

# OS cultura

Che cos'è il sapere? Che cos'è il mondo? Come funziona la mente? Che corrispondenza c'è tra i fatti della realtà e il modo in cui noi li apprendiamo? Sono gli interrogativi ultimi, quelli che l'uomo si è sempre posto, sporgendosi dalla finestra della vita. Sono gli interrogativi che si pone oggi in un libro difficile ma fortunato un studioso di I.A. (Intelligenza artificiale): D.R. Hofstadter, applicando l'informatica allo studio dello Zen, utilizzando la fantasia di un pittore come Escher e la creatività di un musicista come J. S. Bach per rendere comprensibili i formidabili problemi teorici affrontati da chi lavora con i computers. Ma cercando di abbracciare, nel giro tornito di un unico discorso, la storia ricorrente dei modi in cui l'uomo ha tentato di rispondere alle domande di sempre: tornando regolarmente su posizioni analoghe ma un po' più avanzate lungo un percorso ad anelli, che disegna insieme la spirale della vita e dell'esperienza.

## La forma e i significati

Conoscere qualcosa chiede che gli si attribuisca un significato. L'operazione sembra semplice ma è molto complessa, come molte operazioni che la mente svolge senza particolare attenzione. Per rendercene conto, guardiamo il quadro di Escher «Farfalle» riprodotto in questa pagina. Le farfalle che esso rappresenta sono assai diverse l'una dall'altra. Nella parte superiore, la schematizzazione è talmente spinta da renderle quasi irriconoscibili. Il problema è: che cosa c'è di identico in tutte le farfalle, cosa le rende tali? Evidentemente solo i rapporti funzionali tra le parti. Fino a quale punto è possibile, tuttavia, che la trasformazione mantenga l'informazione relativa all'oggetto del disegno? Al di là di un certo limite, evidentemente, quell'informazione viene perduta ed altre ne vengono date. Problemi analoghi si incontrano nella composizione musicale a proposito dei canoni, regole che modificano un tema senza cancellarne la forma. Ma

problemi analoghi si incontrano, sorprendentemente, al più basso livello della materia: nella fisica delle particelle. Studiando le bande di energia degli elettroni di un cristallo immerso in un campo magnetico, ad esempio, i matematici ne hanno estratto un grafico (che pubblichiamo) la cui forma complessiva ricorda delle farfalle composte da altre farfalle disegnate da linee un po' meno curve e formate, a loro volta, da altre farfalle disegnate da linee ancora un po' meno curve, e così via all'infinito per immagini uguali e sempre un po' diverse. Il mondo delle particelle, dunque, ci ripropone lo stesso tipo di struttura proposto dal mondo delle farfalle (vere o immaginarie) e della musica. Conoscere qualcosa (riprendo il discorso iniziale) chiede che gli si attribuisca un significato. Qual è tuttavia il principio unificante, quello in grado di spiegare l'insieme delle corrispondenze alla base della comunicazione e della conoscenza?

## La forma che riproduce se stessa

Corrispondenze (isomorfismi) dello stesso tipo vengono proposte dalla biologia molecolare. Nella riproduzione degli esseri viventi (compreso l'uomo), la struttura del DNA (una lunga molecola composta da piccole molecole di amino-

acidi, sempre gli stessi, legati l'un l'altro in due filamenti avvolti a spirale) contiene tutta l'informazione necessaria (a) sulla struttura dell'essere vivente cui esso darà luogo e (b) sulle operazioni necessarie alla sua costruzione.

