





# **QUADERNO N. 19**

**SERIE: I QUADERNI DELLA VALTIBERINA TOSCANA**

Atti di convegni, studi, ricerche, saggi, testi poetici, narrativi,  
teatrali a cura di docenti e/o studenti, in collaborazione con le  
istituzioni scolastiche, civili e culturali del territorio



Liceo “Città di Piero”  
Liceo della Comunicazione INPDAP  
ISA “G. Giovagnoli”  
Polo Professionale “A. M. Camaiti”

Convitto INPDAP “Regina Elena”  
“l’Altrapagina”  
Comune di Sansepolcro  
Associazione Cultura della Pace

con il patrocinio  
della Provincia di Arezzo  
e  
della Comunità Montana Valtiberina Toscana

# Le Scienze, le Arti

a cura di Matteo Martelli

*Atti del Convegno Nazionale*

*Sansepolcro 7 e 8 aprile 2006*

## NOTA DELLA REDAZIONE

Si pubblicano gli Atti del Convegno “Le Scienze, le Arti”, svoltosi a Sansepolcro (Auditorium Convitto “Regina Elena” INPDAP) il 7 e l’8 aprile 2006. Si ringraziano i relatori, gli Istituti scolastici, le Associazioni e gli Enti che hanno contribuito all’organizzazione dell’iniziativa e alla pubblicazione del Quaderno.

*Progetto Grafico: Santi Leonardo Vinci*

In redazione: Giuliana Maggini, Enzo Papi, Gabriella Rossi

Supplemento al periodico “Bibliomedia” del Liceo “Città di Piero”  
(Autorizzazione del Tribunale di Arezzo , V.G. n°611 – Registro Stampa n. 9/2001)

Direttore Responsabile: Matteo Martelli

## Indice

Matteo Martelli	<i>Premessa</i> _____	9
-----------------	-----------------------	---

### PARTE PRIMA

#### DALL'ARTE ALLA MUSICA ATTRAVERSO LA SCIENZA

Giuseppe Corlito	<i>La psicoanalisi tra scienza e arte</i> _____	15
Giuliano Spirito	<i>Un gioco nell'aria: matematica e letteratura</i> _____	25
Tito Tonietti	<i>Matematica per la musica, oppure musica per la matematica</i> _____	47
Eugenio Gianni	<i>CromoINifonia. Il colore della musica</i> _____	95
Liceo della Comunicazione INPDAP	<i>Surrealismo e psicoanalisi</i> _____	115
Liceo "Città di Piero"	<i>I numeri di Bach</i> _____	121

### PARTE SECONDA

#### SCIENZE, ARTE E TECNOLOGIA

Giuseppe Conti	<i>Il segreto della Cupola del Brunelleschi visto da un matematico</i> _____	125
Massimo Gallorini	<i>Arte, Scienza e Tecnoetica</i> _____	131
Roberto Manescalchi	<i>Il Canocchiale di Dürer</i> _____	153
Olivo Ganganelli	<i>Generazione di forme tramite pc</i> _____	161
ISA "G. Giovagnoli"	<i>L'arte del restauro tra scienza e tecnologia</i> _____	175
Liceo "Città di Piero"	<i>Il Vedutismo tra arte e tecnica</i> _____	185
Liceo "Città di Piero"	<i>Ottica e Commensuratio</i> _____	189





---

**Matteo Martelli\***

## *Premessa*

A conclusione del Convegno del 2005, dedicato ad un tema ancora oggi di grande interesse: “Democrazia e informazione” (cfr. il quaderno n. 18 del Liceo “Città di Piero”), indicammo nelle complesse relazioni tra ricerca scientifica e ricerca artistica l’argomento per il convegno del 2006, sempre promosso e organizzato dalle scuole medie superiori della vallata tiberina toscana, dal Convitto “Regina Elena”, dall’Associazione Cultura della Pace, da “l’altrapagina”, dal Centro Studi “M. Pancrazi”, dal Comune di Sansepolcro, con il tradizionale patrocinio della Provincia, della Comunità Montana e degli altri comuni della valle.

Eravamo e siamo consapevoli della complessità del tema. Siamo sicuri – però – che gli studenti e i docenti si sono interrogati con serietà sull’argomento, hanno ricercato con rigore e passione e – come sempre – ci presenteranno lavori autentici e affascinanti.

Abbiamo scelto di indicare al plurale la ricerca scientifica per sottolineare l’ampiezza, le differenze (anche epistemologiche) tra le discipline, gli statuti, i percorsi, i risultati, gli ambiti di studio che sono al centro delle nostre domande. La medesima considerazione in premessa vale per la ricerca e la produzione artistica. Con il termine “arti” desideriamo abbracciare la vasta area delle attività creative dell’uomo, la molteplicità delle vie di ricerca, l’infinito mondo dei percorsi espressivi, degli stili, delle tecniche, dei prodotti.

Non tutte le “scienze” e non tutte le “arti” potranno essere oggetto delle relazioni degli studiosi che abbiamo invitato a Sansepolcro. La prospettiva degli interventi, però, è quella complessa e multiforme appena accennata. E sono sicuro che i relatori non ci deluderanno. Hanno accettato l’invito a confrontarsi con una problematica ardua. Li abbiamo provocati ad una sfida culturale e intellettuale di ampio respiro. A loro e a tutti i partecipanti agli incontri di questi due giorni rivolgiamo un sentito ringraziamento.

La ricerca di contatti, intersezioni, processi di integrazione tra arti figurative, matematiche, geometrie, ambiti della fisica, ricerche musicali privilegia lo studio

della cultura classica e, soprattutto, l'analisi di autori e opere dell'epoca del Rinascimento in Italia e in Europa. La mente corre subito ai nomi di Leon Battista Alberti, Piero della Francesca, Leonardo, Albrecht Dürer. In particolare nell'illustrazione teorica della prospettiva a fini artistici si sono distinti Alberti, Piero e Dürer. Leonardo è stato sempre affascinato dalla conoscenza dell'essere umano, della natura, del mondo animale, con l'intento di rappresentarli nei suoi dipinti, di individuarne regole e principi da applicare nella costruzione delle sue macchine affascinanti, nelle sue sfide alla scultura e all'architettura della tradizione.

Il Rinascimento ci offre esempi straordinari di raccordi tra area scientifica ed area artistica, di medesimezza di tensione nella ricerca e nei linguaggi, di identità di passione nella sfida ad esprimersi, al di là di ogni compartimentazione disciplinare. Sarà nei secoli successivi che si affermeranno le specializzazioni e le settorializzazioni.

Nel Novecento – con la rivoluzione scientifica, artistica e tecnologica che ha percorso l'intero secolo e non si è arrestata con l'arrivo del Terzo Millennio – siamo tornati ad interrogarci sul connubio tra scienze, arti ed anche tecnologie, e ci è apparsa potente l'interconnessione tra le aree, insieme all'arricchimento reciproco mediante scambi, condivisione di scelte, prospettive di sviluppo. L'uomo contemporaneo può sperimentare giorno per giorno la complanarità e le confluenze di mezzi e di obiettivi, di linguaggi e di suggestioni. Lo scienziato e l'artista dei nostri giorni sono animati dalla stessa motivazione umana, dalla stessa passione per il rischio, della medesima spinta ad andare oltre i confini del sapere e del bello sperimentati.

Ed è proprio tale tensione di ricerca, tale forza di superamento del reale a caratterizzare sia l'area delle scienze che quella delle arti. La stessa tecnologia non va intesa come campo di applicazione di risultati conseguiti altrove, ma come pensiero che si cimenta nella realizzazione di strumenti, nella creazione di spazi, di oggetti, di figure, di opportunità perché l'uomo si esprima e comunichi con l'altro uomo e con la natura.

\* È dirigente scolastico del Liceo “Città di Piero”. Nato a S. Marco in Lamis (FG) il 29 nov. 1942, dopo aver frequentato il Liceo classico “Pietro Giannone” della città natale, ha studiato a Urbino, dove si è laureato – relatore Claudio Varese - con una tesi su Nievo (cfr. il saggio *Due momenti dell'ideologia nieviana*, in “Belfagor”, f. V, 1970), e, negli anni Settanta, ha svolto attività di ricerca letteraria presso l'Università di



---

Firenze e l'Università di Siena. Ha coltivato gli studi letterari e l'interesse per le arti figurative negli anni Ottanta e Novanta (cfr. il vol. *Arezzo. Guida storico-artistica*, Aretia, 1982). Ha collaborato e collabora a riviste e periodici di cultura. Ha svolto e svolge attività di ricerca, formazione e consulenza per le Università (Siena, LUISS) e per il MIUR (Monitoraggio dell'Autonomia, R.I.So.R.S.E.).





## **PARTE PRIMA**

**DALL'ARTE ALLA MUSICA ATTRAVERSO LA SCIENZA**





---

**Giuseppe Corlito\***

## **La psicoanalisi tra scienza e arte**

Ho accettato volentieri l'invito ad intervenire al convegno del Prof. Matteo Martelli, mio vecchio amico e compagno, perché ancora una volta mi dava la possibilità di parlare con i giovani, con coloro che rappresentano il futuro di questo pianeta. Quindi ho pensato di "tagliare" il mio contributo su "psicoanalisi tra scienza e arte" per i principali interlocutori di questa iniziativa, appunto i giovani studenti, dedicandolo in particolare al disagio così gravemente emergente dalla loro generazione. Lo farò partendo da alcune considerazioni di un libro uscito recentemente in Italia presso Feltrinelli ad opera di due testimoni privilegiati, che operano come psichiatri e psicoterapeuti, di formazione psicoanalitica, nel campo dell'infanzia e dell'adolescenza in un servizio pubblico che interviene in una delle *banlieu* parigine balzate nel corso degli ultimi mesi all'attenzione dei mass media del pianeta.

### **1. Un libro da leggere**

Miguel Benesayag e Gérard Schmit (2004) hanno definito la nostra *l'epoca delle passioni tristi* per il dilagare della tristezza nel momento in cui il modello di sviluppo capitalistico occidentale celebra il suo trionfo armato e disarmato in tutto il mondo: è un risultato paradossale. Abbiamo celebrato la caduta del muro di Berlino e il superamento dell'equilibrio del terrore nucleare, che aveva caratterizzato i blocchi contrapposti nella guerra fredda, come l'avvento del regno della libertà. Ciò avrebbe dovuto valere in particolare per quelli della mia generazione, nati sotto la minaccia della bomba atomica e che non hanno mai creduto che oltre la cortina di ferro ci fosse "il paradiso socialista". Nel 1989 qualcuno aveva persino profetizzato la "fine della storia," nel senso che la chiusura delle contraddizioni internazionali avrebbe messo fine alla storia moderna come l'abbiamo conosciuta. Il veicolo del dilagare della libertà e del benessere sarebbe stato l'estendersi del libero mercato all'intero pianeta: questo ha avuto l'effetto di moltiplicare i conflitti armati, in particolare "la guerra dei trent'anni," come l'ha definita l'attuale presidente statunitense, o la terza o quarta guerra mondiale, come l'hanno definita altri. Si sono poi moltiplicati pericolosamente i

conflitti commerciali, come quello che contrappone l'Occidente all'India e alla Cina. Quindi, invece di trovarci di fronte alla felicità a portata di mano in un immenso supermercato, così come era stato promesso, ci troviamo di fronte al diffondersi della tristezza, in particolare al dilagare del disagio delle giovani generazioni, per le quali il futuro ha smesso di essere una promessa per diventare una minaccia.

Dicono in proposito Benesayag e Schmit: “viviamo in un'epoca dominata da quelle che Spinoza chiamava le 'passioni tristi'. Con questa espressione il filosofo non si riferiva alla tristezza del pianto, ma all'impotenza e alla disgregazione. In effetti constatiamo il progresso delle scienze e, contemporaneamente, dobbiamo fare i conti con la perdita di fiducia e con la delusione nei confronti delle stesse scienze, che non sembrano più contribuire necessariamente alla felicità degli uomini”. Anzi, molto spesso lo sviluppo economico, basato sulle conquiste della scienza e della tecnologia, sembra produrre più problemi di quelli che promette di risolvere: sono i problemi dell'inquinamento, dell'energia nucleare, delle biotecnologie, delle stesse macchine elettroniche e della specifica alienazione, soprattutto psichica, che essere producono.

Quando ho letto questo libro ne sono stato affascinato, ho cercato di capire anche il senso della vicinanza che sentivo mentre procedevo nella lettura e lentamente ho scoperto che mi univa agli autori un'antica appartenenza politica, che per onestà intellettuale non voglio qui nascondere, ma mettere a premessa di questo discorso. Benesayag non è solo uno psicoanalista di quella scuola argentina che fu costretta all'esilio dalla dittatura - esattamente come toccò a Freud, che fu costretto a morire a Londra per sfuggire alle persecuzioni razziali della dominazione nazista - ma è anche un filosofo che si batte oggi a fianco dei movimenti per la pace che si oppongono agli effetti nefasti della globalizzazione. Poi ho scoperto che presso un piccolo editore è uscito, quasi alla chetichella, un altro libro di Benesayag su Ernesto Che Guevara, un altro medico argentino, di cui egli è stato compagno di lotta in patria e per il quale era stato imprigionato per alcuni anni. Il mito del Che così caro ancora alle giovani generazioni, come anche alla mia, continua a rinnovarsi perché rappresenta quel bisogno di giustizia che ancora è una speranza comune agli esseri umani.

A fronte dell'irresponsabile ottimismo degli imbonitori del mercato libero, i due autori richiamano la lezione pessimistica di Freud, il quale nel suo saggio *Il disagio della civiltà* (1929) metteva in guardia dall'idea di progresso senza



critiche. Una posizione analoga a quella del nostro Giacomo Leopardi, che, in un analogo momento storico, quello della restaurazione post-rivoluzionaria, ne *La Ginestra* irrideva “le magnifiche sorti e progressive” dell’umanità, propagandate dal Tommaseo.

Essi sostengono: “nello stesso momento in cui le scienze, la politica e la filosofia promettevano all’uomo una felicità, che egli stesso avrebbe costruito, Freud scriveva che ‘in mancanza della felicità gli uomini si accontentano di evitare l’infelicità’. Oggi, la sconfitta dell’ottimismo ci lascia non solo senza promesse future ma, peggio ancora, con il sentimento che perfino ‘evitare l’infelicità’ sia un compito troppo arduo per i nostri contemporanei”. “L’Occidente ha fondato i suoi sogni di avvenire sulla convinzione che la storia dell’umanità sia *inevitabilmente* una storia di progresso. È il paradosso delle ideologie dominanti: le teorie di Sigmund Freud, profondamente critiche nei confronti della fede nel progresso, passarono nel bilancio dell’epoca come un progresso in più.”

Proseguono poi: “oggi c’è un clima diffuso di pessimismo che evoca un domani molto meno luminoso, per non dire oscuro ... Inquinamenti di ogni tipo, disuguaglianze sociali, disagi economici, comparsa di nuove malattie: la lunga litania delle minacce ha fatto precipitare il futuro da un’estrema positività a una cupa e altrettanto estrema negatività”.

“Il futuro, l’idea stessa del futuro, reca ormai il segno opposto, la positività pura si trasforma in negatività, la promessa diventa minaccia. Certo, le conoscenze si sono sviluppate in modo incredibile ma, incapaci di sopprimere la sofferenza umana, alimentano la tristezza e il pessimismo dilaganti”. È questa perdita della speranza messianica dell’epoca moderna che rende difficile anche operare nella scuola. Mentre famiglie e insegnanti cercano di “armare” i giovani contro le minacce del futuro, essi sanno più realisticamente che non ne vale la pena, che bisogna attrezzarsi a sopravvivere in altro modo e che “le armi” fornite dalle nozioni scolastiche sono spuntate.

In questo senso è difficile “educare” nel senso etimologico di “trarre fuori”, perché questa operazione, per funzionare, deve accendere un genuino desiderio di apprendere, così come sosteneva Freud, cioè di migliorare se stessi in direzione del bene comune e del cambiamento dello stato delle cose presenti.

