicletta, un macinacaffè... sono dei giocattoli scientifici? Ebbene sì, lo sono. Lo sono quando vengono usati con 'magia' (come dice Manson) e con atteggiamento scientifico (perché?, come?, cosa?). Lo sono, occorre dirlo, anche se questo può mettere in difficoltà venditori e compratori

di giocattoli, anche se questo sposta l'attenzione dal giocattolo al gioco (ma non era appunto questa la definizione dell'Enciclopedia Zanichelli?). Lo sono, perché come ci ha insegnato Lucio Lombardo Radice (scienziato e fondatore di *Riforma della Scuola*), ciò che rende scientifica l'azione dell'uomo è l'uso del giocattolo più grande: la mente, il procedere ludico (*Il giocattolo più grande*, 1979).

E allora, non ci resta che riflettere su questo allargamento di orizzonti, rispondendo alla domanda: come avviene che un oggetto diventa giocattolo e che il giocattolo diventa scientifico?

Qui ci facciamo ancora aiutare da chi ne sa più di noi. Elinor Goldshmid propone il gioco euristico con i bambini molto piccoli³. Si tratta di un'attività che consente ai bambini di accedere a materiali esplorabili che stimolano l'immaginazione e l'invenzione ("che cosa posso fare con questo?"). "per queste esperienze è necessaria una grande varietà di oggetti, varietà che occorre sempre rinnovare, oggetti non certamente rintracciabili in un catalogo di giocattoli... Si tratta di oggetti comuni con grande varietà di forme, dimensioni, pesi, colori... Con il gioco euristico i bambini "seguendo i propri pensieri logici, mettono in pratica in modo veramente creativo il ben noto detto *Da cosa nasce cosa* (riconoscono causa ed effetto e intanto si divertono senza sentire né il peso del ricercare successo, né quello del paventare fallimento, il peso del modo giusto di fare una cosa, ovvero il timore di sbagliare)" (pag. 92).

Con i bambini più grandi che cosa cambia? Anche per loro si possono trovare "una varietà di oggetti" da esplorare, oggetti comuni e "rinnovabili", da osservare per le loro magiche potenzialità. Potenzialità 'meccaniche': come funziona un passaverdura? come funziona una bicicletta? (Un laboratorio didattico che si occupasse di costruire macchine mobili, a partire da biciclette vecchie e abbandonate, sarebbe un bel giocattolo scientifico). Potenzialità 'acustiche': come si trasmette il suono al telefono o nelle casse dello stereo? (André Roy proponeva giocattoli acustici ed elettrici per le edizioni Larousse già nel 1956 e prima di lui il più famoso Tom Tit ne *La scienza dilettevole* che è del 1890). Potenzialità biochimiche, potenzialità matematiche, potenzialità fisiche... Insomma, la scienza sta quasi tutta dentro agli oggetti che ci circondano e che possono diventare giocattoli scientifici. Basta aiutare la 'voglia' di conoscenza che attraversa tutti i bambini a tutte le età. Con le mani giunte possiamo chiedere agli amici e ai colleghi, alle maestre

³ E. Goldshmid – S. Jackson, *Persone da zero a tre anni*, Junior, Bergamo 1994.

della scuola dell'infanzia ed ai parenti tutti: *non comprate quel giocattolo scientifico*. Quello che potete ottenere lo potreste avere gratis, mettendo un po' di impegno, di competenza e di disponibilità, consentendo ai bambini di toccare di più, di smontare e rimontare, di sperimentare, accompagnandoli nelle loro scoperte. Non è un invito a insegnare a rompere le cose. Tutt'altro. È un invito ad amarle. La differenza fra oggetti che servono a fare scienza e giocattoli scientifici sta proprio qui.

Cosa differenzia questo approccio manipolativo, euristico ed indagatore rispetto ai giocattoli scientifici? Come avviene che un oggetto diventa non solo oggetto scientifico, ma oggetto ludico? Il nipote di uno degli autori ha un suo oggetto scientifico che è rappresentato da una cassetta che contiene un martello, delle pinze, una piccola sega... Non se ne separa mai. È il suo oggetto (qui ci appoggiamo a Winnicott) transizionale (fra una conoscenza comune e una scientifica). La sua cassetta degli attrezzi che cosa è se non un giocattolo? E perché è un giocattolo? Perché a lui piace, lo fa sentire capace, curioso, attore, simile agli adulti che lo circondano. Perché è un giocattolo scientifico? Perché gli permette di sperimentare ciò che è possibile e ciò che non è possibile, quali sono gli effetti delle sue azioni, quali reazioni hanno i materiali (e le persone), come esistano legni nei quali i chiodi entrano meglio che in altri, come esistano cose che si rompono o no; può scoprire che l'energia si può dosare, che a seconda dell'impugnatura un martello aumenta o diminuisce di potenza... Insomma la sua cassetta è un vero giocattolo ed è un vero strumento scientifico. Fra lui e la scienza c'è l'attenzione che gli adulti hanno per lui. La conoscenza passa attraverso *l'affetto* (non esiste un vero giocattolo se non è permeato dall'affetto di chi lo possiede); e l'affetto fa la differenza. Guardare, toccare la realtà con affetto è mettersi le mani sul cuore per sentire l'emozione di un evento (scientifico) che si produce tutte le volte che si usa un oggetto (giocattolo) per "analizzare, definire, interpretare la realtà", così come dice il vocabolario.