Un juke-box normale, fornisce qui un'utile analogia: due pulsanti determinano un'azione molto complessa del meccanismo, per cui si potrebbe dire che i pulsanti innescano o comandano la canzone che viene suonata. Nel processo che trasforma il genotipo in fenotipo, una serie di juke-box cellulari — ci si perdoni l'espressione! — reagiscono alla «pressione del pulsantino» di brevi porzioni di una lunga catena di DNA, e le «canzoni» che essi suonano sono spesso gli ingredienti principali per la creazione di altri juke-box. E come se i nostri juke-box, invece di canzonette d'amore, emettessero canzoni i cui versi dessero istruzioni su come costruire juke-box più complessi. Porzioni di DNA innescano la fabbricazione di proteine; tali proteine innescano centinaia di nuove reazioni, e queste, a loro volta, innescano l'operazione di duplicazione che, attraverso parecchi stadi, produce copie del DNA e così via... Il risultato finale di questa serie di inneschi è l'essere vivente.

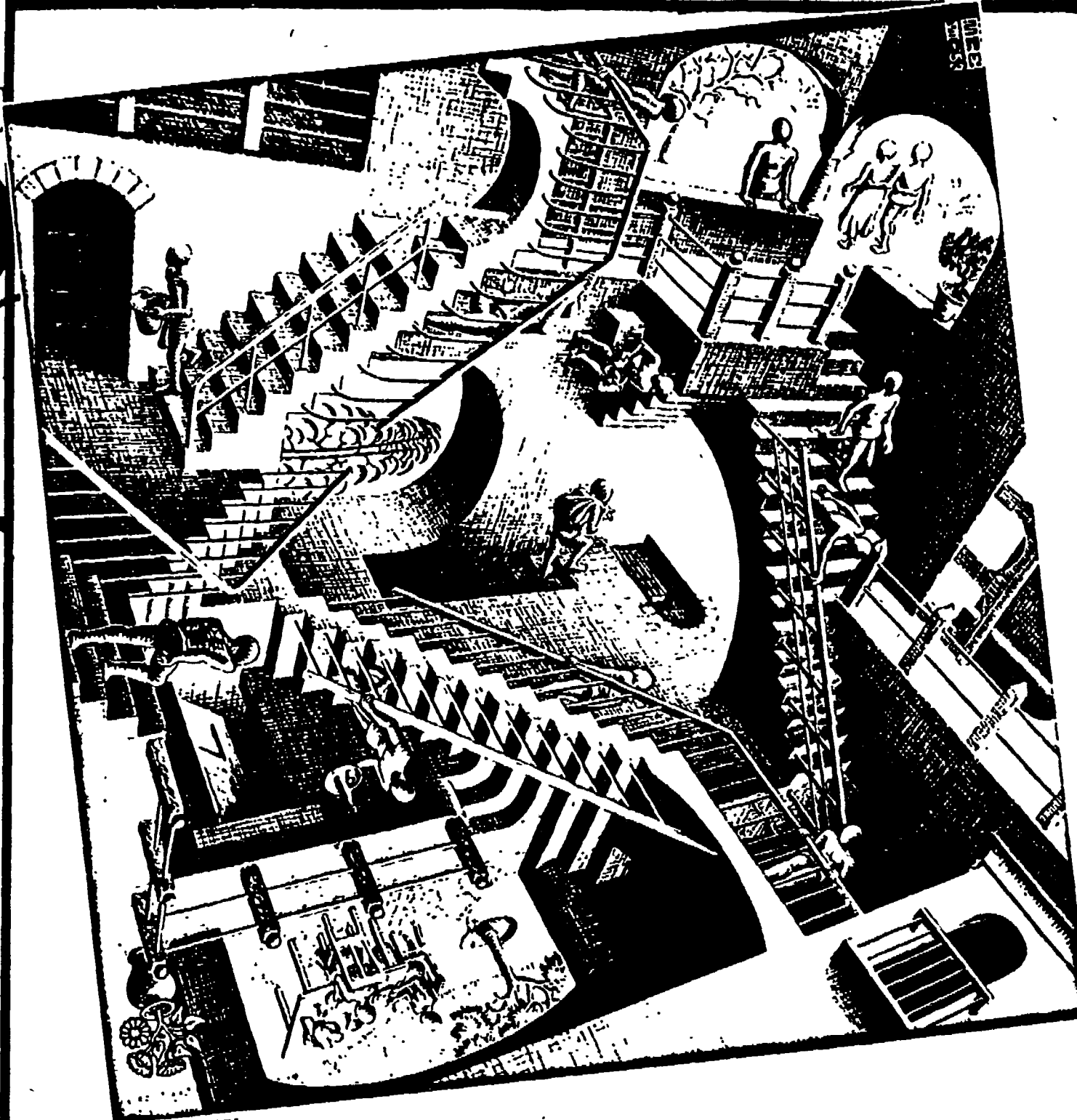
Ci troviamo di fronte a delle strutture significative capaci, dato un contesto appropriato, di trasformarsi l'una nell'altra, dal genotipo al fenotipo attraverso un lavoro di decodificazione. Attenzione ai termini che abbiamo usato, però: essi ci consentono di trovare un'analogia illuminante con il discorso di cui al punto 1. L'intelligenza dell'uomo e l'uso della matematica possono essere considerate come il contesto adatto alla decodificazione delle bande di energia dell'elettone di un cristallo immerso in un campo magnetico allo stesso modo in cui l'uovo o il grembo materno sono contesti (chimici) adatti alla decodificazione del messaggio contenuto nel DNA.