## **2. Per un’etica della conoscenza**

Già alla fine del secolo scorso Jacques Monod, nel saggio uscito postumo

*Per un'etica della conoscenza* (1987), sostanzialmente quella, che genericamente viene designata come la “crisi dei valori”, nella capacità critica, negativa e distruttiva della scienza rispetto al fondamento sia umanistico sia religioso dell'alleanza tra l'uomo e la natura, che ha dominato la storia dell'umanità fino ad oggi. Conferma l'idea di Monod l'orizzonte cupo dell'apertura del nuovo millennio, corrusco di bagliori di guerra, in cui il valore dominante del mercato, come le vecchie ideologie religiose che vi si oppongono in versioni fanatiche e fondamentalistiche, non riesce a governare i processi.

Il saggio venne pubblicato in lingua italiana con questo titolo dalla rivista *Linea d'ombra* due anni dopo, quando Monod, premio Nobel per la biologia nel 1965, era già noto anche al pubblico dei non specialisti per il libro *Il caso e la necessità* (1970). Il saggio porta all'estremo limite la tesi evoluzionistica per cui la vita è frutto del caso, dell'hazard probabilistico al cui interno - una volta fatta la scelta - si determina una necessaria concatenazione di conseguenze.

Dice Monod: “la comparsa della vita e, nella biosfera, l'emergenza dell'uomo si possono concepire soltanto come il risultato di un immenso gioco d'azzardo nel quale ha finito con l'uscire proprio il nostro numero; la vita avrebbe potuto non apparire affatto e il cosmo insondabile che ci circonda se ne sarebbe infischiato. A queste conclusioni non si sfugge, né esiste alcuna possibilità che vengano un giorno modificate dal progresso scientifico. È appena necessario insistere sull'assoluta incompatibilità dell'idea scientifica dell'uomo e della sua origine con i principi tradizionali che fondano i valori, l'etica e la società. L'approccio scientifico rivela all'uomo che è un accidente, quasi un estraneo nell'universo, e riduce l'antica alleanza, tra lui e il resto del creato, ad un tenue filo fragilissimo”. Secondo Monod il metodo scientifico possiede un “immane potenziale distruttivo” (meglio sarebbe dire eversivo, dissacrante e razionale al tempo stesso), per cui “ha distrutto, ridotto ad absurdità” un concetto che “è rimasto invariante sino ad un'epoca recente, cioè che un qualche fondamento immutabile del sistema dei valori esistesse davvero e fosse possibile trovarlo o riconoscerlo”.

Una volta distrutto questo fondamento, siccome secondo Monod “nessuna società può sopravvivere senza un codice morale fondato su valori compresi, accettati e rispettati dalla maggioranza dei suoi membri” e “niente di simile esiste più oggi” in nessuno dei sistemi vigenti, le società moderne rischiano di soccombere, a meno di trovare un fondamento radicalmente umano ad un nuovo sistema di valori.

Nessuna comunità può sopravvivere senza un codice etico; quello della nostra specie è così complesso che ammette una trasmissione solo culturale e

che non può essere iscritto nel codice genetico come per altri animali sociali: oggi è necessaria rifondare la convivenza umana su una nuova alleanza, che sia fondata integralmente sulla dimensione umana, sul *decentramento antropologico*, cioè sul tentativo di dare un senso alla nostra casuale presenza su questo piccolo pianeta che ruota intorno ad una piccola stella decentrata alla periferia di una delle infinite galassie del cosmo.

La conclusione del saggio di Monod non casualmente giunge dopo un'acuta considerazione sul linguaggio considerato simultaneamente e inseparabilmente peculiarità fisiologica (la nostra corteccia è "precablata" all'acquisizione del linguaggio, inteso come caratteristica specifica) e fatto culturale, per cui esso "partecipa nel modo più intimo della doppia natura dell'essenza umana", che è contemporaneamente natura e cultura.

Egli sostiene che i valori ultimi da scegliere come fondamento del nuovo codice etico umano sono "le opere che, nate dall'uomo, tuttavia trascendono il loro creatore", "il grande monumento sempre incompiuto della creazione e della conoscenza, ossia l'arte e la scienza".

### **3. Il contributo della psicoanalisi tra scienza e arte**

Il contributo della psicoanalisi in tal senso è fondamentale: essa è una delle "grandi narrazioni" dell'epoca moderna, la quale resiste, nonostante le critiche scientifiche ed epistemologiche che la vogliono confinare in una posizione di debolezza, che ne edulcori le capacità critiche che essa ha storicamente avuto verso gli equilibri sociali dominanti. In tal senso, nella fase critica della "fine della storia" e della "fine delle ideologie," la psicoanalisi è stata oggetto di critiche profonde, che hanno cercato di dimostrare che essa non aveva fondamento scientifico, contrariamente a quello che pensava il suo fondatore, che, essendo un medico cresciuto alla scuola del positivismo, pensava, in linea con la cultura scientifica della sua epoca, di dedurre le proprie teorie dai dati che emergevano dalla sua casistica clinica, dalla storia dei casi clinici che aveva trattato e di cui dava conto. Freud era contemporaneamente un uomo di formazione umanistica, che si riteneva un *amateur* della filosofia, della letteratura e dell'arte, che riusciva a "raccontare" i suoi casi clinici con grande abilità di scrittura, tanto da essere insignito del premio letterario più prestigioso della lingua tedesca, quello intitolato a Johann Wolfgang Goethe. Nel costruire la sua teoria, la sua *metapsicologia*, aveva attinto a piene mani alla cultura greca, in particolare alla tragedia sofoclea con il mito di Edipo. Egli in questo era il

prototipo del medico di formazione tradizionale, che attingeva la propria umanità dall'avvicinarsi alla sofferenza dei suoi simili in una tradizione millenaria, che ci deriva fin da Ippocrate, secondo la quale il medico doveva avere una conoscenza della natura umana e quindi era prima filosofo e poi medico. L'organizzazione degli studi medici seguiva proprio questo sistema.

Personalmente penso che la portata rivoluzionaria della lezione freudiana è aver messo sul lettino, sotto il microscopio analitico, non tanto il paziente, ma la relazione di prossimità tra medico e paziente, la relazione clinica in cui la pietà millenaria dell'uomo si piega vicino alla sofferenza dell'uomo malato steso a letto, che è il significato etimologico della parola "clinica" (dal greco κλίνω) = sto disteso). Dallo studio delle componenti emotive e cognitive di tale relazione nasce la teorizzazione del transfert e del controtransfert, cioè quello che sente il paziente verso il terapeuta e quello che prova il terapeuta verso il paziente.

Comunque Freud, pur attingendo a piene mani alla letteratura e all'arte, non aveva dubbi di voler fondare una disciplina scientifica. Infatti nel 1922, nello scrivere due voci di enciclopedia, definiva che "la psicoanalisi è il nome:

1. di un procedimento per l'indagine dei processi psichici cui altrimenti sarebbe pressoché impossibile accedere;
2. di un metodo terapeutico (basato su tale indagine) per il trattamento dei disturbi nevrotici;
3. di una serie di conoscenze psicologiche acquisite per questa via che gradualmente si assommano e convergono in una nuova disciplina scientifica".

Questa posizione è stata duramente contestata nel corso del secondo novecento e tali critiche sono state riprese ampiamente negli ultimi decenni. Non è possibile in questa sede per ragioni di tempo affrontare in dettaglio queste critiche, ma esse sono convergenti in un obiettivo polemico di natura strategica, che è stato evidenziato da Michel David nella seconda edizione del suo monumentale saggio, *La psicoanalisi nella cultura italiana*. Questi aveva dimostrato con una ricca analisi delle fonti che, complici la Chiesa cattolica, il fascismo e l'idealismo filosofico, la psicoanalisi aveva avuto vita difficile in Italia ed aveva influenzato la letteratura, a partire da Italo Svevo e da Umberto Saba, più che le discipline mediche e psicologiche. Nella seconda edizione si era limitato ad aggiungere un capitolo con un titolo alla Dumas, *Venticinque anni dopo*, in cui annotava che: "il concentrare il maggior numero possibile di obiezioni 'scientifiche' alla psicoanalisi [è utile] per metterla anch'essa in posizione di debolezza (il dossier sulla 'crisi' di Freud, che cresce da più di venti

anni, è recentemente diventato immane)”. Secondo David l’obiettivo di tale attacco risponde al “modello di prestigio, che non è più la linguistica degli anni ’70, ma il computer ... [che] non fa fatica a dimostrare che l’uomo come oggetto di scienza, l’uomo neuronale, una volta demistificata la sua capacità simbolica ... è una macchina, certo complessa, ma fra poco totalmente comprensibile e scientificamente prevedibile”. Io aggiungerei facilmente manipolabile in termini chimici e farmacologici, legali ed illegali.

Comunque per “gli umiliati ‘operatori psichici’ ...la psicoanalisi ... continuerà a essere un riferimento meno insicuro degli altri”.

In termini assolutamente sintetici esemplificherò le critiche alla psicoanalisi da due punti di vista contrapposti, da una parte delle scienze dell’uomo, dall’altra delle scienze della natura, che sono significativamente simmetriche: quella dell’*autofraintendimento scientifico* del filosofo Jürgen Habermas (1968) e quella della *impossibilità di falsificazione* del filosofo Karl Popper (1969). Tali posizioni sono apparentemente opposte perché convergono nella conclusione che la psicoanalisi non è una disciplina scientifica. Secondo Habermas Freud ha frainteso la propria teoria: essa non può avere un fondamento scientifico nella biologia perché la sua modalità di funzionamento si basa sulla interpretazione dei sogni, dei sintomi e dei comportamenti dei pazienti, e quindi essa è strettamente un’ermeneutica, cioè una disciplina che si fonda sull’interpretazione di testi e di linguaggi; di conseguenza deve essa essere collocata tra le scienze dell’uomo. Habermas in questo senso considera la psicoanalisi come il prototipo delle scienze umane. Viceversa secondo Popper la psicoanalisi non può essere verificata secondo criteri scientifici, nel senso che si basa su supposti induttivi empirici troppo deboli e soprattutto perché non può essere falsificata, cioè non si possono trovare situazioni in cui essa non sia applicabile. Quindi non può essere considerata a rigore una disciplina scientifica “dura”.

Questo attacco ha corrisposto all’affermarsi all’interno della psicoanalisi di correnti ermeneutiche, di orientamento narrativo, che ne hanno fatto più un’arte che una tecnica, e in generale le varie correnti psicoanalitiche si sono sottratte ad ogni studio empirico, anche se non sono mancati esempi in tal senso. Ciò ha portato all’indebolimento di cui parlava David a favore di approcci più semplici ed altamente replicabili, come le tecniche cognitivo-comportamentali, che si possono più facilmente piegare alle logiche riduttive delle compatibilità economiche dominanti attualmente i sistemi sanitari.

D'altro canto questa deriva ermeneutica verso il cosiddetto “pensiero debole” degli anni '80 ha prodotto un'attenzione all'applicazione della psicoanalisi alla critica letteraria ed artistica, la quale, però, non ha prodotto gli auspicabili risultati in termini di critica letteraria, se si eccettuano i tentativi di Lacan di incrociare l'approccio strutturalista a quello psicoanalitico con esiti piuttosto oscuri, e quelli di Francesco Orlando, che ha provato ad identificare un repertorio di figure linguistiche fondate sulla teoria freudiana, in particolare quella del ritorno del rimosso sociale. Sono stati più valorizzati i saggi di Freud, come quello sulla *Gradiva* o quello su *Leonardo*, che trattavano i testi letterari o i particolari autobiografici di un artista come sogni o sintomi interpretabili. Ciò ha portato in larga misura ad utilizzare la psicoanalisi per un'analisi dei contenuti, cioè per una sorta di deducibilità delle opere dalla biografia più o meno svelata degli autori, cioè ha portato ad una *patobiografia*, esito piuttosto riduttivo. Viceversa Freud, soprattutto nell'opera fondativa della psicoanalisi, cioè *L'interpretazione dei sogni*, aveva utilizzato il testo dei sogni narrati dall'analizzando in analisi come un vero testo letterario, analizzabile attraverso la critica del linguaggio. Lacan ha identificato alcuni tropi, o figure retoriche tradizionali, nelle modalità espressive del linguaggio dei sogni, per cui lo “spostamento”, cioè alcune scene più accettabili, che sono per traslato rappresentative di vissuti meno presentabili alla coscienza, è stato avvicinato alla “metafora”, e la “condensazione”, cioè la combinazione di due persone od oggetti diversi in un unico oggetto, è stata avvicinata alla “metonimia”. Nella critica psicoanalitica dei testi letterari, invece, ha prevalso l'interpretazione simbolica, che, oltre ad essere quella più autoritaria, cioè imposta dall'esterno all'analizzando, era esplicitamente considerata da Freud solo un “mezzo ausiliario”.

Più recentemente un filosofo della scienza piuttosto agguerrito e poco tenero nei confronti della psicoanalisi, Aldolf Grünbaum, ha evidenziato la scarsa consistenza delle critiche di Habermas e di Popper. Da una parte, per quanto deboli e di numero ridotto, esistono studi empirici ed epidemiologici, che attestano l'efficacia terapeutica dell'approccio analitico, dall'altra molti studi attestano che singole parti della teoria di Freud sono falsificabili, ad es. la teoria della rimozione, quella delle pulsioni o quella dei lapsus. A questo proposito egli ha recuperato un autore italiano, poco studiato in Italia ma molto più noto all'estero, Sebastiano Timpanaro, che ha criticato la teoria freudiana del lapsus sulla scorta di una critica filologica molto serrata.

In realtà il concetto freudiano di inconscio, per quanto oggi valutato in modi del tutto diversi da quelli del suo scopritore, non solo rimane valido nel suo



nucleo, quello per cui ci sono processi che condizionano il nostro comportamento consapevole, i quali sfuggono alla coscienza, ma soprattutto rimane l'interfaccia tra la doppia essenza umana, il ponte tra natura e cultura, un infaticabile produttore di immagini che rendono accessibile alla comprensione umana la nostra parte biologica.

#### **4. Conclusioni provvisorie**

Allora, avviandomi ad alcune conclusioni provvisorie, la posizione epistemologica della psicanalisi deve essere mantenuta a "ponte" tra le scienze umane e le scienze della natura, dove era stata collocata originariamente da Freud, insieme alla psicologia, alla psichiatria, alla stessa medicina, alla sociologia e in larga parte alla biologia stessa. Anzi è necessario sviluppare, sulla base di una preziosa indicazione di Sebastiano Timpanaro, quanto più possibile ponti tra questi due ambiti del sapere fino a mettere in crisi la divisione idealistica tra scienze dell'uomo e scienze della natura, che è il fondamento di quella operazione unitaria intorno alla natura umana, da cui siamo partiti per costruire un codice morale all'altezza dei problemi enormi della nostra epoca.

Così la psicoanalisi da una parte si definisce come un approccio a base scientifica ed empirica, che è in grado di accogliere e comprendere la sofferenza umana in rapporto al disagio complessivo della civiltà (o anche in termini più circoscritti di questa specifica civiltà) e ad una continua interrogazione sulla natura umana; dall'altra essa si configura come una ermeneutica dei linguaggi umani a partire da quello dei sogni fino a quelli letterari ed artistici.

Così in ambito clinico - fuori delle logiche puramente produttivistiche ed economicistiche attualmente dominanti anche nelle istituzioni scolastiche e sanitarie - è possibile dare una mano ai nostri giovani in condizioni di disagio se teniamo attiva la capacità di comprensione dei loro problemi all'interno della crisi sociale in atto, che mette in discussione l'intera civiltà occidentale, stabilendo legami affettivi significativi non solo all'interno dei gruppi dei pari, ma anche tra le generazioni, nel senso che non è possibile pensare ad una crescita reale, ad un passaggio all'età adulta senza la presenza significativa degli adulti stessi.

Se riusciremo insieme a riaprire le speranze del futuro, se si stringerà un patto tra le generazioni per spezzare le catene del presente, allora sarà possibile ritrovare le *passioni gioiose*.



\*Giuseppe Corlito.

Si è formato a Pisa, dove ha studiato Medicina e Chirurgia alla Normale. Fa lo psichiatra ed è dirigente del Dipartimento di Salute Mentale a Grosseto. Insegue – da sempre – due passioni: la politica (è stato per molti anni a Pisa e ad Arezzo protagonista impegnato); la letteratura (scrive ed è redattore della rivista “Allegoria” diretta da Romano Luperini). Il suo primo libro si intitola *A memoria – By heart* ed è uscito presso ExCogita Editore, a Milano, nel 2004. È una testimonianza tutta da leggere sul Sessantotto: parla del passato al presente e getta il presente in mezzo al passato (P. Cataldi).