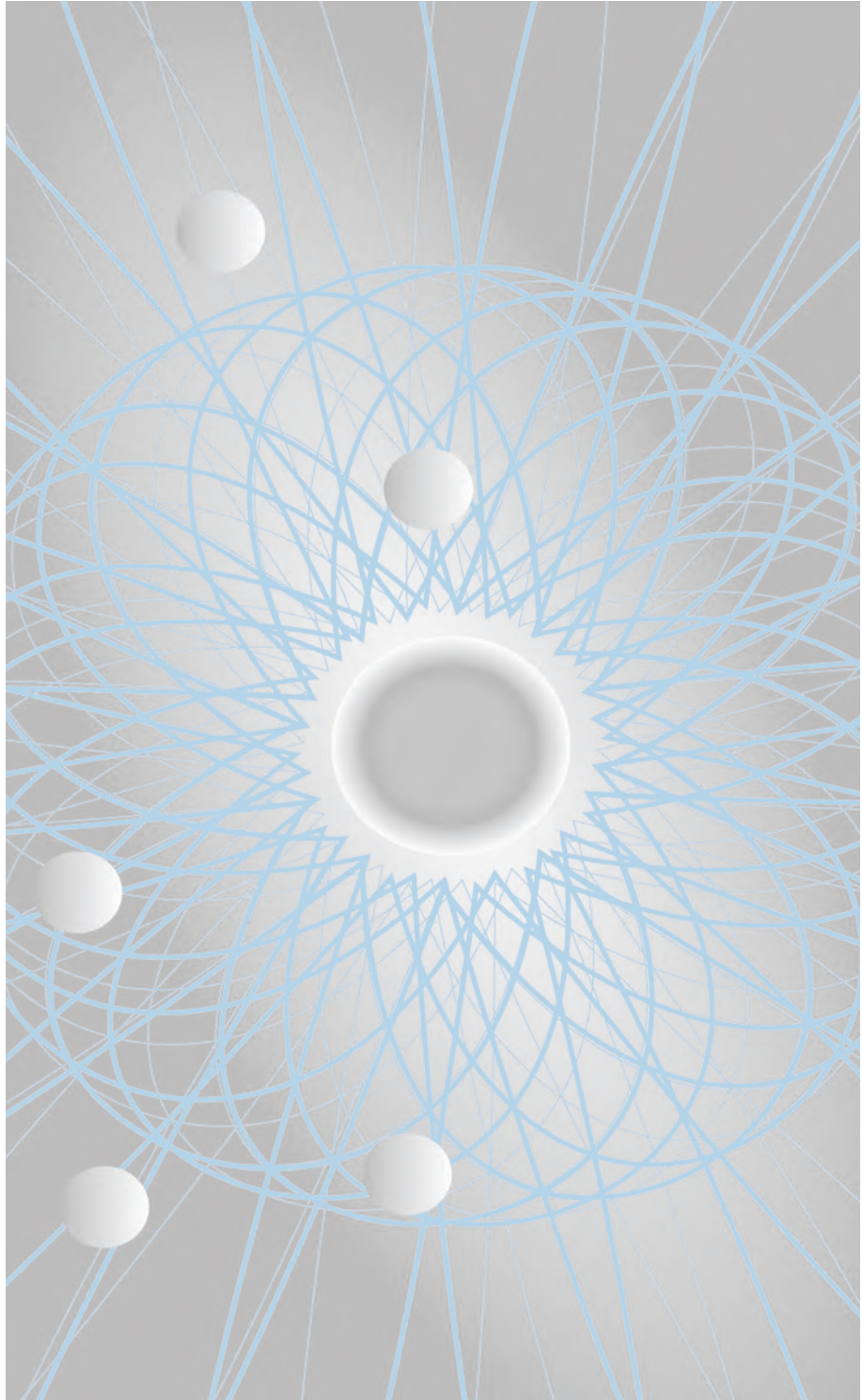
Bibliografia

- [1] AA.VV., *Giocattoli e giochi didattici*, Le Monnier, Firenze 1977.
- [2] AA.VV., *Scienza e gioco*, Sansoni, Firenze 1986.
- [3] Anfosso C. R., *La fisica per ridere*, Vallardi, Milano 1913.
- [4] Ariaudo L.C. – Volpi A., *La scienza in gioco. Attività manuali per l'apprendimento tecnico.scientifico*, Carocci, Roma 2006.
- [5] D'Amore B., *Giochi logici, linguistici e matematici*, Angeli, Milano 1996.
- [6] Delahaye J.P., *Jeux mathématiques et mathématiques des jeux*, Belin, Paris 1998.
- [7] Di Dio F., *Giochi scientifici nella scuola primaria*, Tesi di Laurea in Scienze della Formazione Primaria, Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Scienze dell'Educazione, Firenze 2007.
- [8] Di Pietro A. (a cura di), *Giochi e giocattoli di una volta*, Carocci, Roma 2007.
- [9] Emmer M., *Bolle di sapone. Un viaggio tra arte, scienza e fantasia*, La Nuova Italia, Firenze 1991.
- [10] Fournier E., *Histoire des jouets et des jeux d'enfants*, Dentu, Paris 1889.
- [11] Franci R. (a cura di), *Alcuino di York. Giochi matematici alla corte di Carlomagno. Problemi per rendere acuta la mente dei giovani*, Edizioni ETS, Pisa 2005.
- [12] Gardner M. *Enigmi e giochi matematici*, vol. 1, Sansoni, Firenze 1967 (ed. or. *Mathematical puzzles, and diversions*, Simon and Shuster Inc., New York 1959).
- [13] Ghersi I., *700 giochi ed esperienze dilettevoli*, Hoepli, Milano 1925 (le edizioni successive curate da L. Valerio portano come titolo *1300 giochi di scienza dilettevole*).
- [14] Lombardo Radice L., *Il giocattolo più grande*, Giunti, Firenze 1979.
- [15] Loyd S., *More mathematical puzzles of Sam Loyd*, a cura di M. Gardner, Dover Pub., New York, 1960 (1914).
- [16] Loyd S., *Passatempi matematici*, a cura di M. Gardner, Sansoni, Firenze 1980 (ed. or. *Mathematical Puzzle of Sam Loyd*, Dover Pub., New York 1959).
- [17] Lucchini E., *Giocattoli e bambini dall'Antichità al 2000*, Casa Editrice Rocco Barabba, Lanciano 2003.
- [18] Nietzsche F., *La gaia scienza*, Barbera, Firenze 2007 (ed. or. *Die fröhliche Wissenschaft*, Schmeltzser, Chemnitz 1882).
- [19] Ozaman J., *Récreations mathématiques et phisiques*, Nouvelle Editions, Paris 1750 (1715)
- [20] Papetti R., *Tintinnabula, giocattolomuseo*, Artebembini, Bologna 2006.

- [21] Rimondi A., *Gaia scienza. I teatri della conoscenza*, Junior, Bergamo 2004.
- [22] Rimondi A., *Gaia scienza. Esplorare sensorialità e percezioni*, Junior, Bergamo 2003.
- [23] Staccioli G., *Il gioco e il giocare*, Carocci, Roma, 2008.
- [24] Sutton Smith B., *Nel paese dei balocchi, i giocattoli come cultura*, La meridiana, Bari 2002 (ed. or. *Toy as Culture*, Gardner Press, New York 1986).
- [25] Tom Tit, *La scienza dilettevole*, Longanesi, Milano 1982 (ed. or. *La Science Amusante*, Librairie Larousse, Paris 1890).

*Gruppo Sperimentale
della Federazione Italiana dei CEMEA⁴*

⁴ Il gruppo che ha redatto questo contributo era composto da Monia Bianchi, Massimo De Micco, Francesca Di Dio, Francesco Donini e Gianfranco Staccioli.





Premio Giulio Preti

Il Premio Giulio Preti: per la promozione del legame fra cultura scientifica e valori democratici

Il Premio Giulio Preti, istituito nel 2007, si inserisce nel quadro delle manifestazioni di *Pianeta Galileo* ed è un riconoscimento conferito annualmente a due studiosi di profilo internazionale, uno di cittadinanza italiana e uno di cittadinanza non italiana, che si siano distinti per l'apporto dato a un più fondato e fecondo dialogo tra scienza e filosofia in funzione di crescita della coscienza civile, coniugando la propria attività di ricerca in un determinato campo del sapere sia con un'ampia e innovativa riflessione sulla scienza, sulla sua storia e sul suo significato filosofico, sia con una nitida capacità comunicativa che ha loro permesso di raggiungere un più vasto pubblico, in modo da promuovere il raccordo dei valori che guidano l'indagine scientifica con i valori che ispirano la democrazia.

La denominazione del Premio intende tributare un omaggio a una delle più alte figure della filosofia italiana del Novecento: Giulio Preti. Nato a Pavia nel 1911 e prematuramente scomparso a Djerba (Tunisia) nel 1972, Giulio Preti è stato una delle menti più lucide, *e al tempo stesso fra quelle meno note al grande pubblico*, della rinascita culturale che si avviò in Italia nel secondo dopoguerra.

Elemento di spicco nel gruppo di giovani intellettuali che a Milano si raccoglievano intorno ad Antonio Banfi, Preti aprì il pensiero filosofico italiano a quell'orizzonte di studi che in Europa e in America, fin dagli inizi del Novecento, andava configurando uno stretto, sistematico ed essenziale, rapporto tra scienza e filosofia. Senza mai confondere il ruolo dell'una con quello dell'altra, come attestano i suoi numerosi lavori di ricerca su temi di logica matematica, storia del pensiero scientifico, metodologia ed epistemologia, Preti giunse ugualmente ad attribuire un peso decisivo, nella sua visione generale non meno che nel concreto dettaglio di molteplici ricerche specifiche, al pensiero scientifico e alla sua analisi filosofica nel processo di formazione di una cultura democratica.

Dal 1956 in poi, Preti insegnò filosofia presso l'Università di Firenze. Il suo magistero, in questa città così come nell'intera regione, ove operano

molti dei suoi allievi di un tempo, non solo non è stato dimenticato ma costituisce ancora oggi un prezioso punto di riferimento: un punto di riferimento per chiunque abbia a cuore lo sviluppo di una chiara coscienza dei rapporti che, idealmente, definiscono la “democraticità” del discorso scientifico e le ragioni della democrazia.

In anni in cui la scienza non era vista come componente imprescindibile della cultura, Preti si adoperò infatti perché si sviluppasse un legame, solido e articolato, fra scientificità e democrazia, nel quadro di una razionalità che superasse sia una riduzione della scienza a tecnologia sia una netta separazione fra i valori della conoscenza e quelli di una società più libera e più equa, che sappia fare un uso razionale delle tecnologie e dia rilievo alla formazione di cittadini educati al ragionamento e aperti a confrontare le proprie idee con l’esperienza.

Le difficoltà che Preti incontrò nel vedere riconosciuta l’importanza del legame tra scienza e democrazia non sono state ancora superate dalla cultura italiana. Per questo motivo, il Premio a lui intitolato assume una valenza non puramente celebrativa e intende piuttosto favorire il riconoscimento dell’opera di studiosi italiani e stranieri che abbiano proposto ipotesi innovative, tuttora oggetto di dibattito, anche su temi tradizionalmente considerati estranei all’ambito scientifico, abbiano contribuito a raccordare la propria ricerca a una consapevolezza filosofica, critica e storica, delle scienze, e abbiano sollecitato una specifica attenzione al valore del sapere – e della sua comunicazione – per lo sviluppo della democrazia.

Il Premio Giulio Preti differisce, dunque, da un premio per l’eccellenza di ricerche svolte in un particolare settore della scienza, e da un premio per la ‘divulgazione scientifica; non è un premio per studi effettuati sul rapporto scienza-società o per studi nell’ambito della storia del pensiero scientifico; né, in ultimo, è un premio di filosofia. È piuttosto un premio che si propone di valorizzare quelle figure in cui si realizza la rara compresenza di queste diverse dimensioni e si realizza con un’efficacia che, oltrepassando i confini del paese d’origine, aiuta anche i non specialisti a comprendere il valore della conoscenza scientifica.

Se nelle future edizioni il Premio Giulio Preti potrà essere assegnato a giovani studiosi invece che a coronamento di una lunga carriera di ricerca, e a studiosi nella cui opera una di tali dimensioni è prominente sulle altre pur presenti, in questa prima edizione si è voluto mettere in risalto la più vasta prospettiva delle motivazioni da cui il Premio trae origine, dando priorità a studiosi già “affermati” che, oltre all’incisività

dei loro contributi volti a far progredire uno specifico ambito della ricerca scientifica, (1) abbiano realizzato una produzione scientifica cospicua e di ampie prospettive culturali, e (2) abbiano manifestato in un lungo arco di tempo quella tanto preziosa capacità comunicativa che permette di raggiungere un più ampio pubblico e al contempo serve di stimolo alla riflessione, fosse pure in forma contrappositiva alla tradizione filosofica, con ciò ugualmente attestando lo stimolo che le loro riflessioni hanno esercitato ed esercitano.