È possibile immaginare il discorso inverso: un contesto (fisico) potrebbe decodificare il linguaggio degli elettroni ed un contesto intelligente potrebbe decodificare il DNA. Ebbene, è su strutture significative (programmi) in grado di programmare la loro evoluzione (cioè la forma della loro decodificazione) nel contesto appropriato del calcolatore, che si basano oggi gli studi dell'uomo sull'I.A. Il computer come una spirale del DNA? Se un'analogia del genere fosse accettabile, l'idea che la mente umana possa trascrivere il programma su cui è programmata in forza di una sua «inarrestabile logica interna», non sarebbe affatto da escludere.

## I livelli della complessità

La complessità dei problemi con cui ci si sta confrontando può essere resa evidente da alcune cifre. Sarebbe necessaria una sequenza di circa 2000 pagine (più o meno il libro di cui stiamo parlando) piene zeppate di 4 lettere l'una in fila all'altra nelle successioni più diverse per elencare la sequenza di base di una cellula di E. Coli (un banale microbo intestinale); un milione di pagine dello stesso tipo sarebbe necessario per codificare l'informa-

zione contenuta in una sola cellula umana. La partenza è sempre la stessa, da un numero molto limitato di segni. Via via che l'insieme cresce i nuovi elementi si costruiscono seguendo regole diverse come una «valanga matematica»: il numero di possibilità offerte dalla combinazione lungo una sola linea di quattro soli simboli è praticamente infinita.