---

**Giuliano Spirito\***

## **Un gioco nell'aria: matematica e letteratura\*\***

- *E i suoi studi, signorina, se posso informarmene? Matematica, a quanto so. Non la stanca? Non è terribilmente faticoso per il cervello?*  
- *Niente affatto, ella rispose, non conosco nulla di più carino. E' un gioco nell'aria, per dir così. O addirittura fuori dell'aria, in regioni senza polvere, comunque.*

Thomas Mann - Altezza reale

Un gioco nell'aria; o addirittura fuori dell'aria, in regioni comunque prive di polvere... Per avviare questa conversazione abbiamo “rubato” a Thomas Mann una definizione della matematica - una definizione straordinariamente bella e suggestiva della matematica - che evoca la sua “leggerezza” e quel tanto di libero e indeterminato che può rendere l'avvicinarsi ad essa un'esperienza conoscitiva creativa e felice.

In effetti, che cosa è la matematica?

Non aspettiamoci risposte univoche dai matematici. Ciascuno di loro la definirà in modo diverso, ciascuno di loro sottolineerà questo o quell'aspetto: matematica come metodo, come linguaggio, come strumento di lettura della realtà, come insieme di tecniche e procedure, e così via... Probabilmente la matematica è tutto questo e altro ancora. Dunque la matematica è irrimediabilmente plurale, non solo per la varietà dei suoi oggetti (numeri, insiemi, figure, ecc.), ma anche per la moltitudine dei significati che ad essa vengono attribuiti.

Non è allora così strano che gli scrittori, quando si sono cimentati con definizioni più o meno dirette di che cosa sia la matematica, abbiano privilegiato questo o quell'aspetto della matematica, abbiano adottato prospettive differenti, abbiano dipinto tante “matematiche” tra loro diverse.

Elias Canetti ne *La lingua salvata*, primo libro della sua monumentale autobiografia, ricostruisce così il suo incontro con la matematica, incontro di cui è significativo tramite – a volte capita persino questo! – un insegnante. *La*

*matematica che imparai da lui divenne una componente molto profonda della mia natura, elemento di coerenza e quindi, in un certo senso, di coraggio intellettuale. Partendo da un ambito magari molto piccolo, ma sottratto a qualsiasi dubbio, si prosegue senza posa in un'unica direzione, che rimane sempre la stessa, senza domandare dove possa portare, evitando di guardarsi a destra o a sinistra, continuando a procedere verso una meta che pur non si conosce; fino a quando non si fanno passi falsi e i passi che si fanno rimangono tra loro coordinati, non può succedere niente, si avanza nell'ignoto, ed è questa l'unica maniera per conquistare gradualmente l'ignoto.*

La descrizione di Canetti coglie alcune caratteristiche fondamentali del far matematica: il ruolo centrale della coerenza, il rigore del percorso conoscitivo, l'inoltrarsi in territori ignoti. E ci consegna un'immagine della matematica come dura disciplina dello spirito, contraddistinta da una forte componente di etica della conoscenza: l'unico modo di conquistare l'ignoto – e la matematica di questa attitudine sarebbe maestra – è quello di procedere gradualmente lungo un cammino di conoscenza che tiene ferma la meta finale, pur essa ignota, senza concedersi distrazioni di sorta.

Dunque una concezione severa della matematica e del sapere, una concezione che ricorda, in altri territori, la coerenza della ricerca di un pittore come Morandi, che ha trascorso l'intera esistenza dipingendo quasi solo bottiglie e vasi, o di una poetessa come Emily Dickinson, capace di ricreare un mondo minimale ma ricchissimo nel chiuso della sua stanza.

Se confrontiamo l'approccio di Canetti con quello di Thomas Mann, vediamo che si tratta di punti di vista diversi e in qualche modo complementari. Parafrasando Shakespeare si potrebbe dire: il metodo (sin troppo rigorosamente delimitato) richiamato dalle parole di Canetti, e la follia, la giocosa follia, evocata da Mann: tra queste due sponde si svolge il discorso della matematica.

Non sono solo Mann e Canetti a esercitarsi sulla definizione della matematica. Ad esempio, è ancora un esponente della grande letteratura mitteleuropea, Hermann Broch, nel romanzo *L'incognita* – la cui trama si sviluppa in gran parte nell'ambito di una piccola comunità scientifica – ad aggiungere alla definizione della matematica ulteriori attributi.

Per un verso la sua armonia:

*...e veniva messa a nudo una parte di quella equilibrata costruzione, di quella complessa, infinita e incommensurabile costruzione che consiste in puri rapporti e si identifica con il miracolo della matematica.*

...per un altro verso il suo essere gratuita e in qualche misura autoreferenziale:

*Vede, – disse Kapperbrunn – la matematica è una sorta di atto disperato dello spirito umano... in sé e per sé non ci serve per niente, ma è una specie di isola dell'onestà, e per questo le voglio bene.*

Tra parentesi: per chi, facendo il matematico di mestiere, ritenesse riduttive le parole che Broch mette in bocca al professor Kappelbrunn (a nostro avviso costituiscono una dichiarazione d'amore, sia pure sul filo del paradosso, sia pure nella forma sofferta che si conviene a uno scrittore mitteleuropeo del Novecento...), rimandiamo all'autorevolezza di Blaise Pascal, che scrive in una lettera a Pierre Fermat:

*Per parlar chiaro sulla matematica, io la giudico il più alto esercizio dello spirito, ma nello stesso tempo so che essa è così inutile che faccio poca differenza tra un uomo che si dedica solo alla matematica e un qualsiasi artigiano. Inoltre la definisco sì l'occupazione più bella del mondo, ma è soltanto un'occupazione, e ho spesso detto che è bene compiere il tentativo (di studiarla), ma senza usar per essa tutte le nostre forze: cosicché io non muoverei un passo per la matematica, e sono sicuro che voi la pensiate come me.*

Ma continuiamo nel nostro gioco di definire la matematica attraverso le parole degli scrittori: per gettare luce sui percorsi della matematica, vale la pena di ascoltare un altro grandissimo scrittore (di nuovo mitteleuropeo) del Novecento. Ecco allora un passo di Robert Musil, l'ingegnere Musil, tratto dal suo capolavoro, *L'uomo senza qualità*:

*Un viaggio sul limitare del possibile, sfiorante i pericoli dell'impossibile e dell'innaturale, anzi del ripulsivo e forse talvolta facendo più che sfiorarli; un "caso-limite", come lo chiamò Ulrich più tardi, di validità limitata e particolare, che faceva pensare alla libertà con la quale la matematica si serve talvolta dell'assurdo per giungere alla verità*

Parole che, oltre a farci vedere un aspetto diverso dell'attività matematica, appaiono tutto sommato generose verso la matematica... (Ma attenzione: si tratta dello stesso scrittore che nello stesso romanzo definisce per opposizione l'anima *come quella cosa che corre a rintanarsi appena sente parlare di serie numeriche...*)

Trasferiamoci ora, con un brusco salto temporale e ambientale, nell'incantato, immaginifico, rutilante, circense – e quindi a volte anche malinconico e struggente

– mondo di Gabriel Garcia Marquez. I suoi *Cent'anni di solitudine* raccontano le vicende di Macondo, il luogo senza tempo che costituisce una metafora folgorante dell'intera America Latina. Il fondatore di Macondo è Aureliano Buendia, il patriarca, eroicamente fedele, come tutti i Buendia, a una sua idea e a un suo destino personale e non condivisibile.

*Aureliano Buendia trascorse i lunghi mesi di pioggia chiuso in uno stanzino ... perché nessuno lo disturbasse... Improvvisamente, senza alcun preavviso, la sua febbrile attività si interruppe e fu sostituita da una specie di allucinazione. Rimase come stregato per parecchi giorni, continuando a ripetere a se stesso a bassa voce una filza di sorprendenti congetture, incapace egli stesso di dar credito al proprio raziocinio. Alla fine, un martedì di dicembre, verso l'ora di pranzo, esplose in un colpo solo tutta la carica del suo tormento. I bambini avrebbero ricordato per il resto della vita l'augusta solennità con la quale il padre si sedette a capotavola, tremante di febbre, consunto dalla veglia prolungata e dal fermento della sua immaginazione, e rivelò la sua scoperta: "La terra è rotonda come un'arancia". Ursula perse la pazienza: "Se devi diventare pazzo, diventalo per conto tuo" - gridò - "ma non cercare di inculcare ai bambini le tue idee da zingaro".*

C'è dunque anche un "eroismo" nella conoscenza - scientifica e matematica - che espone coloro che si avventurano su queste strade impervie al misconoscimento. Se il giudizio di folle stravaganza che colpisce Aureliano Buendia da parte della moglie Ursula suona alla fin fine ingiusto (in fondo il difetto della sua tormentata e febbrile riflessione è solo quello, che potremmo definire eminentemente galileiano, di averlo condotto alla verità nel momento e nel contesto ambientale sbagliato), più difficile, per chi si occupa di matematica, è fare i conti con le folgoranti parole di Laurence Sterne, nel suo straordinario romanzo "*Tristram Shandy*". Ascoltate:

*... e tutto intento nei suoi calcoli, smarrì il ben della ragione. Comunissima debolezza dei più grandi matematici! I quali, lavorando a tutt'uomo nella dimostrazione, vi logorano le migliori energie e restano senza un filo di forza per trarne il corollario di cui solo possono servirsi.*

La definizione dei matematici di Sterne non si può certo dire amorevole... D'altra parte: c'era da aspettarsi qualcosa di diverso dall'irridente, acuto, paradossale e modernissimo scrittore irlandese del Settecento? E però, dobbiamo riconoscere che Sterne coglie un aspetto (o, se volete, un rischio) del fare matematica, aspetto o rischio di cui dovrebbe tenere molto conto in particolare

chi insegna matematica a qualsiasi livello: nell'attività matematica, il rigore sintattico e il gioco formale finiscono a volte per "oscurare" la semantica, facendo perdere di vista i significati...

I matematici - e in special modo coloro che prendono troppo sul serio i matematici, trasferendo nella concretezza della quotidianità le pur brillanti escogitazioni degli stessi - non si salvano dal sarcasmo dolente di Carlo Emilio Gadda (a proposito, un altro ingegnere...). Leggiamo insieme questo brano da "*La cognizione del dolore*", il più lucido, drammatico, spietato tra i romanzi del grande scrittore milanese:

*Avendogli un dottore ebreo, nel legger matematiche a Pastrufazio, e col sussidio del calcolo, dimostrato come pervenga il gatto (di qualunque doccia cadendo) ad arrivar sanissimo al suolo in sulle quattro zampe, che è una meravigliosa applicazione ginnica del teorema dell'impulso, egli precipitò più volte un bel gatto dal secondo piano della villa, fatto curioso di sperimentare il teorema. E la povera bestiola, atterrando, gli diè infatti la desiderata conferma, ogni volta, ogni volta! come un pensiero che, traverso fortune, non intermetta dall'essere eterno; ma, in quanto gatto, poco dopo morì, con occhi velati d'una irrevocabile tristezza, immalinconito da quell'oltraggio. Poiché ogni oltraggio è morte.*

Non vogliamo però chiudere questa prima parte del nostro discorso con l'amaro in bocca che ci ha lasciato la constatazione del rapporto controverso tra matematica e vita del brano gaddiano.

Lasciamo dunque la parola alla scrittrice inglese Penelope Fitzgerald che, ne "*Il fiore azzurro*", ricostruzione romanzata, scritta con grazia e lievità, di alcuni episodi della vita del poeta Novalis, attribuisce alla matematica (in questo caso all'algebra) addirittura delle doti sedative se non terapeutiche!

*l'algebra, come il laudano, attutisce il dolore*

Il poeta – secondo la Fitzgerald – trova sollievo alle sue pene d'amore nella matematica... E' una notizia che merita la prima pagina (il canone giornalistico dice che se un cane morde un uomo, questa non è una notizia; una notizia è che un uomo abbia morso un cane): non è il matematico che cerca conforto nella poesia, ma il contrario.

Nello stesso romanzo, d'altra parte, la scrittrice lusinga i matematici con una definizione molto gratificante della loro disciplina:

*La matematica è la ragione umana stessa in una forma che tutti possono riconoscere.*



Questo passo sì che, per il suo carattere smodatamente elogiativo, può degnamente concludere questa prima parte della nostra ricognizione, il segmento di essa dedicato alle definizioni della matematica proposte dagli scrittori.

Abbiamo visto come le parole degli scrittori siano sorprendentemente in grado di parlarci, a volte con parole inattese e sul filo del paradossale, ma sempre illuminanti, dell'attività dei matematici e della matematica. Si può forse azzardare che gli scrittori, disponendo delle "parole per dirlo", riescono a raccontare l'avventura e la scommessa della matematica più e meglio di quanto riescano a fare gli stessi matematici. Regalando a questi ultimi anche l'occasione per rileggere in modo nuovo, e quindi riscoprire, il fascino e le "miserie" della loro attività, dell'oggetto del loro lavoro e della loro passione.

\* \* \*

C'è però un secondo aspetto del rapporto tra matematica e letteratura su cui vale la pena di soffermare l'attenzione. Si tratta dell'opera di quegli scrittori che, nella loro produzione letteraria, hanno tratto ispirazione e spunto, in qualche senso, da tematiche che afferiscono alla matematica e dalle caratteristiche stesse della costruzione matematica.

Se è vero che la ricerca letteraria è anche lavoro (e gioco!) sulle grammatiche e le sintassi che governano la costruzione di storie e le varianti lessicali, il capitolo della matematica più fecondo e ricco di suggestioni è senz'altro il *calcolo combinatorio* (o, più semplicemente, la *combinatoria*), che, proprio mentre si presenta sotto le vesti dimesse di arida e asettica casistica, riesce invece a sovvertire le attese, a stupire, persino a "spiazzare".

Lo scrittore che più di ogni altro ha scelto di giocare il gioco della combinatoria è Raymond Queneau. In Queneau il rapporto con la matematica è programmatico e esplicitamente dichiarato; non per niente lo scrittore francese è il cofondatore dell'*Oulipo* (Ouvroir de littérature potentielle - Opificio di letteratura potenziale), attorno a cui si raccolgono o con cui entrano in contatto molti scrittori sperimentali, tra cui il nostro grande Italo Calvino.

Ebbene, Queneau ha scritto, tra l'altro, un minuscolo libretto che si compone di 10 pagine, ognuna delle quali ospita un sonetto (14 versi); eppure ha intitolato - e con ragione! - il suo libriccino "*Centomila miliardi di poesie*". Dov'è il trucco? Esso consiste nel fatto che ogni pagina è tagliata in corrispondenza di ogni verso, cosicché è possibile costruire un sonetto scegliendo ciascun verso

da uno qualsiasi dei 10 sonetti. In questo modo si ottengono centomila miliardi di sonetti, e Queneau sostiene che ogni scelta dà luogo a una poesia dotata di significato. Ecco costruita quella che lo stesso scrittore definisce una “macchina per fabbricare poesie” (una “macchina infernale” la definisce Italo Calvino); e possiamo essere ragionevolmente certi che quella che stabiliamo di comporre con una nostra particolare scelta di versi è, in un certo senso, del tutto inedita, non è stata mai accarezzata dagli occhi di nessun lettore, non ha ancora mai visto la luce (ricordiamo che abbiamo scelto una poesia tra centomila miliardi), pur essendo implicita nella creazione di Queneau.

Il solito matematico supponente direbbe: “È la combinatoria, bellezza! Cioè quel ramo della matematica in cui, calcolando i possibili ordinamenti, le possibili scelte, le possibili distribuzioni, saltano fuori, inopinatamente, numeri “grandi” (grandi solo tra virgolette – sia ben chiaro - perché qualsiasi numero si colloca comunque in un primo segmento finito dell’infinita successione dei numeri).”

Ma, in questo caso, non credete al matematico: anche a lui, in queste occasioni, il “cor si spaura”; anche lui, che pure conosce le formule, peraltro semplici e ragionevoli, della combinatoria, non può non essere sorpreso e emozionato ogni volta dal responso del suo calcolo.