In particolare, per dare il senso di “apertura” di questa iniziativa promossa dal Consiglio regionale della Toscana, nella prima edizione del Premio Giulio Preti si è preferito considerare uno studioso italiano che *non* provenisse dalla nostra regione *né* operasse in uno degli atenei, scuole o centri di ricerca della Toscana.

Rigore dell’argomentazione, chiarezza espositiva, impegno civile e culturale, ampiezza della prospettiva storica, sono state caratteristiche dell’opera di Giulio Preti. La loro coerente integrazione, benché tanto ardua quanto rara la determinazione a conseguirla, trova oggi testimonianza nell’opera di studiosi che, all’estero ma anche in Italia, pur non avendo una formazione filosofica simile a quella di Preti, sono riusciti a coniugare l’eccellenza nel loro specifico campo di studi scientifici con un profondo interesse sia per gli aspetti epistemologici sia per gli aspetti storici del pensiero scientifico, e ci sono riusciti con una capacità divulgativa di alto profilo.

La giuria del Premio “Giulio Preti” è composta dai membri del Comitato Scientifico di *Pianeta Galileo*: Carlo Bernardini, Franco Pacini, Alberto Peruzzi, Paolo Rossi, Gigliola Sbordoni Paoletti. Il Premio si inserisce infatti nell’ambito delle manifestazioni di *Pianeta Galileo*, l’iniziativa per la diffusione della cultura scientifica, promossa dal Consiglio Regionale della Toscana a partire dal 2004 e giunta nel 2007 alla sua quarta edizione.

Motivazione per il conferimento del Premio Giulio Preti (2007) a Enrico Bellone

Enrico Bellone è una delle figure più note e stimate nella cultura scientifica italiana ed è tra i maggiori esperti nel campo degli studi storico-epistemologici in Italia specialmente per quanto riguarda il settore scientifico da cui proviene: la fisica, a partire dal quale ha allargato i suoi interessi anche alla biologia e alle neuroscienze.

Un malvezzo delle scienze contemporanee è quello di vivere strettamente nel presente, concedendo pochissimo all'orizzonte temporale delle idee. Bellone ha il merito di aver introdotto, particolarmente in fisica (ma non solo) quella complessa documentazione che permette di capire qual è l'evoluzione di una scienza così ricca di idee; documentazione che non chiameremo semplicemente "storica" perché, nella rivisitazione che Bellone ne ha fatto, acquista tutti i caratteri di una fondazione epistemologica che spesso la ricerca, nella sua accelerata produzione, accantona o emargina. Grazie al lavoro di Bellone, la scienza, in tutti i suoi aspetti, acquista quel senso di sapere universale che apre le porte a ogni sviluppo futuro di una società democratica.

Bellone ha anche indagato con acutezza e intelligenza sulle vicende dell'evoluzione culturale in Italia, mettendo a nudo conflitti che hanno certamente nociuto a un inserimento della cultura razionale nelle tradizioni degli intellettuali. Il suo libro *La scienza negata*, pubblicato nel 2004, è una analisi accorata della dominanza del sapere retorico instaurato da una opinione neoidealista diffusa in Italia sin dagli inizi del Novecento.

Poche sono state le voci che hanno contrastato la tendenza che, senza esagerare, possiamo chiamare "fondamentalista", sostenuta soprattutto da Benedetto Croce e Giovanni Gentile. Tra queste, la voce di Giulio Preti è stata certamente la più chiara e diretta; e, ora, quella di Bellone la raccoglie nel più competente dei modi.

Bellone è anche direttore dell'edizione italiana, *Le Scienze*, del noto periodico internazionale *Scientific American*. Ne ha ereditato la direzione dal compianto Felice Ippolito, uno dei promotori dello sviluppo scientifico in Italia, a dispetto della viscosità della politica; e, su *Le Scienze*, Bellone non manca di analizzare lo stato e il significato

del pensiero scientifico contemporaneo, ma è noto alla comunità internazionale soprattutto per la perspicuità delle sue indagini di storia della scienza e i suoi contributi alla riflessione storico-epistemologica.

Nato nel 1938, Enrico Bellone si è laureato in Fisica nel 1962 presso l'Università di Genova, e tra il 1963 ed il 1966 è stato ricercatore nel CNR, settore biofisica. Tra il 1967 e il 1970 ha usufruito di una borsa di studio presso la Domus Galilaeana di Pisa. Ordinario di Storia della scienza nel 1980, ha insegnato negli atenei di Lecce, Genova, Padova ("Cattedra Galileiana" di Storia della Scienza) e, dal 2001, di Milano.

Le ricerche condotte da Bellone su Galileo hanno trovato nitida esposizione in più opere, di cui segnaliamo *Il mondo di carta. Ricerche sulla seconda rivoluzione scientifica* (1976) e *Il sogno di Galileo. Oggetti e immagini della ragione* (1980), culminato in *Galileo. Le opere e i giorni di una mente inquieta*, che ha già visto la traduzione in francese e in tedesco. Nel 1988 ha collaborato alla *Storia della scienza moderna e contemporanea* diretta da Paolo Rossi. Una ancora più vasta indagine che copre l'intero arco della storia della scienza è quella realizzata da Bellone in *Caos e armonia* (1990 – 2004). Oltre che come storico della scienza, Bellone ha proposto una epistemologia ispirata a un modello naturalistico (dal *Saggio naturalistico sulla conoscenza*, del 1992, al recente *L'origine delle teorie*, del 2006).

Bellone ha legato il suo nome anche ad alcune delle più rilevanti opere editoriali in ambito storico-scientifico apparse in lingua italiana: ha infatti curato l'edizione italiana delle *Opere* di Kelvin e delle *Opere scelte* di Einstein, e, insieme a Corrado Mangione, ha realizzato i due ultimi volumi di aggiornamento della *Storia del pensiero filosofico e scientifico*, i cui primi sette volumi erano apparsi sotto la direzione di Ludovico Geymonat dal 1970 al 1976; ha diretto l'enciclopedia in 17 volumi *La Scienza* (2005).

Dopo aver assunto nel 1996 la direzione della rivista *Le Scienze*, incarico che ancora ricopre, dal 2003 Bellone è anche direttore della rivista *Mente & Cervello*. Accanto ai molteplici, appassionati quanto preoccupati, interventi, in qualità di direttore di queste riviste, sullo stato attuale della cultura scientifica (e non solo) in Italia, il suo già ricordato pamphlet del 2005, *La scienza negata. Il caso italiano*, ha sollecitato una radicale riflessione sulle lacune e sugli attriti che continuano a impedire alla cultura italiana di contribuire in modo più sostanziale al dibattito che si svolge sul piano internazionale.

Per questi motivi, sinteticamente espressi, il comitato scientifico di Pianeta Galileo è stato unanime nell'attribuire a Enrico Bellone il Premio Giulio Preti per l'anno 2007.

Motivazione per il conferimento del Premio Giulio Preti (2007) a George Lakoff

George Lakoff, professore all'Università di Berkeley in California e Senior Fellow dell'Istituto Rockridge, è uno dei maggiori linguisti del nostro tempo ed è anche uno dei maggiori intellettuali statunitensi.

Lakoff ha dato contributi innovativi e fondamentali allo studio della metafora, non più intesa come figura retorica ma quale basilare processo cognitivo. Proprio partendo dalla riflessione sul linguaggio, Lakoff è intervenuto nel dibattito etico-politico americano, indagando i modelli di pensiero che sottostanno alle strategie comunicative dei democratici e dei repubblicani, e ha elaborato un modello di "politica morale".

La sua ricerca teorica spazia dall'ambito della grammatica cognitiva, di cui è riconosciuto come uno dei principali ideatori, all'ambito dell'antropologia linguistica; ha compiuto indagini pionieristiche sulle basi cognitive della matematica così come indagini sulla correlazione fra schemi semantici e proprietà funzionali di specifiche strutture della corteccia cerebrale, in particolare mettendo in evidenza il ruolo dei neuroni-specchio scoperti da Giacomo Rizzolatti; ha lanciato, insieme a Jerome Feldman, il progetto di una "teoria neurale del linguaggio", che oggi coinvolge un vasto gruppo di neuroscienziati, linguisti, bioinformatici e studiosi di intelligenza artificiale presso l'International Computer Science Institute, affiliato all'Università della California a Berkeley.