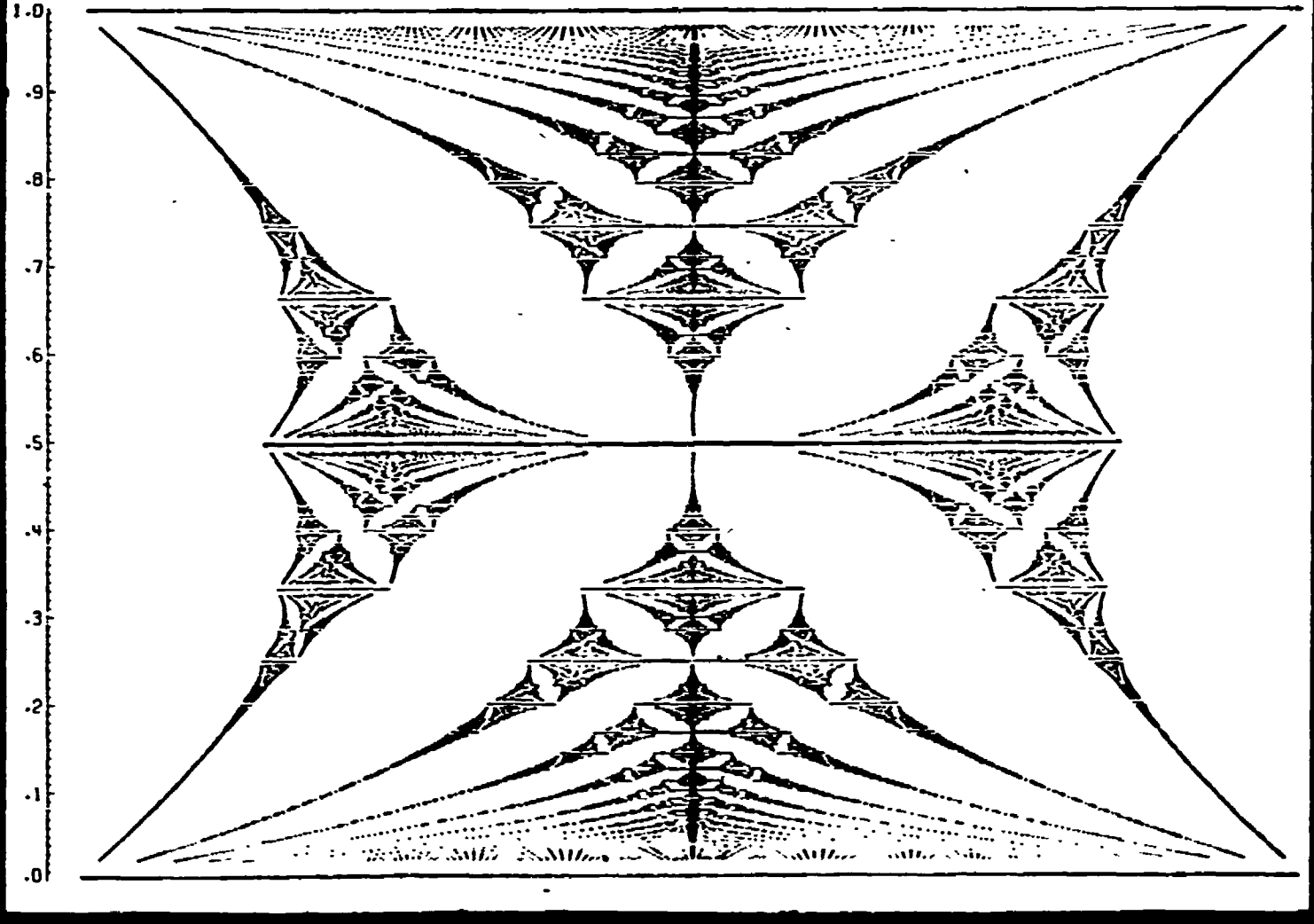


# Ecco come siamo intelligenti

di LUIGI CANCRINI



Le illustrazioni sono tratte dal libro di Douglas R. Hofstadter «Godel, Escher, Bach: un'Eterna Ghirlanda Brillante». In alto di M. C. Escher «Relatività» (litografia, 1953). Qui accanto, sempre di Escher, «Farfalle» (xilografia, 1950) e, sotto, il grafico che mostra le bande di energia degli elettroni di un cristallo immerso in un campo magnetico. Nel libro di Hofstadter le illustrazioni costituiscono parte integrante del discorso. Nell'articolo di Cancrini sono citate nel capitolo «La forma e i significati» le ultime due illustrazioni di questa pagina