Ovviamente vi risparmieremo la lettura dei centomila miliardi di potenziali sonetti... Ma non vi toglieremo il piacere di “assaggiare” un’altra opera, più nota, di Queneau, opera che pure ha che fare con la combinatoria, seppure in senso solo traslato: gli *Esercizi di stile*, nella felice e creativa traduzione (che è anche reinvenzione) di Umberto Eco. Gli *Esercizi di stile* sono una raccolta di 99 brevi componimenti; il gioco – in questo caso - è quello di narrare sempre lo stesso banalissimo accadimento, facendo riferimento, ogni volta, a una diversa caratterizzazione del narratore (e dunque a un diverso linguaggio, una diversa cifra stilistica, un diverso punto di vista).

Il fatto, nella sua quotidianità e irrilevanza, è il seguente:

*Un giorno verso mezzogiorno sopra la piattaforma posteriore di un autobus della linea S vidi un giovane dal collo troppo lungo che portava un cappello circondato d’una cordicella intrecciata. Egli tosto apostrofò il suo vicino pretendendo che costui faceva apposta a pestargli i piedi ad ogni fermata. Poi rapidamente egli abbandonò la discussione per gettarsi su di un posto libero. Lo rividi qualche ora più tardi davanti alla Gare Saint-Lazare in gran conversazione con un compagno che gli suggeriva di far risalire un poco il bottone del suo soprabito.*



Ed ecco una minuscola selezione di esilaranti “esercizi di stile” che dobbiamo alla coppia Queneau-Eco:

*Sorprese.*

*Com'eravamo schiacciati su quella piattaforma! E come non era ridicolo e vanesio quel ragazzo! E che ti fa? Non si mette a discutere con un poveretto che - sai la pretesa, il giovinastro! - lo avrebbe spinto? E non ti escogita niente po' po' di meno che andar svelto a occupare un posto libero? Invece di lasciarlo a una signora!*

*Due ore dopo, indovinate chi ti incontro davanti alla Gare Saint-Lazare? Ve lo do' a mille da indovinare! Ma proprio lui, il bellimbusto! Che si faceva dar consigli di moda! Da un amico!*

*Stento ancora a crederci!*

*Retrogrado.*

*Dovresti aggiungere un bottone al soprabito, gli disse l'amico. L'incontrai in mezzo alla Cour de Rome, dopo averlo lasciato mentre si precipitava avidamente su un posto a sedere. Aveva appena finito di protestare per la spinta di un altro viaggiatore che, secondo lui, lo urtava ogni qualvolta scendeva qualcuno. Questo scarnificato giovanotto era latore di un cappello ridicolo. Avveniva sulla piattaforma di un S sovraffollato, di mezzogiorno.*

*Negatività.*

*No, non era uno scivolo e neppure un velivolo ma un automezzo di trasporto terrestre. Non era sera, non era mattino, era - diciamo - mezzogiorno. Lui non era un infante o un ottuagenario, ma un giovanotto. Non era un nastro, né una cordicella, ma un gallone a treccia.*

*Non c'era processione né piana altercazione ma grande confusione e lui non era ligio né malvagio ma un po' mogio, non svelava né fatti né misfatti ma pretesti rifritti. Non ritto sul suo piede ma come un che siede.*

*Non ieri, non domani, il giorno stesso. Né alla Gare du Nord né alla Gare de Lyon: la Gare, era Saint-Lazare. Non era con parenti o con serpenti, ma con uno dei suoi conoscenti. Che non l'insultava né lo lodava ma gli suggeriva - circa il cappotto che portava.*

*Versi liberi.*

*L'autobus*



*pieno  
il cuore  
vuoto  
il collo  
lungo  
il nastro  
a treccia  
i piedi  
piatti  
piatti e appiattiti  
il posto  
vuoto  
e l'inatteso incontro alla stazione dai mille fuochi spenti  
di quel cuore, di quel collo, di quel nastro, di quei piedi  
di quel posto vuoto  
e di quel  
bottone*

*Svolgimento.*

*Ieri la signora maestra ci ha portato a fare la consueta gita in autobus (linea S) per fare interessanti esperienze umane e capire meglio i nostri simili. Abbiamo socializzato con un signore molto buffo dal collo molto lungo che portava un cappello molto strano con una cordicella attorno. Questo signore non si è comportato in modo molto educato perché ha litigato con un altro signore che lo spingeva, ma poi ha avuto paura di prendersi un bel ceffone ed è andato a sedersi su un posto libero. Questo episodio ci insegna che non bisogna mai perdere il controllo di noi stessi e che, se sappiamo comprenderci l'un l'altro perdonandoci reciprocamente i nostri difetti, dopo ci sentiremo molto più buoni e non faremo brutte figure.*

*Due ore più tardi abbiamo incontrato lo stesso signore col collo lungo che parlava davanti a una stazione grandissima con un amico, il quale gli diceva delle cose a proposito del suo cappottino.*

*La signora maestra ci ha fatto osservare che questo episodio è stato molto istruttivo perché ci ha insegnato che nella vita accadono molte coincidenze curiose e che dobbiamo osservare con interesse le persone che incontriamo perché potremmo poi rincontrarle in altra occasione.*

Abbiamo prima citato Italo Calvino. In molte delle sue opere ritroviamo il “segno” della sua curiosità verso la matematica (e, più in generale, verso la scienza). Basti ricordare le testimonianze stravaganti, ma sempre sostenute da un pur improbabile rigore scientifico, sulle origini dell’universo e della vita o i modelli interpretativi, paradossali ma logicamente conseguenti, sulla natura dei fenomeni spazio-temporali delle *Cosmicomiche* e di *Ti con zero*, o ancora gli “esercizi di descrizione” esaustivi e divaganti di *Palomar*.

Quello di Calvino verso la matematica è una sorta di “debito” esplicitamente dichiarato. Nelle sue magistrali *Lezioni americane* parla, a proposito delle tensioni sottostanti alla sua scrittura, della sua *predilezione per le forme geometriche, per le simmetrie, per le serie, per la combinatoria, per le proporzioni numeriche*. Quella tensione verso l’*esattezza*, che Calvino riconosce nella sua ricerca letteraria, si esprime attraverso due “pulsioni” contrastanti, come Calvino stesso ci dice, sempre nelle *Lezioni americane*:

*In realtà sempre la mia scrittura si è trovata di fronte due strade divergenti che corrispondono a due diversi tipi di conoscenza: una che si muove nello spazio mentale d’una razionalità incorporata, dove si possono tracciare linee che congiungono punti, proiezioni, forme astratte, vettori di forze; l’altra che si muove in uno spazio gremito di oggetti e cerca di creare un equivalente verbale di quello spazio riempiendo la pagina di parole, con uno sforzo di adeguamento minuzioso dello scritto al non scritto alla totalità del dicibile e del non dicibile. Sono due pulsioni verso l’esattezza che non arriveranno mai alla soddisfazione assoluta...*

Di questa duplice tensione l’esempio più alto è forse il suo *Le città invisibili*, dove la città è simbolo complesso che condensa in sé razionalità geometrica e groviglio di esistenze umane. E così quando il Gran Kan, che, attraverso la narrazione di Marco Polo, ha ripercorso la varietà e molteplicità delle città del suo impero, e ha ridotto tale multiforme complessità alle combinazioni possibili dei pezzi su una scacchiera, fino a perdere di vista il significato della “partita”, è lo stesso Marco Polo a ricordare come la scacchiera non sia semplicemente un’arida astrazione buona solo per giocare battaglie virtuali, ma come invece sia piena della complessità del vissuto:

*La tua scacchiera, sire, è un intarsio di due legni: ebano e acero. Il tassello sul quale si fissa il tuo sguardo illuminato fu tagliato in uno strato del tronco che crebbe in un anno di siccità: vedi come si dispongono le fibre? Qui si scorge un nodo appena accennato: una gemma tentò di*

*spuntare in un giorno di primavera precoce, ma la brina della notte l'obbligò a desistere... Ecco un poro più grosso: forse è stato il nido di una larva; non d'un tarlo, perché appena nato avrebbe continuato a scavare, ma d'un bruco che rosicchiò le foglie e fu la causa per cui l'albero fu scelto per essere abbattuto... Questo margine fu inciso dall'ebanista...*

*La quantità di cose che si potevano leggere in un pezzetto di legno liscio e vuoto sommergeva Kublai; già Polo era venuto a parlare di boschi d'ebano, delle zattere di tronchi che discendono i fiumi, degli approdi, delle donne alle finestre...*

Questo passo calviniano, in cui la scacchiera e la sua genesi possono essere lette come metafora del rapporto controverso tra astrazione e concretezza, tra rappresentazione e realtà, tra forma e significato rimanda a una composizione - che presto vedremo - che dobbiamo ad altro scrittore che qui non si potrebbe certamente fare a meno di citare: l'argentino Jorge Luis Borges.

Come tralasciare, infatti, in un discorso sulle suggestioni della matematica sulla scrittura, colui che ha immaginato e dato vita a una biblioteca così sconfinata che la sua descrizione finisce per essere solo un modo di ricostruire con altre parole l'universo stesso:

*Questo pensatore osservò che tutti i libri, per diversi che fossero, constavano di elementi uguali: lo spazio, il punto, la virgola, le ventidue lettere dell'alfabeto. Stabili, inoltre, un fatto che tutti i viaggiatori hanno confermato: non vi sono, nella vasta Biblioteca, due soli libri identici. Da queste premesse incontrovertibili dedusse che la Biblioteca è totale, e che i suoi scaffali registrano tutte le combinazioni dei venticinque simboli ortografici (numero, anche se vastissimo, non infinito) cioè tutto ciò che è dato di esprimere, in tutte le lingue. Tutto: la storia minuziosa dell'avvenire, le autobiografie degli arcangeli, il catalogo fedele della Biblioteca, migliaia e migliaia di cataloghi falsi, la dimostrazione della falsità di questi cataloghi, la dimostrazione della falsità del catalogo fedele, l'evangelo gnostico di Basilide, il commento di questo evangelo, il commento del commento di questo evangelo, il resoconto veridico della tua morte, la traduzione di ogni libro in tutte le lingue, le interpolazioni di ogni libro in tutti i libri.*

È ovvio che la maggior parte dei libri della "biblioteca totale" è costituita da libri privi di senso:

*Questa constatazione permise, or sono tre secoli, di formulare una teoria generale della Biblioteca e di risolvere soddisfacentemente il problema che nessuna congettura aveva permesso di decifrare: la natura informe e caotica di quasi tutti i libri. Uno di questi, che mio padre vide nell'esagono del circuito quindici novantaquattro, constava delle lettere M C V , perversamente ripetute dalla prima all'ultima riga. Un altro (molto consultato in questa zona) è un mero labirinto di lettere, ma l'ultima pagina dice Oh tempo le tue piramidi. È ormai risaputo: per una riga ragionevole, per una notizia corretta, vi sono leghe di insensate cacofonie, di farragini verbali e di incoerenze.*

Jorge Luis Borges - *La biblioteca di Babele in Finzioni.*

Di nuovo la combinatoria diventa qui spunto e occasione per un gioco funambolico; e questo gioco non è fine a se stesso, ha delle risonanze nella nostra mente poiché, evidentemente, allude a ricerche di senso, incoerenze e “rumori” che hanno a che fare con la nostra vita.

Ma con lo scrittore argentino non abbiamo finito. Borges è anche colui che estrae dal suo cilindro la metafora più frequentata nel dibattito sulla scienza, quella che, in analogia con il calviniano dialogo tra il Gran Kan e Marco Polo, ci parla del rapporto tra realtà e rappresentazione della stessa. Nel breve passo *Del rigore nella scienza* – che Borges, nel suo interminabile gioco di rimandi, occultamenti e specchiamenti, attribuisce a tal Suarez Miranda, improbabile memorialista del Seicento – si narra di un'impresa scientifica tanto ambiziosa quanto paradossale, votata inesorabilmente a un destino di sterilità, e dunque altrettanto inesorabilmente soggetta alle ingiurie del tempo...

*... In quell'Impero, l'Arte della Cartografia raggiunse tale Perfezione che la mappa di una sola Provincia occupava un'intera Città, e la mappa dell'Impero un'intera Provincia. Col tempo queste Mappe Smisurate non soddisfecero più e i Collegi dei Cartografi crearono una Mappa dell'Impero che aveva la grandezza stessa dell'Impero e con esso coincideva esattamente. Meno Dedite allo Studio della Cartografia, le Generazioni Successive capirono che quell'immensa Mappa era Inutile e non senza Empietà l'abbandonarono alle Inclemenze del Sole e degli Inverni. Nei deserti dell'Ovest restano ancora lacere Rovine della Mappa, abitate da Animali e da Mendicanti: nell'intero Paese non vi sono altre reliquie delle Discipline Geografiche.*



La verità è che gli scrittori che hanno un debito verso la costruzione matematica (i citati Queneau, Calvino, Borges, ad esempio) saldano questo debito con gli interessi: attraverso la loro scrittura ci restituiscono un profilo della matematica che arricchisce la nostra percezione di essa, fornendo alla matematica uno spessore, anche esistenziale, che - oltre a divertirci e emozionarci - ci aiuta a vederla davvero come una componente significativa e “interna” al pensiero umano.

\* \* \*

Matematica e letteratura sembrano due mondi non comunicanti. Eppure - abbiamo cercato di mostrarlo - sembrano scambiarsi fruttuosamente spunti e suggestioni. E allora sarà forse il caso di riflettere se il preconetto relativo alla distanza tra matematica e letteratura non sia frutto di una visione riduttiva della matematica, purtroppo in qualche misura comune ai cultori della disciplina e al più ampio mondo degli “snumerati”.

Non è forse la matematica arida, asettica, difficile? Non è forse il mondo del compiuto, del detto una volta per tutte? Non le convengono forse gli attributi della certezza, dell’univocità, dell’indiscutibilità? Cosa ha che fare, allora, con i sapori, gli odori, l’incompiutezza della narrazione?

Certo, è difficile far convivere un’immagine della matematica di questo tipo con la letteratura. Ma è proprio questa (o, almeno, solo questa) la matematica? Non sarà che anche la matematica ha le sue storie, i suoi drammi, i suoi paradossi, persino le sue indeterminatezze? E dunque, non avverrà che a uno sguardo attento si riveli meno “certa”, univoca, indiscutibile di quanto in generale si ritenga? Non sarà che anche la matematica, come ogni parto degli esseri umani, è in fondo una narrazione?

D’altra parte, se è facile concordare sul fatto che la matematica proietta un *principio di razionalità*, è anche vero - anche se meno scontato - che sceglie di cimentarsi con oggetti rischiosi e sfuggenti. E già, perché gli oggetti della matematica sono *oggetti mentali*: per la strada non si incontrano numeri né linee rette! Ora, gli oggetti mentali sono per loro natura controversi: anche quando nascono da un’osservazione diretta della realtà, perdono progressivamente un rapporto ravvicinato con essa.

Un esempio? Pensate a un concetto assolutamente basilare per la geometria come il concetto di punto. I primi studiosi di geometria immaginavano il punto

come un granellino. Piccolo, certamente, ma dotato di una sua dimensione. Però... però intorno al VI-V secolo avanti Cristo, dopo millenni di ragionevole geometria in cui i punti avevano una loro ragionevole consistenza fisica, avviene che la ragionevole assunzione che i punti sono ragionevoli granellini conduce a una contraddizione insanabile. Allora diventa necessario, perché la costruzione geometrica “tenga”, perché risulti coerente, decidere *contro ogni ragionevolezza* che i punti non sono granellini, bensì oggetti adimensionali, del tutto impalpabili. Gli oggetti matematici, oggetti mentali che pure inizialmente conservano una traccia visibile della loro origine “concreta”, se ne distaccano nel tempo, fino a diventare “azzardi” della mente.

Dunque – abbiamo visto solo un esempio, molti altri se ne potrebbero produrre – il procedere *secondo ragione* che caratterizza la matematica, confrontandosi con territori scivolosi, lascia comunque un ampio margine alla fantasia, al rischio, all’indeterminato.