I risultati delle ricerche condotte nell'ambito della linguistica cognitiva hanno portato George Lakoff a essere riconosciuto come punto di riferimento per quell'area di studi in cui linguistica, psicologia cognitiva e neuroscienze si interfacciano. Oltre che in italiano, i suoi libri sono stati tradotti in numerose lingue. Della sua bibliografia basti qui ricordare tre delle opere maggiori. Sono tre testi che hanno avuto ampia diffusione e sono diventati oggetto di discussione in tutto il mondo: il primo è una pietra miliare della linguistica cognitiva ed è ormai un "classico": *Metaphors we live by* del 1980, scritto con Mark Johnson; il secondo è la raccolta di indagini di antropologia linguistico-

cognitiva documentate in *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind*, del 1987; il terzo è *Philosophy in the Flesh*, anch'esso scritto con Mark Johnson, del 1999, in cui il radicamento corporeo (*embodiment*) della cognizione - tema centrale della ricerca di Lakoff - gli ha permesso di individuare nei principali modelli della razionalità, della mente e del linguaggio, avanzati nel corso della storia, le rispettive metafore guida come modelli tipicamente difformi dal riconoscimento della corporeità umana. Per questo motivo, le idee di Lakoff rappresentano una svolta nel modo di intendere e di usare i nostri più comuni modelli di pensiero.

Alle specifiche ricerche in campo linguistico Gorge Lakoff ha unito una spiccata sensibilità filosofica per i problemi relativi al rapporto fra natura e cultura. Questa sensibilità ha improntato anche il modo in cui Lakoff applica, in maniera originale, i risultati conseguiti dalla linguistica cognitiva all'ambito dell'etica e del linguaggio politico. I suoi lavori sono in tal modo diventati il punto di riferimento per la tesi di una "mente incorporata" - incorporata attraverso schemi d'immagine e d'azione.

Si tratta di una tesi che è in contrasto con tutti i modelli della cognizione che suppongono la separabilità fra software e hardware, l'autonomia dei processi di elaborazione dell'informazione dal supporto materiale, l'indipendenza degli studi sulla cognizione di alto livello dagli studi sul cervello, ma ancor prima è in contrasto con un'idea che ha attraversato la storia del pensiero scientifico e filosofico occidentale fin dalle sue origini, cioè, l'idea di una ragione incorporata. Al riguardo, il titolo stesso di *Philosophy in the Flesh* è emblematico in relazione a Preti, perché ricorda il titolo di un saggio di Preti: *In principio era la carne* (pubblicato postumo, ma composto nel 1963-64).

A Preti unisce Lakoff anche il fatto di aver coltivato, accanto all'impegno scientifico e filosofico, una costante attenzione al linguaggio dell'etica e della politica (come testimonia il suo *Moral Politics* del 1996 e il recente saggio di aperto impegno civile *Non pensare all'elefante*, del 2006).

La complessità dei temi trattati dalla linguistica cognitiva, di cui Lakoff è figura di primo piano nel mondo, e in particolare dei temi relativi alla cognizione matematica, non ha impedito a Lakoff di esprimersi in una prosa cristallina, senza alcun gratuito tecnicismo ma anche senza venir meno a un solido impianto argomentativo, consentendo tanto a studiosi di altre aree disciplinari quanto al più vasto pubblico di comprendere le questioni trattate, di coglierne la

portata filosofica, e infine di apprezzarne le implicazioni per una più autentica democrazia. La democraticità del sapere che si riflette in un sapere per la democrazia: un tema fondamentale anche per Preti.

Per questi motivi, sinteticamente espressi, il comitato scientifico di Pianeta Galileo è stato unanime nell'attribuire a George Lakoff il Premio Giulio Preti per l'anno 2007.

Scienza e democrazia*

Qual è, oggi in Italia, il rapporto tra scienza, filosofia e potere? E, più in particolare, come intendere, oggi in Italia, il rapporto tra scienza e democrazia? La mia insistenza sull'oggi non è casuale. Si tratta infatti di cogliere una rete di correlazioni tra ciò che oggi vediamo in quel rapporto, e ciò che invece se ne sta nel passato. Ritengo che la rete esista e sia documentabile, e che la sua stessa architettura ci sia di lezione per le scelte – politiche e filosofiche - che comunque la crescita forte della scienza odierna ci impone di fare.

Di quella rete già parlavano le pagine che Paolo Rossi aveva raccolto nel suo saggio su "I filosofi e le macchine". Tra il 1400 e il 1700 nella cultura europea si fece strada, come quel libro ci insegna, una nuova visione del sapere tecnico e della stessa conoscenza di base. Le arti meccaniche furono difese da chi invece le valutava come indegne e puramente servili, e, nello stesso tempo, forti critiche si sollevarono "contro ogni forma di sapienza occulta e segreta, contro l'antichissima concezione sacerdotale del sapere". E, scriveva Paolo Rossi, in quei decenni "gli scrittori di cose tecniche e i filosofi naturali insistono concordemente su un punto: il sapere ha carattere pubblico e collaborativo, si presenta come una serie di contributi individuali, organizzati nella forma di un discorso sistematico, offerti in vista di un successo generale che dev'essere patrimonio di tutti gli uomini".

Carattere pubblico e non sapienziale, patrimonio dell'umanità: con la doppia clausola secondo cui la libertà di ricerca va salvata, e ogni argomento deve sottostare alle pubbliche verifiche sul terreno dell'esperienza e della dimostrazione.

La ripresa rinascimentale del tema della tecnica e della conoscenza come patrimonio pubblico ci consente di rileggere lo stesso Galileo senza appiattirne l'opera come mera svolta metodologica. Galileo non ha mai scritto un trattato sul metodo, ma ci appartiene come fisico e come astronomo. È infatti Simplicio che nel *Dialogo* vanamente rivendica l'egemonia di una filosofia prima che si curerebbe degli

* Testo del discorso tenuto a Firenze il 24 novembre 2007, nella Sala Gonfalone del Consiglio regionale della Toscana, in occasione della consegna del Premio Giulio Preti.

universali, lasciando poi i dettagli e i tritumi ai vili meccanici e ai matematici. Ed è nell'apertura dei *Discorsi e dimostrazioni matematiche* che Galileo celebra l'arsenale di Venezia come luogo alto del filosofare.

Ci resta la copia del *Dialogo* dove Galilei, dopo la condanna, annota con cura osservazioni varie. In un punto egli riflette con amarezza, e con lucidità, su chi gli ha chiuso la bocca. E scrive che le novità dovute alla scienza sono "potenti a rovinare le repubbliche e sovvertire gli stati". Dal che discende, a suo avviso, la rivolta di chi è insediato ai vertici del potere e vede un pericolo in questa potenza del sapere innovatore. Una rivolta che porta costoro a proclamarsi "giudici sopra gl'intelligenti", ed a piegare questi ultimi gettandoli nella rovina. Un conflitto, questo, di cui era stato ben consapevole l'ambasciatore a Roma della famiglia Medici in vista del processo a Galilei, nello scrivere che "qui non è paese da venire a disputare della luna".

In gioco era infatti non l'astronomia, ma la necessità politica di fermare le pretese conoscitive e pratiche di coloro che seminavano innovazioni e quindi incrinavano quell'orizzonte di certezze che molti intellettuali garantivano sostenendo che nulla di interessante restava ancora da scoprire, poiché la natura aveva parlato con la bocca di Aristotele e la divinità s'era espressa con i testi sacri. Certo, restavano con Simplicio "certe sottigliezze e certi tritumi, che son poi più tosto curiosità", e che potevano quindi essere lasciate ai vili meccanici e ai matematici. Purché le verità ormai consolidate non fossero passibili di critica.

Come non ricordare, allora, che nei primi anni del Novecento il tema di Simplicio riemerge nella vittoria di Benedetto Croce su Federigo Enriques, là dove il filosofo rivendica alle menti profonde il merito di coltivare la filosofia, e concede invece, a quelli che egli definisce "ingegni minuti", di interessarsi di botanica e aritmetica. Vinse così, in Italia, l'idea che la scienza e la tecnica non fossero forme della cultura. Nell'Italia del primo Novecento, insomma, il processo a Galilei è ancora in atto. Anzi, si amplia, passando dalla scienza dei corpi celesti a quella dei corpi viventi. È ancora Croce a scrivere che dovremmo provare un senso di vergogna nel leggere Darwin.

E poi, attorno alla metà del secolo, non erano molti gli intellettuali disposti ad ascoltare Antonio Banfi, quando sottolineava come nel nostro paese fosse ormai egemone "lo schema di una cultura in cui la natura s'evaporasse e alla scienza fossero affidati i bassi servizi pratici". Quel Banfi che non esitava ad impiegare toni ruvidi:

La pigrizia tradizionalistica dei letterati – che sono tra noi la maggioranza delle persone colte – se ne rallegrò e se ne rallegrarono anche i filosofi ch'ebbero in mano lo specchio semplice di una verità a buon mercato ed edificante. E

gli scienziati tacquero, un po' per indifferenza, un po' per disprezzo, molto per ignoranza del problema, che pur li toccava da vicino. E quei pochi che parlarono furono fatti tacere col facile metodo della ciarlataneria filosofica.

La lezione di Banfi la si ritrova nei capitoli di *Praxis ed empirismo*. È Giulio Preti, infatti, a scrivere che gli occhi dei reazionari si sono aperti "sul pericolo rappresentato dallo spirito scientifico nella cultura":

Di qui l'opera, favorita dallo stesso progressivo specializzarsi e tecnicizzarsi delle ricerche scientifiche, di *segregazione* delle scienze dalla cultura, limitandole a meri fatti tecnici, strumentali, senza significato spirituale... Si viene a stabilire una *vera* cultura, essenzialmente *sacra* (si tratti della sacertà del divino o della sacertà della coscienza individuale, o di entrambi fusi e confusi insieme) di fronte a una tecnica scientifica che in ultima analisi non è neppure cultura, ma semplice capacità operativa per fini pratici, contingenti e materiali – quindi *profani*.