## Affare Cannon: interrogazioni PCI alle Camere

ROMA — «Caso Cannon-Gaumont»: dopo l'interrogazione PCI alle Camere, a firma Adelberto Minucci, di cui abbiamo riferito ieri ecco quella che, al Senato, hanno presentato i senatori comunisti Valenza e Margheri. Premesso che «una compagnia americana di distribuzione, la Cannon cinematografica, sta per acquistare il patrimonio della società Gaumont in Italia» e che ciò avviene in seguito alla rinuncia dell'istituto «Luce» e per l'indisponibilità del ministro delle PPSI a fornire i capitali necessari, l'interrogazione sottolinea che si continua «sulla linea dell'impoverimento delle strutture pubbliche del cinema italiano (v. circuito ECI), già rovinosa

per le sorti della cinematografia nazionale e che in assenza di una politica di investimenti produttivi finalizzati alla ripresa e al rilancio del cinema italiano, il ruolo stesso del Gruppo pubblico viene messo in discussione»; quindi rileva che «l'ammodernamento tecnologico delle sale e lo sviluppo del circuito distributivo è condizione necessaria per l'incremento e il rilancio della produzione nazionale» e che «il Parlamento Europeo in apposite risoluzioni ha denunciato il controllo del sistema distributivo da parte delle majors statunitensi come causa principale della crisi del cinema europeo». I senatori comunisti, dunque, giacché «bisogna evitare al nostro paese il destino di nazione "culturalmente colonizzata"», chiedono ai ministri Dardica e Lagorio se «intendano intervenire con urgenza perché l'Ente Gestione Cinema possa essere presente nella vicenda Gaumont per una soluzione rispondente agli interessi della cinematografia nazionale, dell'industria e dell'autonomia culturale del nostro paese».

## Le formiche e il cervello: il formicaio «parla»

Achille: Mi riesce difficile immaginare che io magari grido qualcosa in una foresta, e sento un formicaio che mi risponde!

Formichiere: Spiritoso! Non è quella la loro forma di linguaggio? I formichei non conversano ad alta voce, ma si servono della scrittura. Ha visto come le formiche procedono in colonna, seguendo nel loro percorso quei caratteristici tracciatelli sinuosi? In realtà, alcuni tracciatelli contengono informazioni in codice. Conoscendo il codice, vi si può leggere ciò che dicono proprio come in un libro.

Achille: Interessante. E c'è modo di farsi capire? Formichiere: Senza alcuna difficoltà. Usando un bastone, disegno dei tracciatelli nel terreno umido e osservo le formiche che li seguono. Ad un certo punto viene iniziata in qualche luogo una nuova pista. Provo una grande gioia a guardare il suo sviluppo. Via via che avanza lo faccio anticipazioni sul suo percorso successivo. Quando la pista è completata, io so cosa sta pensando il formicaio.

Achille: Questo fa pensare che vi devono essere delle formiche estremamente intelligenti in quel formicaio.

Formichiere: Ho l'impressione che lei ancora non si sia liberato del tutto delle difficoltà di comprendere questa differenza di livelli. Proprio come un singolo albero non va confuso con la foresta, così una formica non va confusa con il formicaio. La situazione è analoga a quella del cervello umano che è composto di neuroni. Certamente nessuno affermerebbe che le singole cellule cerebrali debbano essere individualmente intelligenti perché una persona possa avere una conversazione intelligente.

Commento: Al pari di quello del formicaio, il parlare umano è la manifestazione di una attività complessiva del cervello. I neuroni (le cellule nervose) svolgono il compito delle formiche: follia di tutti i ricercatori che hanno cerca-

to per secoli una corrispondenza impossibile fra «simboli» e «strutture» in particolari «zone» del cervello senza tener conto della differenza fondamentale tra segnali e simboli.