Dedichiamo allora quest’ultima parte a una rilettura di due concetti chiave della fondazione della matematica, il concetto di numero naturale e la dicotomia vero/falso, rilettura in cui intrecceremo considerazioni di carattere storico-scientifico e suggestioni legate alla loro esplorazione da parte di scrittori, con l’obiettivo di evidenziare i caratteri problematici e “rischiosi” di tali concetti, quei caratteri che sono poi quelli che rendono davvero la matematica un’avventura della mente.

Ovviamente, il gioco si potrebbe ripetere per altri concetti chiave (quali il concetto di infinito, di simmetria, di corrispondenza, ecc.); il tempo tiranno (o, se volete, la necessità di non abusare della pazienza dell’uditorio) da una parte e il carattere di chiacchierata informale di questo incontro dall’altra, ci spingono a limitarci ai numeri naturali e ai paradossi.

Allora, i numeri naturali. I numeri – e qui ci riferiamo ai cosiddetti numeri naturali, 1,2,3,4,5 e così via – sono certamente tra le costruzioni più ardite e difficili della storia del pensiero umano (se poi conteggiamo tra i numeri naturali anche lo zero, come spesso si usa fare nei testi di matematica, bisogna giungere al secondo millennio dell’era cristiana per trovare la sua invenzione). *Devono esserci voluti secoli e secoli per scoprire che una coppia di fagiani e un paio di giorni sono entrambi esempi del numero due* diceva il matematico e filosofo Bertrand Russel. In effetti, solo un’elaborazione complessa, intelligente e laboriosa, avvenuta nel corso del tempo, ha potuto portare a individuare il numero *due* come l’“astratto” di una classe di insiemi “ugualmente numerosi”



- ... di miliardi di miliardi di miliardi di miliardi! -. A poco a poco la sua voce si smorzò, l'ultimo fievole "di miliardi" gli uscì dalle labbra come un sospiro, indi si abbatté sfinito sulla sedia. Il principe Ottone gli si avvicinò, e stava per appuntargli la medaglia sul petto, quando Gianni Binacchi urlò: - Più uno! -.

*La folla precipitatasi nell'emiciclo portò in trionfo Gianni Binacchi.*

*Quando tornammo a casa, mia madre ci aspettava ansiosa sulla porta. Pioveva. Il babbo, appena sceso dalla diligenza, le si gettò tra le braccia singhiozzando: - Se avessi detto più due avrei vinto io -.*

La nostra scrittura dei numeri e persino i *nomi* dei numeri obbediscono a una logica decimale e posizionale. Il numero dieci gioca un ruolo nella nostra scrittura dei numeri, la scrittura arabo-indiana, per un motivo del tutto extramatematico: l'aver noi esseri umani dieci dita nelle mani. Molto più importante, però, è il fatto che la nostra scrittura dei numeri sia "posizionale", conquista "recente" (in fondo conta solo un migliaio di anni) e tormentata (si è affermata solo in mezzo a mille resistenze rispetto alla scrittura romana). Nella nostra notazione, tra i vari simboli non è sottintesa solo l'addizione, come nella scrittura romana, bensì anche la moltiplicazione di ogni cifra per una potenza di dieci.

Di questo ci parla il grande e già citato Borges. Lo scrittore argentino evoca il tormentato e enigmatico Ireneo Funes, un uomo dalla memoria così prodigiosa da aver elaborato, tra l'altro, un sistema originale di numerazione, in cui a ogni numero corrisponde un immaginifico nome, al di là di una qualsiasi logica di composizione. Nel racconto *Funes, o della memoria*, la memoria prodigiosa di Funes è occasione per suggestive e paradossali riflessioni che, a ben pensarci, investono, oltre le problematiche della scrittura dei numeri, l'intero processo di astrazione che caratterizza così fortemente la matematica.

*Mi disse che verso il 1886 aveva scoperto un sistema originale di numerazione e in pochi giorni aveva superato il ventiquattromila. Non l'aveva scritto perché l'averlo pensato una sola volta gli bastava per sempre. Il primo stimolo, credo, gli venne dallo scontento che per il 33 in cifre arabe ci volessero due segni e due parole, in luogo d'una sola parola e d'un solo segno. Applicò subito questo stravagante principio agli altri numeri. In luogo di settemilatredici diceva, per esempio, Maximo Perez, in luogo di settemilaquattordici La ferrovia; altri numeri erano Luis Melian Lafinur, Olimar, zolfo, il trifoglio, la balena, il gas, la caldaia, Napoleone, Agustin de Vedia. In luogo di cinquecento*

*diceva nove. A ogni parola corrispondeva un segno particolare, una specie di marchio; gli ultimi erano molto complicati... Cercai di spiegargli che questa rapsodia di voci sconnesse era precisamente il contrario di un sistema di numerazione. Gli feci osservare che dire 365 è dire tre centinaia, sei decine, cinque unità: analisi che non è possibile con i “numeri” Il Negro Timoteo o Mantello di carne. Funes non mi sentì o non volle sentirmi.*

*Locke, nel secolo XVII, propose (e rifiutò) un idioma impossibile, in cui ogni singola cosa, ogni pietra, ogni uccello e ogni ramo avesse un nome proprio; Funes aveva pensato, una volta, a un idioma di questo genere, ma l’aveva scartato parendogli troppo generico, troppo ambiguo. Egli ricordava, infatti, non solo ogni foglia di ogni albero di ogni montagna, ma anche ognuna delle volte in cui l’aveva percepita o immaginata. Decise di ridurre ciascuno dei suoi giorni passati a un settantamila ricordi, da contrassegnare con cifre. Lo dissuasero due considerazioni: quella dell’interminabilità del compito; quella della sua inutilità. Pensò che all’ora della sua morte non avrebbe ancora finito di classificare tutti i ricordi della sua infanzia.*

*I due progetti che ho detto (un vocabolario infinito per la serie naturale dei numeri, un inutile catalogo mentale di tutte le immagini del ricordo) sono insensati, ma rivelano una certa balbuziente grandezza. Ci permettono di intravedere, o di dedurre, il vertiginoso mondo di Funes. Questi, non dimentichiamolo, era quasi incapace di idee generali, platoniche. Non solo gli era difficile di comprendere come il simbolo generico cane potesse designare un così vasto assortimento di individui diversi per dimensione e forma; ma anche l’infastidiva il fatto che il cane delle tre e quattordici (visto di profilo) avesse lo stesso nome del cane delle tre e un quarto (visto di fronte).*

Veniamo ora al tema di ciò che si deve considerare vero e di ciò che si deve considerare falso. Interrogarsi intorno alla verità di una proposizione significa entrare in un universo infido e sdruciolevole, dove oggetti e relazioni perdono gli attributi del reale per divenire ombre vaghe e sfuggenti, connesse tra loro da legami esili e ipotetici. La logica matematica si è cimentata a lungo, nel corso della sua storia, con il tentativo di ridurre la nozione di verità da qualità ineffabile a quantità in qualche modo misurabile. Il tentativo ha avuto certo esiti apprezzabili, ma non è potuto venire a capo – se non parzialmente – dei

paradossi che fioriscono sulla strada della coerenza (d'altra parte non sarà un caso se i risultati più significativi della logica moderna, i teoremi di Godel, sono risultati "negativi", nel senso che sono risultati che stabiliscono delle "impossibilità" riguardo ai sistemi formali, almeno quando essi sono ragionevolmente complessi. Rispettivamente l'insopprimibile incompletezza di ogni sistema formale, ovvero il fatto che all'interno di ogni teoria non è possibile dedurre formalmente tutte le proposizioni vere; e l'ineliminabile mancanza di garanzie di coerenza dei sistemi formali, ovvero il fatto che è impossibile dimostrare all'interno di una teoria che essa è priva di contraddizioni).

Per fortuna, oltre i confini della dottrina, si può ricorrere al buonsenso e all'umanità; così, nel *Don Chisciotte* di Cervantes, il fido scudiero Sancio Panza, a cui è stato fatto credere di essere infine diventato signore di un'isola, può sciogliere la questione, perfidamente paradossale, che gli viene proposta per mettere alla prova le sue capacità di governo.

*La domanda fu questa:*

*- Signore, un ampio fiume divideva in due parti una proprietà... E stia bene attenta la signoria vostra, perché la questione è importante e piuttosto complicata. Dico dunque che su questo fiume c'era un ponte, e in capo al ponte una forca e una specie di tribunale, dove di solito c'erano quattro giudici che applicavano la legge imposta dal signore del fiume, del ponte e dello stato, che diceva così: se qualcuno attraversa il ponte deve prima dichiarare sotto giuramento dove va e cosa va a fare; e ove dichiarare il vero, lo si lasci passare; ove invece dica il falso, sia per questo impiccato sulla forca che lì si vede, senza alcuna remissione. [...]*

*Capitò infine che un tale, richiesto del giuramento, giurò, e dichiarò col giuramento che faceva, che andava a morire su quella forca. I giudici stettero a riflettere su quel giuramento e dissero: se lo lasciamo passare liberamente, allora egli avrà giurato il falso, e secondo la legge deve morire; se lo impicchiamo, egli ha giurato che andava a morire su quella forca, e avendo dichiarato il vero, per la stessa legge dev'essere libero. [...]*

*Avendo avuto notizia dell'alta e sottile intelligenza della Signoria Vostra, hanno mandato me a supplicarla da parte loro di voler dare il suo parere in questa complicatissima e dubbia questione. [...]*

*- Ma caro il buon uomo - rispose Sancio - questo passeggero, o io sono un pezzo d'asino, o ci son tante ragioni perché muoia quante ce ne sono perché viva e passi il ponte; perché se la verità lo salva, la bugia lo*

*condanna; ed essendo così, sono del parere [...] che lo lascino passare liberamente, perché è sempre più lodevole fare il bene che fare il male; e lo firmerei col mio nome, se sapessi firmare...*

Certo, le vicende della matematica e della logica ci fanno incontrare con molti paradossi; spesso sono stati proprio i paradossi a indurre svolte di grande importanza, che hanno costretto matematici e logici a ripensare radicalmente il loro approccio a determinate tematiche. Ma il paradosso propostoci da Cervantes resta tra i più semplici, eleganti e suggestivi. Ancora una volta, la magia delle parole di uno scrittore ci aiutano a pensare, anche a pensare in ambito matematico...

\* \* \*

Siamo infine al commiato. E per il commiato “viene bene” un altro personaggio e un’altra narrazione che una grande scrittrice ci ha regalato.

Il personaggio di Zenone, protagonista de *L’opera al nero* di Marguerite Yourcenar, è tra i più affascinanti della letteratura del Novecento. Zenone, uomo ombroso e inquieto, medico, alchimista e filosofo, vive all’inizio dell’era moderna, quando l’Inquisizione allunga la sua ombra sull’Europa. Sono tempi oscuri, tempi in cui, come Umberto Eco fa dire al suo Guglielmo di Baskerville, protagonista de *Il nome della rosa: un uomo saggio doveva pensare cose in contraddizione tra loro*.

Il destino di Zenone non può che essere un destino di solitario vagabondaggio. Solitario per aristocratica distanza non meno che per accorta prudenza; vagabondaggio perché non c’è luogo sicuro per chi – in quei tempi - si è consacrato a una ricerca in cui gli occhi del corpo, e prima ancora quelli della mente, intendono restare orgogliosamente aperti; d’altra parte è lo stesso Zenone a dire al cugino Massimiliano, nel primo dei loro incontri che contrappuntano i viaggi dello scienziato: *Chi sarà tanto insensato da morire senza aver fatto almeno il giro della propria prigione?*

Forse però – nonostante tutto - Zenone è meno saggio di frate Guglielmo. E’ vero, anche Zenone non coltiva nessun furore eroico né conosce condivisioni sentimentali che potrebbero perderlo; eppure la sua ricerca, anche se dissimulata e nascosta, non può arrestarsi; la sua lucida consapevolezza delle debolezze umane non gli impedisce un residuo di orrore e di pietà; il suo girovagare conosce infine la stanchezza e l’ultima fatale sosta nei luoghi della sua infanzia. E dunque la sua vicenda non può fare a meno di inclinare,

inesorabilmente, verso un epilogo tragico; sfuggirà al rogo solo attraverso un lucido suicidio per dissanguamento in cui entrerà, ancora una volta, con l'intelligenza vigile e gli occhi aperti.

Nel suo ultimo incontro con il cugino Massimiliano, letterato e soldato di ventura, – quando ormai incombe su entrambi il compiersi del loro destino - Zenone disegna il senso della sua scelta di vita; le sue parole, dimesse eppure orgogliose, ci consegnano una sorta di impegnativo e attualissimo codice etico della ricerca con cui mi piace terminare il mio intervento.

*Non cesserò mai di stupirmi che questa carne sostenuta dalle sue vertebre, questo tronco congiunto alla testa dall'istmo del collo, con le sue membra simmetricamente disposte intorno, contengano e forse producano uno spirito che si serve dei miei occhi per vedere e dei miei movimenti per palpare... Ne conosco i limiti, e so che a un certo punto gli mancherà il tempo per andar più lontano, e la forza, se per caso il tempo gli fosse concesso. Ma esso è, e, in questo momento, è colui che E'. So che esso sbaglia, erra, interpreta spesso a torto le lezioni che gli impartisce il mondo, ma so anche che porta in sé di che scoprire e talvolta rettificare i propri errori. [...]*

*So che non so quello che non so; invidio coloro che sapranno di più, ma so che anch'essi, come me, avranno da misurare, pesare, dedurre e diffidare delle deduzioni ottenute, stabilire nell'errore qual è la parte del vero e tener conto nel vero dell'eterna presenza del falso. Non mi sono mai ostinato in un'idea per timore dello smarrimento in cui cadrei senza di essa. Né ho mai condito di menzogne un fatto vero per rendermene la digestione più facile. Non ho mai deformato le opinioni dell'avversario per confutarle più facilmente. [...]*

*O piuttosto, sì: mi sono sorpreso a farlo, e ogni volta mi sono rimproverato come si sgrida un domestico disonesto, e ho ritrovato la fiducia solo dopo essermi ripromesso di far meglio. Ho avuto anch'io i miei sogni, e non gli attribuisco valore d'altro che di sogni. Mi sono guardato bene dal fare della verità un idolo; ho preferito lasciarle il nome più umile di esattezza. I miei trionfi e i miei pericoli non sono quelli che la gente si immagina; ci sono altre glorie oltre la gloria e altri roghi oltre il rogo. Son quasi riuscito a diffidare delle parole. Morirò un po' meno sciocco di come sono nato.*



\*Giuliano Spirito

Docente di matematica nel primo ciclo e quindi nel secondo, ha partecipato a numerosi convegni e seminari sulla didattica della matematica, ha collaborato con l'università Bicocca di Milano, ha scritto per varie riviste didattiche e scientifiche, è autore di libri di testo innovativi per il biennio della secondaria superiore e, più recentemente, per la scuola media (*Il racconto della matematica* di G.Spirito-M.D'Onofrio-G.Petrini, La Nuova Italia, Firenze). E' inoltre autore di libri di divulgazione matematica : *Matematica senza numeri* e *Matematica dell'incertezza*, Ed. Newton-Compton, Roma; *Grammatica dei numeri*, Editori Riuniti, Roma; *La lotteria a Babilonia*, Decibel-Zanichelli, Bologna.

\*\* l'intervento è stato già pubblicato in "insegnare", la rivista del CIDI, n. 2/3, 2006, pag. 24-29.



Tito M. Tonietti\*

## Matematica per la musica, oppure musica per la matematica? (In Europa, in Cina, in India)

In Europa, le scuole pitagoriche e platoniche sviluppavano la legge quantitativa più antica: la lunghezza della corda sta in proporzione inversa all'altezza delle note. Si dividevano i suoni secondo le proporzioni 1 : 2 : 3 : 4. Si trattava una musica ideale, la musica delle sfere celesti. Ma Aristosseno le contrapponeva quella dei musicisti, suonata sugli strumenti, ascoltata con le orecchie e ricca di modulazioni. Sulla terra, la musica superava i limiti dei numeri interi ed indicava che il mondo dove si vive fosse più complesso e compreso piuttosto nella geometria del *continuum*.

In Cina, la musica *yinyue* veniva pensata generata dal fluido vitale energetico *qi* il quale vibrava nelle canne *liülü*. Qui, in estremo oriente, si introducevano note che non coincidevano nelle proporzioni con quelle greche e venivano distribuite in cerchio lungo il ciclo temporale delle stagioni. Era allora la musica dell'atmosfera.