Ed è Preti che, mentre ci invita a respingere la dicotomia tra il "sacro" e il "profano", auspica di realizzare una cultura *pubblica*, e cioè "aperta a tutti, non iniziatica o semiiniziatica". Pubblica e soprattutto democratica, perché:

Altrimenti ... verrebbero distrutte la libertà e l'uguaglianza, alcuni uomini sarebbero essi soli veramente liberi e uguali tra di loro, gli altri sarebbero schiavi, disuguali ai liberi e tra loro uguali soltanto nella servitù.

Oggi, nel nostro paese, una cultura libera e democratica dovrebbe coltivare un rapporto positivo con la scienza, che già democratica è per gli statuti suoi, ovvero per il consenso della comunità scientifica a risolvere pubblicamente le proprie controversie facendo pubblico appello non agli dei o allo stato o a qualche possessore di verità prime ed ultime, ma al laboratorio e alla dimostrazione, secondo regole condivise, con la forza di quell'etica della conoscenza che stava al cuore del libro che Jacques Monod aveva intitolato *Il caso e la necessità*, e con l'eredità rinascimentale che vedeva e vede, nella fusione tra i saperi pubblici sulla natura e le pratiche tecniche, una cultura vera, ma antitetica a quella sapienziale.

Il rapporto positivo tra scienza e democrazia, come ogni rapporto tra il sapere e il potere, ha tuttavia bisogno, per concretizzarsi, di eliminare il muro di parole che ancora separa la cultura cosiddetta *vera* dal mondo in evoluzione delle tecniche e dei saperi sui fenomeni naturali. Quel muro è invece ancora solido e alto. In parte lo è per la diffusione di motivi idealistici, come quelli di Croce, secondo il quale le scienze stesse avevano ormai "ceduto alla filosofia il privilegio della verità", confessando che "i loro concetti sono concetti di comodo e di

pratica utilità, che non hanno niente da vedere con la meditazione del vero". Ma non dovremmo oggi scaricare troppo peso su Croce. Siamo infatti entro la cornice di una cultura diffusa che non tanto a Croce si rifà, ma alle forme più infantili e roboanti di una ampia saggistica che negli anni Sessanta e Settanta riprese e popolarizzò certi atteggiamenti tradizionali contro l'illuminismo, la razionalità e la libertà di ricerca sulla natura. Intellettuali che non sapevano distinguere un'equazione differenziale da un cocomero discettavano con arroganza sull'essenza stessa della matematica, vedendo in quell'essenza la radice ultima dell'alienazione umana e dello sfruttamento dei popoli.

Nasceva così, con rivoluzionario clamore, la retorica della scienza serva del capitale, della scienza che non è neutrale rispetto alla società e che pertanto deve alla società rendere conto di se stessa. Non addebitiamo a Croce, insomma, anche il sogno di una crisi della scienza, crisi che si paleserebbe nella scoperta che il sapere sulla natura non è neutrale rispetto alle società storicamente date, e va quindi indirizzato a soddisfare i bisogni delle classi emergenti. Su questo terreno i rivoluzionari alla Marcuse erano stati preceduti da chi, prima della seconda guerra mondiale, aveva già sancito con parole ferme e chiare la non neutralità della scienza, ed aveva scritto quanto segue:

Quella che viene chiamata "crisi della scienza" non è altro che il fatto che quei signori [gli scienziati] si sono accorti da soli che con la loro obiettività e autonomia erano andati fuori strada. La semplice domanda che precede ogni impresa scientifica è: chi è che vuole sapere qualche cosa, chi vuole orientarsi nel mondo che lo circonda? Segue necessariamente che ci può essere soltanto la scienza di un certo tipo di umanità, e di un'età particolare.

L'autore di questo brano esemplare si chiamava Hitler; ed aveva allora chiaramente ragione Preti quando sottolineava che erano stati gli occhi dei reazionari a scorgere il pericolo insito nell'ingresso dello spirito scientifico nella cultura. La negazione di libertà e dignità culturale alla scienza e alla tecnica era infatti parallela alla negazione degli statuti della democrazia, ma comportava anche il declino delle nazioni dove quelle negazioni avevano vinto, e la più lenta deriva delle società che, come la nostra, avevano coltivato miscele di sospetto e di indifferenza verso l'evoluzione scientifica.

Nell'anno 1973 le miscele cui ho ora fatto cenno erano state chiaramente denunciate in un convegno i cui atti andavano in stampa da Feltrinelli sotto il titolo *Scienze e potere*. Erano ormai disponibili i dati sulle patologie del nostro sistema educativo nazionale, che spingevano Giuliano Toraldo di Francia a dire che ormai "l'Italia è un paese in via di sottosviluppo", e che la causa di tale declino stava nel fatto che "la

paura della scienza è ormai un dato culturale spontaneo, insito in certe nostre classi dominanti. La scienza è nemica e dev'essere emarginata". L'analisi dello stato di cose, agli inizi degli anni Settanta, era in ampia parte condiviso da Giovanni Galloni e da Giorgio Napolitano. Il primo sottolineava il divario, già ampio ma crescente, tra il nostro livello scientifico e quello dei maggiori paesi del mondo. Ricordava che le responsabilità erano egualmente distribuite tra forze politiche di maggioranza e di opposizione, e che il futuro dell'Italia era a rischio anche sul piano della democrazia. E Giorgio Napolitano parlava di un paese che s'era messo in un vicolo cieco.

Eppure, in quel convegno, altre voci s'erano levate, ed avrebbero vinto. Voci che parlavano di una scienza generata dal potere capitalistico, e che dunque riproponevano la tesi della scienza nemica: "Il potere del capitale l'ha creata e cresciuta per affermare la sua pretesa di soggettivare sé stesso oggettivando il lavoro, di imporre il suo discorso espropriandone l'uomo".

Un'immagine negativa della scienza e della tecnica, questa. Che si irrobustiva investendo la stessa struttura universitaria, descritta non come fonte di libera ricerca, ma come luogo di riproduzione dell'ideologia borghese. E, quindi, non libera, ma vincolata comunque dal potere, quale che esso fosse. E, soprattutto, intesa come estranea alla cultura vera e propria, per la quale era d'obbligo garantire quella libertà d'espressione che doveva invece essere negata al mondo della conoscenza scientifica, concepita come espropriazione dell'umano.

Le voci che così si esprimevano erano indubbiamente di matrice laica, anche se, nella concezione di una scienza contraria all'umano, quelle stesse voci finivano per confluire sugli argomenti che da matrici non laiche erano stati esposti per sottoporre a controlli di potere quei filoni di ricerca che avrebbero avuto il potere di offendere lo spirito e di generare non uomini, ma barbari. Basti ricordare che già negli anni Trenta un intellettuale come Bernanos aveva sostenuto, con forza, che la scienza "asservisce" la maggioranza degli esseri umani, e che "l'aristocrazia politecnica, alla quale infine saranno affidati i destini del nostro minuscolo universo, apparirà ben presto per quello che realmente è, la più inumana di tutte". Nulla di nuovo, insomma. Se non che, mentre in altre nazioni le forme della politica incentivavano i parametri della società della conoscenza, qui da noi si estendeva, con modalità politiche trasversali, il consenso attorno alla nozione di una scienza che non era cultura ma foriera di rischi e pericoli.

Sul finire del Novecento l'editore Laterza pubblicava una raccolta di saggi coordinata dal CNR. Antonio Ruberti, che era stato rettore alla Sapienza di Roma, ministro della repubblica e commissario dell'Unione Europea, esponeva in tono sobrio ma fermo il declino del nostro

paese. A suo avviso la discesa italiana aveva due radici. L'una stava nel convincimento diffuso tra i cittadini che esistesse una differenza radicale tra le scienze umane e le scienze della natura. Solo le prime erano viste come cultura nel senso pieno del termine, e diventava così difficile costruire il pubblico consenso per potenziare le seconde. L'altra radice stava nella classe politica, nei cui rappresentanti si rifletteva quella differenza radicale.

Non c'è dunque spazio per forme odierne di sorpresa, quando constatiamo, con Luciano Gallino, che la struttura industriale del paese sta approdando al nanismo, e vediamo, con Carlo Bernardini, un deprimente stato italiano di denutrizione scientifica, o ci accorgiamo, con Tullio De Mauro, della presenza del pressapochismo nelle stesse scienze umane. Nell'ultimo mezzo secolo si è spesso fatto uso, per rappresentare questa situazione, della metafora della galleria buia in fondo alla quale si intravedeva però una lucina, ch'era il simbolo (o la speranza) dell'uscita e della rinascita. Avendo tuttavia presenti le attuali argomentazioni di parte laica e di parte religiosa contro l'evoluzionismo e contro i programmi di ricerca sulle frontiere della biologia, è assai difficile perseverare nella metafora della galleria. Forse è più aderente alla realtà la metafora, che già ho ricordato poc'anzi, del vicolo cieco. Con l'aggiunta di un particolare, che è questo. Per decenni il potere e vasti settori di intellettuali hanno tranquillamente camminato in un vicolo illuminato bene, in fondo al quale bene era visibile la muraglia finale. Ora a quest'ultima siamo tutti insieme arrivati, e sarà duro il compito di abbatterla, ricostruendo quei rapporti positivi tra scienza, filosofia e politica che già erano stati tracciati dal pensiero e dalle opere di Giulio Preti.