## Un quesito cruciale: i limiti dell'I.A.

Al di là della fantascienza, può l'uomo creare macchine in grado di riprodurre, allo stesso livello di complessità e di originalità (apparentemente?) creativa, il funziona-

mento della sua propria mente? Ma, soprattutto: le emozioni potranno essere programmate esplicitamente nelle macchine? La risposta ad Hofstadter:

No, questo è ridicolo. Qualsiasi simulazione diretta delle emozioni non può avvicinarsi alla complessità delle emozioni umane, che sorgono indirettamente dal modo in cui la nostra mente è organizzata. Programmi o macchine acquisiranno le emozioni nello stesso modo: come prodotti secondari della loro struttura, del modo in cui sono organizzati, non mediante una programmazione diretta. Così, per esempio, nessuno scriverà la procedura «innamorarsi» proprio come nessuno scriverà la procedura «commettere errori». «Innamorarsi» è una descrizione che associamo a un processo complesso di un sistema complesso; e tuttavia questo sistema non ha bisogno di contenere neanche un solo modulo che sia responsabile esclusivamente di questo effetto!

Domanda: Un calcolatore che pensa sarà in grado di fare addizioni rapidamente? Tentativo di risposta. Forse no. Noi stessi siamo fatti di un hardware in grado di eseguire calcoli strabilianti, ma questo non significa che il nostro livello simbolico, in cui siamo «noi», sappia come effettuare gli stessi calcoli strabilianti. Diciamo così: non vi è modo di caricare i numeri direttamente sui neuroni in modo da fare i conti della spesa. Fortunatamente per noi, il nostro livello simbolico (cioè, noi) non può avere accesso ai neuroni che stanno effettuando l'atto di pensare, altrimenti andremmo in tilt! Perché non dovrebbe essere lo stesso per un programma intelligente? Non gli dovrebbe essere permesso di accedere ai circuiti che stanno effettuando l'atto di pensare, altrimenti andrebbe in tilt? Parlando sul serio, è probabile che una macchina in grado di pensare riesca a sommare solo a una velocità paragonabile alla nostra e per ragioni analoghe. Essa rappresenterà il numero 2 non mediante i due soli bit «10», ma mediante un concetto pienamente spiegato, analogamente a come facciamo noi; un concetto completo delle associazioni di tutti i generi: fonetiche come «due» o «due», concettuali come «coppia» e «doppio», visive come i punti sui pezzi del domino, associazioni con la forma della cifra (il numerale) «2» e associazioni di livello più complesso, come con le nozioni di alternanza, pari, dispari, e così via... Con tutto questo «bagaglio extra» da portare in giro, un programma intelligente diventerà abbastanza lento nel sommare. Naturalmente potremmo dargli un «calcolatore portatile», per così dire (o costruirgliene uno dentro). In questo caso potrebbe rispondere molto velocemente, ma la sua prestazione sarebbe proprio come quella di una persona con un calcolatore portatile.

## La morte di J. S. Bach

Al termine di un giro, ahimè troppo breve, lungo le pagine di un libro affascinante, quello che si ripropone all'interno della macchina (pardon, del programma) che le dà vita, è lo scontro tra lo spessore e la complessità del pensiero umano

e l'attività aguzza (apparentemente) illimitata del calcolo. Una sintesi drammatica di questo scontro dell'Uomo con i suoi limiti nella storia di J.S. Bach e della sua Arte della fuga.

Poiché da molti anni aveva problemi di vista, Bach volle farsi operare. L'operazione fu eseguita, ma i risultati non furono affatto buoni; anzi, egli perse la vista per quasi tutto l'ultimo anno di vita. Questo fatto non gli impedì tuttavia di lavorare intensamente al suo monumentale progetto. Il suo scopo era di costruire una esposizione completa di come si scrivono le fughe. In quella che aveva progettato come penultima fuga, egli inserì come terzo tema il suo nome codificato in note. Ma proprio in quel periodo la sua salute divenne così precaria che egli fu costretto a smettere di lavorare al progetto che gli stava tanto a cuore. Un giorno, improvvisamente, Bach recuperò la vista. Ma poche ore dopo ebbe un colpo; e dieci giorni dopo morì lasciando i posteri di fronte al problema dell'«incompletezza» dell'Arte della fuga. Potrebbe questo evento essere stato causato dal fatto che Bach aveva raggiunto l'autoreferenzialità?