In India, abbiamo di fronte il paradosso di una cultura la quale sviluppava sì la propria matematica *ganita* caratteristica, ma trattava la musica *samgita* o *gandharva* seguendo invece l'orecchio e le regole della lingua. I registri delle voci si distribuivano nei tre *sthana* basso, medio ed alto. I suoni venivano divisi in ventidue microintervalli *śruti* uguali. Ma questi sarebbero diventati quarti di tono nell'ottava soltanto con l'invasione nel Nord degli arabi.

In generale, ogni cultura ha sviluppato le proprie diverse scienze matematiche come ha creato altrettanto le proprie diverse musiche.

## 1: *La Grecia.*

### Il Platone di esecuzione

#### Carlo Mazzacurati

Vorrei iniziare qui con una tesi la cui versione più forte e chiara è la seguente:

**La musica è stata uno dei modelli matematici primigeni per le scienze della natura in Occidente.**

L'altro modello descriveva il movimento degli astri nel cielo.

Tale tesi ci viene suggerita da uno degli eventi più antichi del quale possediamo ancora memoria. Esso è tanto antico da essere diventato mitico e perdersi dietro le quinte di sabbia del deserto. Esiste una relazione tra la lunghezza di una corda tesa che emette suoni quando è pizzicata per farla vibrare e l'altezza di quei suoni come percepiti dall'orecchio. La relazione veniva stabilita in una forma matematica precisa, quella della proporzionalità inversa. Dopo Descartes, si sarebbe poi scritta la formula

$$\nu \propto \frac{1}{l}$$

Dove l'altezza (dopo Mersenne) sarebbe stata misurata come la frequenza  $\nu$  (il numero delle vibrazioni nel tempo della corda) e la lunghezza  $l$ .

La medesima relazione appare rimasta stabile fino ad oggi, dopo circa 2.500 anni. È l'unica legge naturale matematica creduta ancora valida, mentre le altre venivano modificate varie volte col tempo?

“... possibilmente la più antica di tutte le leggi fisiche quantitative”, scriveva Carl Boyer nel suo manuale di storia della matematica.<sup>1</sup> Quel “possibilmente” si potrebbe forse cancellare.

In Europa, venne a formarsi una tradizione secondo la quale sarebbe stato il famoso Pitagora a venir colpito dalla relazione tra la gravità dei suoni e la dimensione dei corpi vibranti: passando davanti all'officina di un fabbro dove si

---

<sup>1</sup> Boyer 2003, p. 65. “... possibly the oldest of all quantitative physical laws”.

percuotevano martelli di grandezza diversa. Ma l'aneddoto ci appare poco attendibile, soprattutto perché la precedente relazione inversa semplice che interessava riguarda piuttosto le corde.

Comunque, i suoni emessi dagli strumenti, cioè le note musicali ascoltate dalle orecchie, potevano ora venir classificati e regolati. Come? Corde di lunghezza diversa emettevano note di diversa altezza con le quali fare musica. Ma Pitagora ed i suoi seguaci sostenevano che non tutte le note andassero bene. Per ottenere una buona musica, bisognava sceglierne alcune con un certo criterio. Quale? Le lunghezze delle corde dovevano stare tra di loro nelle proporzioni 1 : 2, 2 : 3, 3 : 4. Cioè una prima nota veniva creata da una corda di una certa lunghezza, una seconda veniva generata da un'altra di lunghezza doppia, ottenendo un suono più grave di altezza metà. Tra le due note nasceva un intervallo chiamato *diapason*. Oggi si direbbe che, se la prima nota fosse un *do*, la seconda sarebbe un altro *do*, ma più grave di un intervallo detto "ottava", dunque il *do* dell'ottava bassa. La stessa proporzione

1 : 2 vale anche se si prendesse una corda di lunghezza metà; si otterrebbe soltanto una nuova nota di altezza doppia, cioè il *do* dell'ottava superiore.

Le altre proporzioni producevano altre note ed altri intervalli. La proporzione 2 : 3 generava l'intervallo di *diapente* (la quinta *do - sol*) e 3 : 4 il *diatessaron* (la quarta *do - fa*). Le proporzioni stabilivano quindi che non il suono singolo isolato, ma la relazione tra le note acquisisse il significato più importante. Nasceva in tal modo l'armonia, dalla parola greca ἀρμονία accordo, relazione, giusta rispondenza tra le parti.

A questo punto, la storia si faceva ancora più interessante ed anche relativamente documentata perché, durante tutta la seguente evoluzione delle scienze, si sono continuamente sviluppate controversie riguardo a due problemi principali. In quali note dividere l'ottava? Quali degli intervalli relativi considerare consonanti, cioè 'gradevoli' e quindi ammessi nei pezzi di musica, e quali dissonanti? E perché? La presenza costante di risposte contrastanti a tali questioni ci permette anche di collocare subito le scienze sullo sfondo delle diverse culture. Ciascuna trattava infatti i problemi a suo modo fornendone soluzioni differenti.

Comunque il nostro modello originario di legge matematica, stante il suo successo sorprendente, veniva posto in relazione qua e là con altre regolarità identificate e posto come spiegazione di altri fenomeni. Il più celebre era certo il movimento dei pianeti e degli astri; così nasceva la cosiddetta musica delle

sfere celesti e, legato ad essa, anche l'uso terapeutico della musica in medicina. Tale sigillo originario, tale aporia fondatrice originaria restava visibile a lungo. Tutti, o quasi, i personaggi che siamo soliti considerare nell'evoluzione delle scienze matematiche scrivevano sui problemi precedenti. Talvolta portavano contributi originali, tal'altra ripetevano con qualche variazione personale quanto avevano appreso dalla tradizione. Essa poteva venir chiamata tradizione pitagorica, dal nome del mitico fondatore cui veniva attribuita la scoperta iniziale, oppure platonica e neoplatonica. Ad essa poteva persino venir contrapposta quella rivale di Aristosseno. In ogni caso, molti si sentivano obbligati a renderle omaggio attraverso commenti, compendi, citazioni sparse, oppure vere e proprie teorie.

Cominceremo col ricordare i pitagorici ed altri personaggi che si rifacevano alla loro tradizione come Euclide e Platone, ma anche la diversa concezione di Aristosseno. Col tempo, l'interesse per la divisione dell'ottava in un certo numero di note e l'interesse per spiegarne le consonanze passava indenne o quasi attraverso la sostituzione epocale (rivoluzione?) del sistema astronomico tolemaico con il copernicano avvenuta nel secolo XVII. Poteva venir variamente intesa come teoria della musica, oppure come acustica, come la musica della matematica oppure la matematica della musica. Comunque essa proseguiva incessante nell'Europa dei Galilei, Keplero, Descartes, Leibniz, Newton. Essa non veniva abbandonata del tutto neppure quando, nel secolo XVIII, personaggi come D'Alembert ed Euler sentivano l'esigenza di ripulire il nuovo linguaggio simbolico scelto per le nuove scienze e di trattarle in un modo sistematico generale.

Il modello matematico scelto dai Pitagorici, con le proporzioni dette sopra, seleziona le note attraverso numeri interi disposti in successione "geometrica". Cioè si passa da un termine al successivo (da una nota alla successiva) *moltiplicando* per un certo numero, detto la "ragione" della successione. Così, nella successione geometrica 1, 2, 4, 8, 16, ... si moltiplica per la ragione 2. Nelle successioni "aritmetiche" si procede invece *sommando*, come in 1, 2, 3, 4, 5, ... di ragione 1, oppure come in 1, 4, 7, 10, 13, ... di ragione 3. I Pitagorici avevano quindi introdotto anche la media "geometrica" o "proporzionale", in rapporto alla relazione  $1 : 2 = 2 : 4$ . Cioè il termine intermedio tra 1 e 4, nella predetta successione, si ottiene moltiplicando  $1 \times 4 = 4$  ed estraendo la radice quadrata  $\sqrt{4} = 2$ . La media aritmetica si ottiene invece sommando i due numeri e dividendo per 2. Cioè, nella successione aritmetica precedente,  $\frac{1+7}{2} = 4$ .

Infine, sempre questo tipo di musica amata dai Pitagorici suggeriva anche le successioni e le medie “armoniche”. Prendendo corde di lunghezza disposte in successione aritmetica 1, 2, 3, 4, 5,.... si ottengono note di altezze decrescenti disposte nella successione armonica  $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \dots$ . Di conseguenza la terza media, praticata dai Pitagorici e detta armonica, si ottiene calcolando l’inverso della media aritmetica degli inversi.

$$\frac{1}{\frac{1}{2}(2+4)} = \frac{1}{3} \text{ oppure } 2 \frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = \frac{1}{3}$$

In tempi ormai lontani e nei luoghi scaldati dal forte sole mediterraneo, piuttosto che da quello pallido dell’Europa nord atlantica, i Pitagorici avevano così stabilito in generale la media aritmetica  $a = \frac{b+c}{2}$ , la media geometrica  $a = \sqrt{cb}$  e la media armonica  $\frac{1}{a} = \frac{1}{2}(\frac{1}{b} + \frac{1}{c})$  cioè  $a = 2 \frac{b \times c}{b+c}$ . Infatti prendendo corde di lunghezza 1, 2, 3 si ottenevano (a parità di tensione, spessore e materiale) note di altezza decrescente  $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ , cioè quelle note che davano l’unisono, l’ottava (bassa), la quinta (che poteva essere riportata nella stessa ottava dividendo la corda di lunghezza 3 in due parti ottenendo 23). La successione aritmetica (di ragione 12) 1, 23, 2 genera la successione armonica 1, 32, 21. Attraverso di esse le sette mistiche, che si riferivano al personaggio della Magna Grecia (l’attuale Italia meridionale) chiamato Pitagora, dividevano l’unica corda di uno strumento musicale teorico detto il monocordo. Costoro ritenevano che le uniche consonanze (sinfonie) fossero l’unisono, l’ottava, la quinta e la quarta perchè erano generate dai rapporti 1:1, 1:2, 2:3, 3:4. Per loro, che con la musica si usassero i primi quattro numeri interi e che essi inoltre sommati insieme dessero  $10 = 1 + 2 + 3 + 4$ , la *tetractis*, aveva un significato profondo. Era la prova migliore che nel mondo tutto venisse regolato dai numeri interi e dai loro derivati.

I giochi con i numeri interi e le medie piacevano molto. Le scelte preferite per le note diventavano 6, 8, 9, 12. Essi contengono l’ottava 6 : 12, la quinta 6 : 9, la quarta 6 : 8 ed il tono  $8 : 9$ .<sup>2</sup> Inoltre, 9 è la media aritmetica tra 6 e 12, mentre 8 ne è la media armonica. I punti della *tetractis* venivano distribuiti in un triangolo; 4, 9, 16 punti assumevano forma quadrata. I numeri invadevano la geometria. Ai numeri si davano valori simbolici: i dispari acquisivano valori maschili, i pari femminili;  $5 = 3 + 2$  rappresentava il matrimonio. E così via.

---

<sup>2</sup> Vedere più avanti.

Fosse dipeso dai casi storici o dalle regole di segretezza praticate dagli iniziati della setta italice, nessun testo scritto diretto di Pitagora (Samo 560 circa – Metaponto 480 circa a.C.) doveva venir reso disponibile per alcuno. Si narrava che ne potessero conoscere i misteri solo due gruppi di adepti: gli *acousmaticoi*, i quali erano vincolati al silenzio ed al ricordare le parole del maestro, ed i *matematicoi*, i quali dopo un lungo tirocinio potevano porre domande ed esprimere proprie opinioni.

Ma col tempo altri, tra cui il più famoso era Platone, avrebbero lasciato tracce scritte sulle quali narriamo la nostra storia.

Le sette pitagoriche, attraverso le proporzioni scelte per l'ottava, la quinta e la quarta, arrivavano rapidamente a calcolare anche l'intervallo di tono *fa - sol*: la differenza tra la quinta *do - sol* e la quarta *do - fa*.

Se, nella progressione geometrica che regge le note, sommare due intervalli significa comporre nella moltiplicazione le proporzioni relative, sottrarre due intervalli significa comporre le proporzioni necessarie nella divisione. Pertanto, il rapporto pitagorico per il tono diventa divisione. Cioè diventa  $\frac{3}{2} : \frac{4}{3} = \frac{9}{8}$ .

Ma, si badi, questo modo di calcolare è del tutto anacronistico. Serve soltanto a noi, abituati ormai altrimenti, per arrivare rapidamente al risultato. I greci per indicare i numeri usavano le lettere del loro alfabeto  $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ . Inoltre gli intervalli sono proporzioni e non frazioni, che per noi indicano un numero e sono state introdotte molto più tardi. Quindi il tono pitagorico va espresso piuttosto come rapporto 9 : 8.

Tutti i trattati di musica si riempivano allora della questione se fosse possibile dividere il tono in due parti (semitoni) uguali. La tradizione pitagorica lo negava, ma i seguaci di Aristosseno lo ammettevano facilmente. Perché? Dividere il tono pitagorico in due parti uguali avrebbe significato ammettere l'esistenza della media geometrica o proporzionale tra 9 ed 8 cioè  $9 : \alpha = \alpha : 8$ , dove  $9 : \alpha$  ed  $\alpha : 8$  sono le proporzioni del semitono cercato. Ma quanto sarebbe dovuto valere allora  $\alpha$ ? Chiaramente  $\alpha = \sqrt{9 \cdot 8}$  e dunque  $\alpha = 3 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}$ ! Pertanto la controversia più celebre della matematica greca antica, quella sulla rappresentazione delle grandezze incommensurabili attraverso i numeri, quelli che oggi si chiamano irrazionali, acquisiva un bel tono musicale.

Attraverso la divisione (o meno) del tono pitagorico in due parti uguali abbiamo rappresentato la controversia sugli irrazionali e con essi arriviamo fino al *continuum*. Infatti il modello numerico del *continuum* contiene moltissimi altri

numeri, oltre agli interi ed ai loro rapporti (razionali). Esso non discrimina quelli come  $\sqrt{2}$ , che non sono considerati dai pitagorici in quanto privi di rapporto (tra interi) e dunque privi del *loro* λόγος. Altri preferivano cercare risposte nell'attività pratica del mondo dove si vive e quindi direttamente sugli strumenti musicali suonati dai musicisti, piuttosto che nell'astratto cielo dei numeri e delle idee platoniche. Costoro non dovevano dubitare che si potesse mettere il dito sulla corda proprio lì, nel punto che evocasse anche la divisione in semitoni uguali. Questa corda diventava allora il modello musicale del *continuum*. Ci occuperemo più avanti di Aristosseno, che ne era il maggior sostenitore.

Era cominciata in tal modo una storia conflittuale, la quale avrebbe continuato ad evolversi costantemente senza riuscire a risolversi mai del tutto. Essa costituisce anche una delle caratteristiche principali delle scienze europee rispetto alle altre culture, le quali, vedremo, ne daranno rappresentazioni molto diverse.

Socrate (469 -399 a.C.) manifestava interesse per i problemi delle scienze matematiche in misura molto marginale, con forse una sola eccezione interessante, comunque non amava il pitagorismo. Invece il suo allievo Platone (Atene 427 -Atene 347 a.C.) ne divenne l'alfiere principale. Durante i suoi viaggi, il celebre filosofo aveva incontrato Archita, restandone profondamente influenzato. Da lui Platone fu addirittura salvato quando rischiò la vita nelle mani di Dionisio, il tiranno di Siracusa. Così con questo filosofo ritroviamo i numeri, le medie e la musica come già presentate dai pitagorici.

Il testo più sicuro al quale i credenti nella musica delle sfere potessero rifarsi diventava ora il *Timeo* di Platone con i successivi (molto tardi) commenti di Proclo (Bisanzio 410 -Atene 485 d.C.), Macrobio (Nord Africa V secolo d.C.) ed altri. Secondo il filosofo greco, il demiurgo, ordinando l'universo in un cosmo, sceglieva il pensiero razionale, scartando le impressioni irrazionali. Dunque il modello non appariva visibile, tangibile, non aveva un corpo sensibile, era invece eterno, sempre identico a se stesso. Legato insieme da proporzioni, il cosmo assumeva forma sferica e movimenti circolari. Il cielo aveva dunque un corpo visibile ed un'anima "invisibile ma partecipe di ragione ed armonia".