Enrico Bellone

Università Statale di Milano

*La saggezza di Giulio Preti: perché il cervello, la mente e il linguaggio contano per la democrazia**

Giulio Preti coglieva nel segno osservando che la comprensione del linguaggio è un prerequisito della democrazia. Sono particolarmente orgoglioso di ricevere questo premio a lui intitolato.

Il premio, in realtà, dovrebbe essere collettivo, andando alle centinaia di scienziati e di studiosi che nel corso degli ultimi tre o quattro decenni ci hanno fornito una comprensione profonda della mente e del cervello, tanto da consentirci di formulare una teoria del linguaggio la cui solidità a sua volta ci consente di difendere la democrazia contro coloro che la metterebbero volentieri da parte.

In Italia, questo non è un tema da mera speculazione filosofica o da ricerca in una torre d'avorio. È un tema della massima importanza. Un uguale pericolo per la democrazia minaccia gli Stati Uniti, ove i guardiani della democrazia – i progressisti – continuano a cadere nelle trappole dei conservatori. E questo non in virtù della suprema brillantezza dei conservatori, anche se tutt'altro che sciocchi, ma in virtù del fatto che i progressisti cadono in trappola per conto proprio. L'ironia è che l'origine della loro debolezza risiede nella storia apocrifa della stessa democrazia americana.

La democrazia americana è nata dai valori politici dell'illuminismo. Grandi valori – i diritti umani come li affermò Jefferson: vita, libertà e ricerca della felicità; idee di progresso come libertà, uguaglianza, equità, senso della comunità, garanzia di un'opportunità nella vita, e responsabilità sotto la forma dell'apertura e dell'onestà del governo – di un governo di cui possiamo fidarci.

I valori illuministici erano quelli giusti. Ma la filosofia illuministica riguardo alla sorgente di quei valori era una falsa filosofia: era l'affermazione che il fondamento della democrazia risiede nella

* Testo del discorso tenuto a Firenze il 24 novembre 2007, nella Sala Gonfalone del Consiglio regionale della Toscana, in occasione della consegna del Premio Giulio Preti.

Ragione Illuministica. I filosofi dell'illuminismo, seguendo Cartesio, intendevano nel modo sbagliato la ragione. Il loro argomento era che, siccome potremmo ragionare per conto nostro, potremmo pure governarci per conto nostro; non c'era bisogno che ci venisse detto come pensare.

Poiché la ragione era vista come universale, la capacità dell'autogoverno avrebbe dovuto applicarsi a chiunque senza distinzioni, ciò implicando uguaglianza politica; e poiché la ragione era intesa avere la primaria funzione di servire i propri personali interessi, diventava irrazionale andare contro i propri interessi. Perciò si rappresentava la democrazia come fondata su un interesse personale razionale.

In America, questa mitologia filosofica arrivò insieme all'idea che Adam Smith aveva del libero mercato: se ognuno persegue razionalmente il proprio profitto, allora il profitto di tutti sarebbe stato massimizzato ... dalla Mano Invisibile. Adam Smith pubblicò *La ricchezza delle nazioni* nel 1776, proprio mentre Jefferson stava scrivendo la Dichiarazione d'Indipendenza. Il ruolo della razionalità nella democrazia fu pensato nella stessa ottica: se ognuno persegue razionalmente i suoi personali interessi politici nel mercato delle idee, allora ne verrà fuori il miglior governo per tutti quanti. La struttura razionale del libero mercato e del libero governo democratico furono presi come fossero la stessa cosa. Secondo il mito, democrazia e capitalismo hanno la stessa logica, anche se c'è qualche qualche piccola differenza d'ambito.

Oggi sappiamo che questo era storicamente falso. Lynn Hunt, uno storico dell'Università della California a Los Angeles, ha mostrato in un suo recente libro intitolato *Inventing Human Rights* che, malgrado Cartesio e i filosofi, l'idea dei diritti umani, così come si diffuse in Francia, in Inghilterra e in America, non prese piede immediatamente. Ci volle quasi un secolo e – nel decennio 1750-1760 – la spinta principale divenne non più la ragione ma l'empatia. Fu attraverso la cultura popolare – con dipinti, romanzi e racconti – che l'empatia verso le persone più sfortunate prese piede e consentì all'idea dei diritti umani di fiorire. L'empatia, e non il razionale interesse personale, era la base della democrazia.

Questo si accorda con ciò che le neuroscienze e le scienze cognitive hanno scoperto: l'empatia, non il razionale interesse personale dell'illuminismo, è la base della politica democratica, così come è la base del pensiero rivolto al progresso. In effetti, ogni aspetto della teoria illuministica della ragione è sbagliato.

Eppure, in America, i progressisti continuano a crederci e fra loro ci sono intellettuali, studiosi di scienze sociali, giornalisti, analisti politici e legislatori: tutti ancora intrappolati nell'idea che la ragione è conscia, logica, letterale, universale, non-emozionale, incorporea, fondata sull'interesse. Per giunta, si crede comunemente che le parole possano direttamente corrispondere al mondo, e che le grandi parole, quali libertà, uguaglianza, equità, responsabilità, abbiano significati semplici e universali. Anche qualcuno dell'acutezza di George Orwell ha creduto che, se solo "facessimo sì che il significato si scegliesse la sua espressione", se solo dicessimo come stanno le cose in una prosa chiara, la propaganda sarebbe impossibile. In America, i *leader* dei Democratici pensano ancora che se solo diciamo alla gente la verità, indicando i fatti e chi ha fatto cosa, le persone arriveranno da sé, con la ragione, alle dovute conseguenze. Questo modo di pensare è scientificamente falso ed anche pericolosamente ingenuo.

Gli intellettuali sono sicuri di conoscere la propria mente, benché si rendano conto di non conoscere il proprio cervello. Ma il pensiero è fatto dal cervello; e quel che abbiamo imparato sul cervello incrina la loro sicurezza sulla propria mente. Neuroscienze e scienze cognitive ci rivelano un quadro più interessante di quello che la maggior parte degli intellettuali progressisti saprebbe immaginare.

Probabilmente, il 98% del nostro ragionare è *inconscio* – e corrisponde a quel che il nostro cervello fa dietro le quinte. La ragione è intrinsecamente emozionale. Non possiamo neppure scegliere uno scopo, e ancor meno fare un piano d'azione e metterlo in pratica, senza in qualche modo considerare se ci soddisferà, invece di disgustarci. La paura e l'ansia finiscono sempre per influenzare i nostri piani e le nostre azioni: se privi di speranza e di gioia, agiamo in modo diverso e facciamo piani diversi rispetto a quando siamo liberi dalla paura e dall'ansia.

Il pensiero è fisico. L'apprendimento richiede cambiamenti fisici nel cervello – i recettori per i neurotrasmettitori modificano le sinapsi, con conseguenti cambiamenti nei circuiti neurali. Poiché "pensare" è l'attivarsi di questi circuiti, un "pensare" che sia, in qualche modo, diverso, richiede un cervello che sia cambiato in qualche modo. I nostri cervelli si modificano via via che li usiamo – anche inconsciamente. È come se la nostra auto si modificasse via via che la guidiamo, passando per esempio da un cambio tradizionale a uno automatico.

Il pensiero è fisico anche in un altro senso: fa uso del sistema sensomotorio del cervello. Per immaginare di muoversi si sfruttano

le stesse aree cerebrali che per muoversi; per immaginare di vedere si usano le stesse aree cerebrali che per vedere; e anche il ragionamento da *A* a *B* è l'attivazione neurale della simulazione mentale di *B*, data la simulazione mentale di *A*. La simulazione mentale, come la maggior parte del pensiero, è per lo più inconscia.

In gran parte il pensiero è strutturato in termini di modelli a *frame*, ovvero, in termini di strutture che controllano la simulazione mentale e quindi il ragionamento.

Pensiamo metaforicamente, forse la maggior parte del tempo, per il solo fatto di impiegare il proprio corpo da bambini, e così apprendiamo centinaia di semplici "metafore concettuali": metafore con le quali pensiamo e delle quali viviamo. Per esempio, la Quantità è compresa in termini di Verticalità (PIÙ È SU); e le parole seguono: *i prezzi salgono e scendono, si tocca il cielo con un dito e si tocca il fondo*. Perché? Perché ogni giorno della nostra vita, se versiamo dell'acqua in un bicchiere, il suo livello cresce. Sperimentiamo così una correlazione tra la Quantità e la Verticalità. Nei nostri cervelli le aree per registrare la Verticalità e la Quantità si attivano insieme nel corso di queste esperienze. Quale risultato, l'attivazione si diffonde, si formano i circuiti che collegano la Verticalità alla Quantità e questi circuiti instaurano nel nostro cervello la metafora PIÙ È SU. Come un bambino cresce, il suo cervello acquista centinaia di analoghe metafore concettuali "primarie" che sono lì pronte a essere usate nel pensiero quotidiano.

Ci formiamo visioni del mondo, di carattere morale e di alto livello, come modi di ragionare intorno a ciò che è giusto e ciò che è sbagliato, e queste visioni del mondo governano intere aree della ragione, in forma conscia o inconscia, andando a costituire vaste reti di modelli a *frame* e reti di metafore.

I modelli narrativi di una cultura sono casi speciali proprio di questi *frame*, si articolano nel tempo e individuano protagonisti e antagonisti – gli eroi, le vittime e i cattivi –, definiscono il giusto e l'ingiusto e sono accompagnati da un contenuto emotivo. E la cosa più importante è che tutti noi *viviamo* questi modelli culturali, con la loro forte carica emotiva e con la sensibilità morale che veicolano. Definiamo la nostra stessa identità per mezzo dei modelli narrativi con i quali viviamo.

Ora, che cosa sono le parole? Le parole sono collegamenti neurali tra espressioni (parlate o scritte) e *frame*, metafore, schemi narrativi. Quando sentiamo delle parole, non solo si attivano i *frame* e le metafore direttamente associate, ma si attiva anche il complesso delle nostre più generali idee sul mondo, con i relativi modelli narrativi e con le emozioni

che li accompagnano. Inoltre, le parole non si limitano ad attivare significati neutrali; il loro contenuto è spesso definito relativamente a un quadro di riferimento conservatore.

In politica, le più importanti delle nostre parole – libertà, uguaglianza, equità, emancipazione, sicurezza, responsabilità – danno un nome a “concetti controversi”, concetti con un nocciolo comune condiviso che resta non specificato ed è poi esteso a molti casi facendo leva sui nostri personali valori. Così succede che la “libertà” dei conservatori finisca per essere profondamente diversa dalla “libertà” dei progressisti, come ho mostrato nei dettagli in un saggio dal titolo *Whose Freedom (La libertà di chi)*. Liberali come Paul Starr, in *Freedom's Power (Il potere della libertà)*, fanno inconsciamente uso della loro personale versione della libertà, quasi fosse l'unica. Se non si capisce la “libertà” cui si riferiscono i conservatori e non se ne coglie la natura problematica, si finisce per indebolire il punto cui si vuole arrivare.

Ci sono alcune parole nel linguaggio politico che sono capaci di attivare ampie parti del cervello: la *guerra al terrorismo*, la *riduzione delle tasse*, l'*immigrazione clandestina*, la *titolazione (entitlement – una parola creata da Ronald Reagan)*, la *tassa sui defunti*, i *diritti di proprietà*, l'*aborto su richiesta*, il *ritiro delle truppe* (inteso come *darsela a gambe*), la *garanzia di scegliere la scuola per i figli*, il *disegno intelligente*, i *programmi di spesa*, il *sovraccarico d'energia*, la *diffusione della libertà*, il *profitto privato*, la *responsabilità personale*, l'*autonomia energetica*. Quando queste espressioni sono ripetute un giorno dopo l'altro, estese aree del cervello sono attivate sempre di più; questo porta a cambiamenti nel cervello stesso. E sono cambiamenti non azzerabili: una volta appresa, la nuova struttura neurale non potrà esser cancellata: “Basta con la *guerra al terrorismo!*” non funziona. Ogni volta che le stesse parole sono ripetute, tutti i *frame*, le metafore e le strutture di fondo della nostra visione del mondo sono attivate di nuovo e si rafforzano, perché un'attivazione ricorrente rafforza le connessioni neurali. Limitarsi a dire basta... non basta. “Io sono contro la guerra la terrorismo” non fa altro che attivare di nuovo la metafora della *guerra al terrorismo* e così rafforza ciò contro cui ci si vorrebbe dichiarare. Accettare il linguaggio in cui una questione è posta e argomentare opponendosi alla controparte non fa che danneggiare la propria causa.

Possiamo contrastare un simile processo cerebrale, che porta a rafforzare una data idea? Ci sono due possibili strategie.

La prima è che possiamo tentare di attaccare l'idea come sciocca, immorale, stupida e così via, inducendo un bel po' di persone

a dire la stessa cosa per un lungo periodo di tempo. È quello che i conservatori hanno fatto con la parola “liberale” a partire dagli anni Sessanta, quando la maggior parte delle persone voleva essere *liberale*. Espressioni come *sistema liberale di tassazione e di spesa*, *élite liberale*, *mezzi di comunicazione liberali*, *liberali in auto blu*, ..., ripetute all’infinito si sono fatte lentamente strada fra i repubblicani della classe media e anche fra persone delle classi povere, convincendoli che i liberali erano elitari, erano irresponsabili sotto il profilo finanziario e opprimevano i conservatori più poveri. Ciò ha incrinato la fiducia dei liberali in sé stessi.

La seconda strategia consiste nel fornire un’onestà cornice alternativa, che inibisca o aggiri quella già presente nel cervello. Il che, fatto onestamente, è render giustizia alla storia; fatto disonestamente, è “riscrivere la storia”; ed è così che i conservatori americani hanno fatto con la guerra del Vietnam: abbiamo perso perché non abbiamo impiegato forze adeguate: *avevamo le mani legate*.

Né la prima né la seconda strategia sono rapide e tanto meno sono facili.

Oggi, in America, la più sottile propaganda di destra è molto ben congegnata. La prosa di David Brooks, per esempio, è così efficace e il suo pensiero è così raffinato che forse occorre essere un linguista per accorgersi di come funziona la sua propaganda. Il controllo della mente funziona attraverso cambiamenti nel cervello, attraverso l’uso efficace di un linguaggio ben scritto per attivare non soltanto modelli a *frame*, metafore concettuali ed emozioni, ma intere visioni del mondo. Quando il linguaggio è ripetuto e le parole diventano semplicemente “il modo normale di esprimere un’idea”, allora perfino le menti migliori nel mondo dei media ne vengono risucchiate. I giornalisti devono usare parole che la gente capisca e devono usare le parole che la maggior parte delle persone normalmente impiega per esprimere le idee sulle quali scrivono. Risultato: spesso i giornalisti non hanno la minima idea del fatto che stanno usando un linguaggio conservatore, un linguaggio che attiva una visione conservatrice del mondo, al pari di una prospettiva conservatrice sulla questione di volta in volta in esame. Raramente si rendono conto che, così facendo, aiutano i conservatori perché rafforzano la visione conservatrice nella mente del pubblico e così accelerano un determinato cambiamento cerebrale.

Chi fa parte del pubblico, una volta portato a termine un simile cambiamento cerebrale, penserà come un conservatore sulla questione trattata; non perché convinto razionalmente, ma solo perché destinatario

delle tecniche che ogni operatore di mercato utilizza. Si esercita forse il libero arbitrio? L'idea stessa di "libero arbitrio" è cambiata nel tempo. Si tratta allora di un lavaggio del cervello? Né più né meno di quanto succeda in ogni forma di pubblicità. È un messaggio veicolato di nascosto? No, se lo si può discutere apertamente e onestamente, come stiamo facendo in questo momento.

La scienza-della-mente della quale vi parlavo non è molto conosciuta. Ogni tanto appare un articolo al riguardo sulla pagina che i giornali riservano alla scienza, o su *Scientific American*, ma i reporter e gli editorialisti ignorano le pagine scientifiche quando scrivono i loro articoli. Per quanto concerne la mente, il giornalismo americano vive ancora nel Settecento. Ne consegue che le idee di destra confezionate in un linguaggio di ripetuti luoghi comuni sono arrivate a sembrare neutrali tanto alla stampa quanto al pubblico. Ma nella copertura delle notizie c'è anche qualche raro strappo entro una tale prospettiva conservatrice, altrimenti senza soluzione di continuità.

Il già senatore John Edwards, che quest'anno è in corsa per la presidenza, ha respinto lo stesso termine "guerra al terrorismo" come una metafora inappropriata e come, in realtà, un modo per acquisire potere. In occasione del confronto tra i Democratici nel New Hampshire, le domande rivolte da Wolf Blitzer (CNN) erano tutte quante formulate da un punto di vista conservatore. Barack Obama si è fatto avanti respingendo *una* delle domande di taglio conservatore come "specificamente finalizzata a dividerci" e ne ha messo in luce il modello conservatore cambiando *frame*.

Nella fabbrica delle notizie, questi sono stati due strappi, ma in nessun modo sufficienti. In Italia, ove la proprietà dei media che forniscono le notizie si intreccia con la politica, i pericoli per la democrazia ne risultano amplificati.

Poiché in America i Democratici tendono ad accettare la ragione illuministica, non colgono la realtà dei modelli di pensiero con i quali vediamo il mondo. Se la ragione fosse letterale, se rappresentasse il mondo direttamente, non ci sarebbero differenze tra modelli di pensiero: vedremmo tutti quanti lo stesso mondo. Ma non è così.