Dato il dualismo tra questi due termini, il cielo si divideva secondo le regole delle proporzioni aritmetiche ed armoniche in intervalli (come il monocordo), piegandoli in cerchi perfetti. Il cielo diventava così "un'immagine mobile dell'eternità ..., un'immagine che procede secondo la legge del numero e che noi abbiamo chiamato tempo". "E l'armonia che presenta movimenti

affini alle orbite della nostra anima, ..., non è utile, ..., per un piacere irrazionale, bensì ci è donata dalle Muse come nostra alleata per ricondurre all'ordine ed all'accordo con se stesse le orbite della nostra anima divenute disarmoniche.”

Infine (sulla terra) i suoni, che potevano essere acuti o gravi, irregolari e senza armonia o regolari ed armonici, procuravano “piacere agli sciocchi e serenità agli uomini intelligenti grazie alla riproduzione nei movimenti mortali dell'armonia divina”.<sup>3</sup> Dunque l'armonia del cosmo si modellava sugli stessi rapporti dell'armonia musicale e l'influenza dei pianeti in movimento sull'anima veniva giustificata dagli effetti simili dovuti ai suoni.

Accanto alle proporzioni per la quinta 3 : 2, la quarta 4 : 3 ed il tono 9 : 8 già viste, Platone scriveva addirittura quella 256 : 243 per il “diesis.” Essa si calcola togliendo alla quarta *do - fa* il ditono *do - mi* 81 : 64, cioè  $(4 : 3) : (81 : 64) = 256 : 243$ . Il diesis pitagorico *non* divide il tono in due parti uguali, ma ne lascia una parte maggiore detta *apotome*.<sup>4</sup> Egli si permetteva persino una descrizione del suono. “Supponiamo che il suono si diffonda come un urto attraverso le orecchie fino all'anima grazie all'intervento dell'aria, del cervello e del sangue ... se il movimento è rapido il suono è acuto; se quello è più lento il suono è più grave ...”.<sup>5</sup>

Nella *Politeia [La Repubblica]*, Platone scrive di voler educare l'anima con la musica, come la ginnastica serve per il corpo. Sta trattando come preparare quel gruppo di persone assegnato a salvaguardare lo stato attraverso le attività belliche, sia interne che esterne. Egli critica soprattutto i poeti i quali con le loro favole sul regno dei morti “non giovano ai futuri combattenti”. Altrimenti questi rischierebbero di diventare “emotivi e molli”. I lamenti per i morti sarebbero cose da “donnicciole e da uomini vili”.<sup>6</sup>

Per educare i soldati, Platone preferiva altri mezzi. La musica serviva bene, purché si scartassero le armonie languide e molli come la lidia e si usassero invece i modi dorico e frigio. “... imiterà convenientemente parole ed accenti di chi dimostra coraggio in guerra ed in ogni azione violenta ... di chi attende ad un'azione pacifica e non violenta, ma spontanea o persuade o chiede ...”. Per questo, quell'ordinamento dello stato non avrebbe avuto bisogno di strumenti a

---

<sup>3</sup> Platone 1994, pp. 25-27, 31-33, 61, 129-131.

<sup>4</sup> Platone 1994, p. 37.

<sup>5</sup> Platone 1994, p. 103.

<sup>6</sup> Platone 1999, pp. 117, 119, 125, 145, 149.



molte corde capaci di molte armonie [né tanto meno di passare da una all'altra, cioè di modulare] e si sarebbe limitato alla lira, scartando soprattutto il lascivo fiato dell'*aulos*. Platone faceva un discorso simile per il ritmo. "Ché il ritmo e l'armonia penetrano profondamente entro l'anima ed assai fortemente la toccano conferendole armoniosa bellezza." Esclusi ogni piacere ed ogni follia amorosa, "il fine ultimo della musica è l'amore del bello", concludeva il filosofo. Per i guerrieri di questo stato delineato da Platone, la varietà nei cibi per il corpo veniva sconsigliata proprio come quella nella musica. "... chi meglio combina ginnastica e musica, e le applica all'anima nella misura più giusta, è il musico più perfetto ed armonioso, assai più di chi accorda tra loro le corde."<sup>7</sup>

Il filosofo greco spiegava, attraverso la famosa metafora della caverna, come con i nostri sensi potessimo afferrare soltanto le ombre delle cose. Avremmo dovuto spezzarne le catene, per riuscire a comprendere la vera essenza e la vera realtà, la quale per lui starebbe nel cielo delle idee. "... dobbiamo paragonare il mondo conoscibile con la vista alla dimora della prigione [la caverna dove staremmo incatenati contro la parete] ... l'ascesa e la contemplazione del mondo superiore equivalgono all'elevazione dell'anima al mondo intelligibile ...".

Perciò Platone presentava ora quella disciplina che elevasse dal "mondo della generazione al mondo dell'essere ..." e che fosse adatta ad educare i giovani dei quali si stava occupando fin dall'inizio del libro.

Dunque, "Non essere inutile ad uomini di guerra." Non poteva tuttavia essere la ginnastica, la quale si occupava "di ciò che nasce e perisce", cioè del corpo caduco. Neanche era la musica, la quale "procurava con l'armonia una certa armoniosità, ma non la scienza, e col ritmo l'euritmia". Si trattava invece della "scienza del numero e del calcolo. Non è vero che qualunque arte e scienza se ne deve servire? ... Non forse, ..., anche l'arte bellica?" Sbeffeggiato l'Agamennone di Omero perché non sapeva far di conto, Socrate-Platone concludeva: "E dunque, ..., alle discipline necessarie ad un uomo di guerra dovremmo aggiungere quella di saper calcolare e numerare? Sì, più di tutte, ..., se deve intendersi un poco di ordinamenti militari, o piuttosto se deve essere semplicemente un uomo."<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Platone 1999, pp. 179, 181, 209, 187, 191, 195, 211.

<sup>8</sup> Platone 1999, pp. 457, 467, 469, 471.

Calcolo ed aritmetica sono “atte a guidare alla verità” perché sono capaci di stimolare l’intelletto nei casi dove si tratta di discriminare tra opposti. Secondo Platone, qui “la sensazione non offre conclusioni sane”. Allora, “abbiamo distinto l’intelligibile e il visibile”. Il marchio del dualismo impresso in tal modo da questa cultura greca continuerà a farsi sentire spesso nelle scienze anche in seguito.

“Un uomo di guerra deve per forza apprenderele per poter ordinare le sue truppe; e un filosofo perché uscendo dal mondo della generazione, deve raggiungere l’essere ...”. Arrivava così a prescrivere per legge le matematiche, per poter “contemplare la natura dei numeri”. Non per il commercio, “ma per ragioni belliche e per aiutare l’anima stessa ... alla verità dell’essere”, “... sempre respingendo chi ragiona presentandole [all’anima] numeri relativi a corpi visibili o palpabili.”<sup>9</sup>

Anche la geometria ha “applicazione in guerra”. Ma il filosofo criticava i geometri pratici: “Parlano di ‘quadrare’, di ‘costruire su una data linea’ ...”. Invece, “La geometria è conoscenza di ciò che perennemente è.” Persino l’astronomia viene presentata come utile ai generali.<sup>10</sup>

Reso omaggio ai Pitagorici, per aver affratellato astronomia ed armonia, Platone criticava coloro che trattassero di musica usando le orecchie: “... nominando certe frequenze [vibrazioni?] acustiche e tendendo le orecchie come a cogliere la voce dei vicini, taluni affermano di percepire in mezzo ancora una nota e ciò definiscono il minimo intervallo con cui si deve misurare ... gli uni e gli altri antepongono le orecchie alla mente ... malmenano e torturano le corde stirandole sui pìroli ...”.<sup>11</sup>

Il famoso Euclide scriveva un breve trattato intitolato *Κατατομή κáνονος*, tradotto in latino tradizionalmente come *Sectio Canonis*, che significa *Divisione del monocordo*. La teoria pitagorica della musica vi è esposta in modo ordinato: teorema A, teorema B, teorema ... .. Nel *Proemio* si spiega che il suono nasce dal movimento e dalle percosse. “I movimenti più frequenti produ-

---

<sup>9</sup> Anche quando i geometri discorrono di figure visibili, pensano ai modelli ideali dei quali sono copie, “discorrono del quadrato in sé e della diagonale in sé, ma non di quella che tracciano ...”. Platone 1999, p. 447.

<sup>10</sup> Platone 1999, pp. 471, 475, 477, 479, 481, 483.

<sup>11</sup> Platone 1999, pp. 491, 493.

cono suoni più acuti, ed i più radi suoni più gravi ... i suoni che sono troppo acuti si correggono con una diminuzione del moto, allentando le corde, mentre quelli troppo gravi si correggono con un accrescimento del moto, tendendo le corde. E perciò bisogna dire che i suoni siano composti di particelle, dal momento che si correggono per aggiunzione e detrazione. Ma tutte le cose che sono composte di particelle stanno tra di loro in un certo rapporto numerico, cosicché diciamo che è necessario che pure i suoni stiano tra di loro in tali rapporti.”<sup>12</sup>

L’inizio richiama subito le concezioni pitagoriche di Archita. Il terzo teorema recita: “In un intervallo epimorio non vi sono né uno, né più medi proporzionali.” Per rapporto epimorio si intende uno nel quale il primo termine si esprima come il secondo termine sommato a un divisore di questo. Un caso particolare è  $n + 1 : n$ . Da tale teorema, dopo aver riportato sotto forma di altri teoremi i rapporti della tradizione pitagorica tradotti in segmenti, Euclide ricavava alla fine il sedicesimo che asserisce: “Il tono non è divisibile in due parti uguali, né in più parti uguali.”<sup>13</sup> Il monocordo viene da Euclide diviso in toni, quarte, quinte ed ottave. E, naturalmente, il teorema quattordici afferma che sei toni sono maggiori dell’ottava, perchè il nono aveva dimostrato che sei intervalli di sesquioctava [9 : 8] sono maggiori dell’intervallo doppio [2 : 1].

Dunque Euclide dava il contributo determinante non solo al formarsi di una ortodossia per la geometria, ma anche per la teoria della musica, che sarebbe rimasta per secoli quella dei pitagorici. In lui, la distinzione tra consonanze e dissonanze continua ad essere giustificata coi rapporti tra numeri. Ma qui, invece della *tetractis*, si invocava come criterio quello dei rapporti in forma multipla od epimorica, cioè  $n : 1$  oppure  $n+1 : n$ , come 2 : 1; 3 : 2; 4 : 3. Pertanto, una esposizione tanto limpida e lineare incontrava una prima contraddizione evidente che sarebbe stata successivamente contestata da Claudio Tolomeo. L’intervallo di ottava aggiunto ad una consonanza genera (per l’orecchio) un’altra consonanza; quindi l’ottava aggiunta alla quarta genera la consonanza di undicesima. Ma il suo rapporto diventa però 8 : 3, il quale non è della forma epimorica consentita. La dodicesima gode invece del rapporto 3: 1.

Il modello matematico euclideo si scontrava con la realtà della musica. La

---

<sup>12</sup> Usiamo l’edizione di Euclide 1557, col testo greco e la traduzione in latino. La traduzione italiana qui citata è quella di Bellissima 2003, Euclide 1557, p. 14 e p. 8; Bellissima 2003, p. 29.

<sup>13</sup> Euclide 1557, p. 16 e p. 10; Bellissima 2003, p. 37.

teoria non rendeva ragione di tutti i fenomeni che pretendeva spiegare. Era un'eccezione? Oppure bisognava sostituire la teoria? Così questa generava quelle controversie che avrebbero prodotto altre teorie, mettendo in moto l'evoluzione delle scienze.

Alcuni storici si sono interessati alle precedenti pagine di Euclide anche perché esse conterrebbero un errore di logica elementare. Il primo ad accorgersene è stato P. Tannery nel 1904. Le consonanze, secondo Euclide, sarebbero determinate da quel particolare tipo di rapporti. Ma nel teorema undicesimo (“Gli intervalli di quarta e quinta sono epimori”) il nostro celeberrimo matematico scriveva che, se la doppia quarta (una settima) era dissonante, doveva allora essere non multipla. Come se valesse l'implicazione inversa: non consonante implica non multipla e non epimorica. Ma ciò non è possibile perché implicherebbe che tutti i rapporti epimorici e multipli fossero allora consonanti, ad esempio quindi lo diventerebbe persino il tono  $9 : 8$ .

Per Tannery, l'errore sarebbe sufficiente a provare che il trattatello sulla musica non è di Euclide. Ma altri non sono tanto drastici; persino Euclide potrebbe essersi addormentato.<sup>14</sup> Del resto si trovano comunemente errori anche presso altri scienziati famosi. Rivelarli e discuterli appare uno dei compiti più importanti degli storici.<sup>15</sup> In realtà essi sono spesso lapsus sfuggiti nei ragionamenti, i quali ci rivelano aspetti altrimenti nascosti della personalità. Sono aiuti preziosi per comprendere meglio avvenimenti significativi per l'evoluzione delle scienze.

Tannery scopriva l'errore agli inizi del secolo scorso, proprio quando le scienze matematiche europee stavano subendo una trasformazione profonda. Stava nascendo, tra l'altro, la logica matematica moderna ed alcuni ripensavano persino Euclide all'interno della crisi dei fondamenti. Il più famoso era David Hilbert, il quale lo ripuliva per dargli gli standard di rigore della nuova Europa scientifica novecentesca.<sup>16</sup> Gli *Elementi* venivano dunque interpretati attraverso uno schema assiomatico deduttivo fatto di definizioni, postulati, teoremi. Tuttavia, questa era una lettura anacronistica degli antichi libri, all'interno di una disputa sui fondamenti della matematica, la *Grundlagenstreit*, la quale contemplava altre

---

<sup>14</sup> Bellissima 2003.

<sup>15</sup> Tonietti 2000.

<sup>16</sup> Hilbert 1899.

posizioni diverse da quella formalista della scuola hilbertiana di Gottinga.<sup>19</sup>

Per duemila anni, nessuno o quasi aveva letto le opere di Euclide con gli occhi di un logico. La loro importanza consisteva in ben altro. Comunque la logica non godeva i favori delle scuole platoniche, ma appariva appannaggio di quelle aristoteliche rivali coi loro ben noti sillogismi. Dunque, il *lapsus*-errore tradisce non un testo apocrifo falsamente attribuito ad Euclide, ma invece una sua scarsa attenzione per la struttura logica del ragionamento e l'adesione piuttosto alle teorie pitagorico-platoniche della musica (ad ogni costo?).

Aristosseno (Taranto 365/75 -Atene ? a.C.) viene ricordato difficilmente nelle storie delle scienze. Quando lo si fa, si ammette di esservi costretti perché la teoria della musica partecipava nell'antichità, insieme all'aritmetica, la geometria e l'astronomia, al quadrivio. Ma si precisa subito che egli "volse le spalle alla conoscenza matematica del suo tempo per adottare e difendere un approccio radicalmente 'ascientifico' alla misura degli intervalli musicali."<sup>18</sup> Il giudizio riportato dipende da un pregiudizio diffuso. Sarebbe da dire invece che il greco di Taranto ci ha lasciato importanti libri sull'armonia ed il ritmo musicale. Essi restano particolarmente interessanti anche per gli storici delle scienze matematiche proprio perché non erano di scuola pitagorica e platonica.

"La tensione è il movimento continuo della voce da una posizione più grave ad una più acuta, l'allentamento è il movimento da una posizione più acuta ad una più grave. L'acutezza è il risultato della tensione, la gravità dell'allentamento." Aristosseno considerava perciò quattro fenomeni (tensione, acutezza, rilassamento e gravità) e non solo due, perché distingueva il processo dal risultato finale.<sup>19</sup> Criticava "coloro i quali riducono i suoni a movimenti e che affermano che il suono in generale è movimento". Per il tarantino invece, la voce nel cantare certo "si muove, cioè nel fare un intervallo, ma si ferma sulla nota". Dunque Aristosseno non appare interessato al movimento (invisibile all'occhio) della corda che genera il suono, oppure al movimento di questo nell'aria, ma soltanto al movimento (percepibile con l'orecchio) col quale si passa da una nota all'altra.<sup>20</sup>

---

<sup>17</sup> Tonietti 1982, 1983, 1985, 1990.