I Democratici tendono a credere che Bush è sciocco e che ha commesso errori. Ma dal punto di vista di Bush, Bush ha avuto successo in molte cose. I suoi mezzi sono al di sopra della legge ... e al di sotto del radar: impiego di "dichiarazioni d'indirizzo" per evitare i vincoli di legge che non ama, tagli alle risorse, modifiche degli indici regolatori, uso dei tribunali per ridefinire le leggi, ridefinizione dei fatti sui siti web,

eliminazione di biblioteche, esigenza di fronteggiare l'incremento pesante del debito (di modo che non resta che cancellare i programmi sociali), accrescimento dei controlli in direzione di uno stato di polizia, orientamento dell'economia verso il militare e il paramilitare, collocazione di zeloti di destra alla guida di agenzie governative.

La vicenda Iraq è stata tutt'altro che un fallimento per le compagnie petrolifere americane, che stanno facendo grandi profitti e si accingono a farne ancora di maggiori; e tutt'altro che un fallimento è stata per agenzie di sicurezza, d'ispirazione di destra, come la Halliburton e la Blackwater, che stanno facendo miliardi. Per comprendere i successi dei conservatori sotto l'amministrazione Bush, bisogna capire il modello di pensiero dei conservatori e, più in generale, bisogna capire in che modo funzionano le nostre inconsapevoli visioni del mondo.

Ricordiamoci di come funziona una metafora di base (o primaria): quando nell'esperienza quotidiana una correlazione si ripete più e più volte, attivando parti diverse del cervello, si instaura un circuito che rappresenta fisicamente una metafora. Adesso, chiediamoci dov'è che si verifica la prima esperienza relativa al governo. La risposta è: in famiglia. Questo dà luogo a una metafora primaria: UN'ISTITUZIONE DI GOVERNO È UNA FAMIGLIA – e, come caso speciale, UNA NAZIONE È UNA FAMIGLIA.

In America, ci sono due modelli ideali su *come* dovrebbe funzionare una famiglia: la famiglia centrata sulla funzione genitoriale orientata ad accudire e proteggere, e la famiglia centrata sulla figura del padre. Nel cervello questi modelli sono messi in corrispondenza, in modo inconscio e automatico, con visioni morali su come una nazione dovrebbe essere governata.

La visione morale ispirata al carattere protettivo s'incentra sull'empatia: prendersi cura delle persone e agire responsabilmente sulla base di un interessamento nei loro confronti. Questo porta a due ruoli per il governo: la *protezione* e l'*accrescimento delle potenzialità*? La *protezione* non è solo quella assicurata dall'esercito e dalla polizia, ma anche quella che tiene in considerazione gli operai, i consumatori, l'ambiente, le vittime di un disastro, le malattie e gli anziani. Il *potenziamento* riguarda tanto gli individui quanto l'economia: comprende cose come costruire strade, gestire sistemi di comunicazione, fornire istruzione, sostenere il sistema bancario, regolare la borsa, far funzionare i tribunali, in particolare per quanto concerne le controversie contrattuali.

È per tutto questo che ci sono le tasse: per fornire protezione e potenziamento. La visione imperniata sul "prendersi cura di", si è detto,

ruota intorno all'empatia ed è il fondamento degli ideali democratici: libertà, uguaglianza, equità eccetera, ivi incluso l'equilibrio dei poteri, non meno che la protezione da abusi governativi e la tutela dei diritti umani. Il mercato è pensato come costruito al fine di assecondare interessi e così dovrebbe essere costruito per assecondare interessi pubblici. È di questo che si occupa la politica progressista in America.

L'altra concezione generale – quella di una rigida morale – s'incentra invece sull'obbedienza all'autorità, in modo analogo all'obbedienza di un bambino all'autorità paterna. L'autorità, cioè "chi prende le decisioni", sa cosa è giusto e cosa è sbagliato. Un modello simile non soltanto prevede ma esige l'uso della forza per imporre obbedienza, così come esige disciplina da parte di coloro che devono obbedire.

Il cosiddetto "mercato libero" è metaforicamente inteso come un padre rigido che dovrebbe "decidere" a chi andrà la ricchezza. I bravi bambini che si mostreranno disciplinati nel seguire le regole del mercato avranno accesso alla prosperità. Quelli che non si comporteranno così, non avranno accesso – non se lo meritavano. Il povero si merita come punizione la povertà. Di conseguenza, alcuni hanno più meriti di altri e così hanno titolo al premio della prosperità. Il mercato è visto come rigidamente morale e, al tempo stesso, naturale, perché le persone sono viste come naturalmente non inclini all'empatia, bensì orientate a massimizzare il proprio interesse. È, dunque, tanto innaturale quanto immorale per un governo interferire con il mercato, perché è il mercato che *definisce* ciò che è giusto e ciò che è sbagliato nella sfera economica.

Questa visione "morale" è alla base del conservatorismo ed è fondamentalmente anti-democratica. Ad attivarla nel cervello delle persone, è la paura.

In America, quasi tutti hanno una versione dell'uno e dell'altro modello di pensiero nel proprio cervello, perché tutti gli americani sono esposti a entrambi. C'è chi si comporta prevalentemente in conformità a uno solo dei due modelli, ma c'è anche chi, i molti americani che chiamo "i biconcettuali", sfrutta entrambi i modelli, sebbene in ambiti diversi, e questo si verifica in tutte le possibili varianti combinatorie. Alcuni adottano il modello del padre rigido in politica estera ma sono protettivi in politica interna, altri fanno l'inverso. Alcuni sono rigidi in questioni sociali e protettivi in tema di economia. Quindi non c'è alcuna linea netta destra-sinistra e non c'è un'ideologia del "centro".

Com'è possibile questo "biconcettualismo" allorché i due modelli morali si contraddicono l'un l'altro? La spiegazione sta nel fatto che il

cervello ha in sé un meccanismo definito come “inibizione reciproca”, con cui l’attivazione di una di due strutture cerebrali inibisce l’altra. L’attivazione della visione centrata sulla protezione blocca l’attivazione del modello rigoristico, e viceversa. Più si attiva una visione del mondo, più le sinapsi corrispondenti si rafforzano, e più probabile sarà che si attivi in futuro.

Inoltre, una visione del mondo può “applicarsi” alle più svariate questioni attraverso quel che si chiama “legame neurale”. Più forti sono le sinapsi di un modello, più probabile è che lo stesso modello si leghi, sul piano neurale, a nuovi ambiti. Questo è anche il meccanismo del cambiamento politico, così come si realizza nel cervello.

Che cosa significa tutto questo per i progressisti nella politica americana?

1. Dire ciò in cui si crede. Dire come stanno le cose esattamente come le conosciamo. Esprimere i valori che stanno dietro a ciò in cui crediamo. Dare un *frame* efficace a quel che si vuol dire.
2. Non accettare il modello conservatore delle questioni, anche se il linguaggio usato dai conservatori è diventato il modo consueto di impostarle. Non argomentare mai all’interno della posizione degli altri, e neppure contro di essa. Il solo fatto di accettare la loro formulazione delle questioni porta acqua al loro mulino e dunque è controproducente, perché non fa altro che attivare i loro modelli a *frame* nel cervello del pubblico e così contribuisce a rafforzarli.
3. La paura aiuta i conservatori. Bisogna spostare il discorso dalla paura verso la speranza e verso la gioia.
4. Quando vi rivolgete a biconcettuali, mettete in evidenza i punti sui quali c’è accordo. Questo attiverà in loro la vostra visione del mondo, rendendo più probabile che alla fine cambino modo di pensare nella vostra direzione. Non attaccateli su posizioni sulle quali discordate, perché questo servirà semplicemente ad attivare in loro il modello opposto.
5. I modelli narrativi sono potenti sotto il profilo emotivo, hanno il posto per gli eroi e hanno il posto per i cattivi. Si usino i modelli narrativi nei quali i progressisti sono gli eroi e i conservatori i cattivi.
6. Appellatevi al vero patriottismo, ai valori che stanno dietro agli ideali democratici. Non lasciate che i conservatori monopolizzino l’amore per il proprio paese.
7. Non sottovalutate l’intelligenza o il fervore morale dei conservatori. I progressisti possono considerarli come se fossero il male, ma loro si vedono come morali.

8. Bisogna che il fare-politica includa il fare-politica-cognitiva, cioè, unisca politica e strategia per mettere in moto le menti, e quindi i cervelli, dei cittadini verso gli ideali democratici. Il fare-politica-cognitiva precede il concreto fare-politica. Dopotutto, le politiche concrete servono a ben poco se la mente pubblica non è pronta, oltre che a considerarle accettabili, a farle proprie.

Quel che è in gioco nella nostra comprensione del cervello, della mente e del linguaggio è, come Giulio Preti ci ha insegnato, la stessa democrazia.

George Lakoff

Università della California, Berkeley

*Consiglio Regionale della Toscana
Area per la Comunicazione e Rappresentanza
Composizione e stampa: Centro stampa
Grafica: Daniele Russo 0805dr001
Finito di stampare nel mese di Giugno 2008
presso il Consiglio Regionale della Toscana - Via Cavour, 2 - Firenze*