<sup>18</sup> Winnington-Ingram 1970, p. 282.

<sup>19</sup> Aristosseno 1954, p. 19.

<sup>20</sup> Aristosseno 1954, pp. 20-21.

Quest'ultimo movimento ha i suoi limiti. “Infatti la voce non può far chiaramente intendere, né l'udito percepire, un intervallo più piccolo della minima diesis (*δίεσις*, passaggio, quarto di tono) ...”<sup>21</sup> Distribuite le note lungo i gradi della scala, il nostro teorico della Magna Grecia elencava le “sinfonie”, cioè le consonanze, per distinguerle dalle “diafonie”, le dissonanze. Le prime sono gli intervalli di quarta, di quinta, di ottava ed i loro composti con due o più ottave.<sup>22</sup> . “Il più piccolo intervallo consonante [quarta] è determinato, ..., dalla natura stessa della voce.” Le consonanze più grandi non sono stabilite dalla teoria, ma dal “nostro uso pratico - intendo per uso pratico quello della voce umana e degli strumenti -...”<sup>23</sup>

Aristosseno non si riferisce mai per i suoi ragionamenti ai rapporti tra numeri interi o grandezze come veniva fatto nelle sette pitagoriche, in Archita ed Euclide. Distingue gli intervalli anche in razionali *ρήτά* ed irrazionali *ἄλογα*, ma negli *Elementa armonica* a noi pervenuti non ne spiega la differenza. Soltanto dalla *Ritmica* si potrebbe ricavare che per “razionali” intende quelli eseguibili in musica valutandone l'ampiezza e per “irrazionali” gli altri. Quindi sotto il quarto di tono gli intervalli sono “irrazionali”, mentre tutte le combinazioni di quarti di tono sarebbero “razionali”.<sup>24</sup>

Cruciale diventa la definizione del tono con le sue parti. “Il tono è la differenza di grandezza tra i primi due intervalli consonanti [tra la quinta e la quarta]. Si può dividere in tre sottomultipli, la metà la terza e la quarta parte di un tono, perché si eseguono musicalmente, mentre tutti gli intervalli più piccoli di questi sono inesequibili.”<sup>25</sup> Euclide, col teorema sedicesimo, negava la possibilità di dividere il tono in parti uguali attraverso la non esistenza della media proporzionale. Qui Aristosseno lo faceva invece tranquillamente. “Scientifico” il primo perché adoperava le proporzioni ed i rapporti nelle sue argomentazioni e “non scientifico” il secondo perché invece li ignorava? No di certo. Abbiamo di fronte piuttosto diversità per l'impostazione dei problemi, le quali richiamano caratteristiche culturali, filosofiche, sociali, valori insomma, molto distanti tra di loro.

---

<sup>21</sup> Aristosseno 1954, p. 22.

<sup>22</sup> Aristosseno 1954, pp. 30-31.

<sup>23</sup> Aristosseno 1954, p. 31.

<sup>24</sup> Aristosseno 1954, pp. 24-25.

<sup>25</sup> Aristosseno 1954, p. 32

Nel Libro secondo degli *Elementa Harmonica*, Aristosseno diventa esplicito: “... la voce segue una legge naturale nel suo movimento e non forma un intervallo a caso. E di questo noi cercheremo di dare dimostrazioni che si accordino con i fenomeni a differenza dei nostri predecessori. Perché alcuni dicono assurdità, sdegnando di riportarsi alle sensazioni, per la sua inesattezza, ed inventando cause puramente astratte, parlano di rapporti numerici e di velocità relative, da cui risultano l’acuto ed il grave, esponendo così teorie le più estranee e le più contrarie ai fenomeni; altri, senza ragionamento e dimostrazione, dando per oracoli ciascuna delle loro dichiarazioni ...” “La nostra trattazione si riferisce a due facoltà: l’orecchio e l’intelletto. Per mezzo dell’orecchio, noi giudichiamo le grandezze degli intervalli, per mezzo dell’intelletto ci rendiamo conto del loro valore.”<sup>26</sup>

Per lui, con gli intervalli musicali, “non si possono adoperare le frasi che si è soliti adoperare con le figure geometriche ... Il geometra, infatti, non si serve delle sue facoltà sensibili, egli non esercita la sua vista a giudicare né bene, né male la retta, il cerchio o qualche altra figura, questo essendo il compito del falegname, del tornitore o di altri artigiani. Ma per il musicista, *μουσικός*, è fondamentale invece l’esattezza della percezione sensibile, perché non è possibile che chi ha una percezione sensibile deficiente possa spiegare convenientemente fenomeni che non ha in nessun modo percepito.”<sup>27</sup>

Avendo scelto come giudice l’orecchio, Aristosseno può ripetere con ancor maggior chiarezza: “poiché la differenza tra la quinta e la quarta è un tono, ed è qui divisa in parti uguali ed ognuna di esse è un semitono, e nello stesso tempo la differenza tra la quarta ed il ditono, è chiaro che la quarta è composta di cinque semitoni.”<sup>28</sup>

Nelle sette pitagoriche venivano formati come adepti gli adoratori dei numeri interi; nell’Accademia Platone desiderava educare l’anima dei giovani guerrieri all’essere eterno con la geometria. Ora Aristosseno si rivolgeva ai musicisti, i quali adoperano mani ed orecchie per suonare i loro strumenti. Abbiamo di fronte una varietà di scale musicali, di modi, di melodie, le quali tuttavia sono in pratica difficilmente suonabili tutte sullo stesso strumento e quindi non

---

<sup>26</sup> Aristosseno 1954, p. 47.

<sup>27</sup> Aristosseno 1954, p. 48.

<sup>28</sup> Aristosseno 1954, p. 79.

appare possibile neanche passare dall'una all'altra, cioè modulare, come si dice.<sup>29</sup> Platone neanche sentiva il problema, perché egli limitava le melodie a quelle (dorica e frigia) da lui ritenute adatte all'ordine del suo stato. Non tollerava le modulazioni libere. Aristosseno invece con la sua teoria le rende possibili e le agevola.

Infatti, se la quarta è composta di cinque semitoni uguali, l'ottava (la quarta più la quinta) viene composta a sua volta di dodici semitoni uguali. Quindi, sugli strumenti accordati in questo modo (e non nel modo pitagorico) i semitoni, i toni, le quarte, le quinte, le ottave si possono trasporre (trasportare) liberamente lungo i vari gradi delle scale conservandone il valore, permettendo così una piena varietà di melodie, di modi e di modulazioni. È un po' quello che succede oggi con i pianoforti moderni accordati nel temperamento equabile. Ma esso venne adottato in Europa solo col secolo XVIII, grazie alla spinta di musicisti come Johann Sebastian Bach e Jean Philippe Rameau. Eppure, persino questo vantaggio evidente della sua teoria è stato più di recente negato ad Aristosseno, da storici di parte avversa. "... quantunque la modulazione venisse sfruttata in qualche misura dai virtuosi del tardo quinto secolo a.C. e dopo, non c'è ragione di supporre che essa creasse il bisogno di una radicale riorganizzazione del sistema intervallare, oppure che una tale potesse venir imposta ai suonatori di lira e di strumenti a canna del tempo." Come veniva contrastato dai pitagorici del suo tempo, il nostro teorico di Taranto continua ad essere mal giudicato dai pitagorici di oggi.<sup>30</sup>

Altre sue caratteristiche ne peggiorano l'immagine agli occhi di certi storici delle scienze. Euclide considerava i suoni "composti di particelle".<sup>31</sup> Negli *Elementa Harmonica*, i suoni ci appaiono invece formare un continuum. Tanto che Aristosseno dichiara: "... noi affermiamo senza esitazione che non vi è un intervallo minimo."<sup>32</sup> Dunque in teoria il tono potrebbe venir diviso all'infinito. Ma il musico, guidato dall'orecchio, per le esigenze delle melodie si fer-

---

<sup>29</sup> Aristosseno 1954, pp. 53-55.

<sup>30</sup> Winnington-Ingram 1970, p. 282. Costui tradisce l'origine dei propri pregiudizi, perché aggiunge subito che quel temperamento "distorcerebbe tutti gli intervalli della scala (eccetto l'ottava) ed in modo significativo le quinte e le quarte." Per costui, gli intervalli 'giusti' sarebbero invece quelli pitagorici.

<sup>31</sup> Sopra.

<sup>32</sup> Aristosseno 1954, p. 67

mava al quarto di tono. Quindi per lui la musica uscirebbe dal gruppo delle scienze discontinue e discrete per passare tra le continue, sconvolgendone il quadrivio. Anche in questo, le radici filosofiche di Aristosseno non sono quelle platoniche. Tutta la sua concezione richiama invece i principi di Aristotele (Stagira 384 -Calcide 322 a.C.) che infatti viene citato anche per nome all’inizio del secondo libro. Questo offre infatti testimonianza che Aristotele avesse frequentato le lezioni di Platone e che poi Aristosseno stesso fosse diventato allievo diretto di Aristotele: “... lo stesso Aristotele, come ci diceva, dava una preliminare esposizione del contenuto e del metodo della sua trattazione a quelli che stavano per ascoltarlo.”<sup>33</sup>

					<i>supremun coelum</i>
$3\frac{5}{9}$ ...	$\sharp$ b tonus	—	—	—	—
4 ...	a tonus	*	<i>Antehypate</i>	—	—
$4\frac{1}{2}$ ...	$7^{us}$ g tonus	$\natural$	<i>Nete</i>	<i>Inferior in tritono</i>	<i>Mixolidius</i>
$5\frac{1}{16}$ ...	$5^{us}$ f diesis	$\natural$	<i>Paranete</i>	<i>Superne diesim altam</i>	<i>Lydius</i>
$5\frac{1}{3}$ ...	$3^{us}$ e tonus	$\text{\textcircled{♂}}$	<i>Paramese</i>	<i>Infra diesim altam</i>	<i>Phrygius</i>
[6] modi	$8^{us}$ p <sup>us</sup> D tonus	$\text{\textcircled{○}}$	<i>Mese</i>	<i>Media in ditono</i>	<i>Dorius Hypomixolydius</i>
$6\frac{3}{4}$ ...	$6^{us}$ c diesis	$\text{\textcircled{♀}}$	<i>Lichanos</i>	<i>Superne diesim imam</i>	<i>Hypolydius</i>
$7\frac{1}{9}$ ...	$4^{us}$ $\sharp$ b tonus	$\text{\textcircled{♀}}$	<i>Parhypate</i>	<i>Infra diesim imam</i>	<i>Hypophrygius</i>
8 ...	$2^{us}$ a tonus	$\text{\textcircled{C}}$	<i>Hypate</i>	<i>Superior in tritono</i>	<i>Hypodorius</i>
9 ...	g tonus	•	<i>Proslambanomenos</i>	—	—
$10\frac{1}{8}$ ...	f		—	—	<i>centrum</i>

Tabella 1.

<sup>33</sup> Aristosseno 1954, p. 45.

Contro la riduzione pitagorica del mondo ai numeri interi, lo stagirita trovava contraddizioni. “Se tutte le cose debbono distribuirsi tra i numeri, deve seguirne che molte cose corrispondono allo stesso e che lo stesso numero deve appartenere ad una cosa e ad un'altra ... Quindi, se lo stesso numero fosse appartenuto a certe cose, queste sarebbero le stesse l'una come l'altra, poichè esse avrebbero avuto la stessa forma numerica; per esempio, luna e sole sarebbero stati gli stessi.”<sup>34</sup> Qui Aristotele manifestava la convinzione, non solo che l'essenza delle cose non potesse limitarsi ai numeri, ma anche che il mondo fosse più numeroso degli interi (perchè continuo), obbligando ad assegnare più cose allo stesso numero.

Legato ad Aristotele, non facendo uso delle proporzioni numeriche, Aristosseno diventava il bersaglio abituale nei trattati di teoria della musica. Restava nella storia della musica, ma usciva dalla storia delle scienze. In tali questioni, l'ortodossia si sarebbe costituita intorno alle concezioni pitagoriche conservandosi a lungo. Per la musica delle sfere pitagorica, si pensi a Francesco Maurolico (1494-1575) (Tab. 1), per una concezione diversa eretica a Simon Stevin (1548-1620).<sup>35</sup>

## 2: *La Cina.*

Dao sheng yi yi sheng er er sheng san san sheng wan wu. [Il tao genera uno, uno genera due, due genera tre, tre genera le diecimila cose.]

Wan wu fu Yin er bao Yang. Chong qi yi wei he.

[Le diecimila cose portano lo Yin ed abbracciano lo Yang. Grazie al *qi*, diventano allora armonia.]

### *Daodejing*

Per la concezione confuciana prevalente la musica ha sempre goduto di un rango elevato nella cultura e nella vita della Cina. I cinesi preferivano ragionare sulle lülù [canne] per la loro teoria matematica della musica. Pertanto, già in testi antichi di epoca Han (206 a.C.-220 d.C.) si può leggere come operassero con esse.

---

<sup>34</sup> Aristotele Metafisica N5, 1093a, 1.

<sup>35</sup> Tonietti 2003, Tonietti 2006 a.

Nella sezione *L'ulizhi [Annali delle canne e del calendario]* dello *Hanshu [Libro degli Han]* veniva registrata la procedura per intonare le canne. Esse erano solide, dunque ci si preoccupava persino del loro diametro. Si ricavava la lunghezza della prima canna dai numeri attribuiti al cielo, con le relative rivoluzioni del sole e della luna. Dalla terra veniva misurata la seconda canna, la terza in rapporto con l'uomo. Nel II secolo, Meng Kang commentava: “3 *fen*<sup>36</sup> è il diametro dell'apertura della canna, si riferisce anche ai numeri del cielo, la circonferenza 9 *fen*, il numero dell'intero cielo .... La lunghezza della Lin Zhong è 6 *cun*,<sup>37</sup> la circonferenza 6 *fen*. Moltiplica la lunghezza per la circonferenza, ottieni il prodotto 360 *fen*.” Nello *Hanshu* si legge: “Quella dell'uomo segue il cielo ed in sequenza la terra, nell'ordine il *qi* si muta nella materia. Collega gli 8 trigrammi<sup>38</sup>, muove gli 8 venti, ... armonizza gli 8 suoni, osserva le 8 direzioni, ... si prende cura del cielo e della terra, quindi 8 volte 8 fa 64. Ciò significa estremo cambiamento del cielo e della terra, ... ciò fa 640 *fen*, perchè si collega ai 64 esagrammi, è anche il solido della Da Zu.” Meng Kang commentava: “La lunghezza della Da Zu è 8 *cun*, la circonferenza 8 *fen*, il loro prodotto fa 640.”

Questa pagina sottolineava il legame tra cielo, terra ed uomo attraverso le relazioni delle canne intonate come prescritto sopra. Riassumendo, la nota Huang Zhong [campana gialla] sarà lunga 9 pollici e 9/10 di pollice in circonferenza; Lin Zhong [campana del bosco] sarà lunga 6 pollici e 6/10 di pollice in circonferenza; Da Zu [grande gruppo] sarà lunga 8 pollici e 8/10 di pollice in circonferenza.<sup>39</sup>

Gli antichi cinesi sapevano dunque che intonare canne non fosse la stessa cosa di accordare corde. È evidente dal testo che anche nella diminuzione della circonferenza seguivano una regola, anzi seguivano la stessa proporzione con la quale diminuivano la lunghezza. Si erano accorti che non bastava diminuire la lunghezza di  $\frac{2}{3}$  per ottenere la Lin Zhong, perchè altrimenti sarebbe rimasta meno *qing* (acuta) del dovuto. Si erano accorti che l'effetto poteva

---

<sup>36</sup> Decimo di pollice.

<sup>37</sup> Pollice.

<sup>38</sup> Simboli nello *Yijing*.

<sup>39</sup> Tonietti 2003, pp. 238-239. Cfr. Needham, Robinson 1962, p. 212 e Robinson 1980, pp. 71-72.

essere compensato stringendo l'apertura della canna. Non solo, ma anche che tale effetto doveva essere calcolato dalla stessa regola di 23 : quindi la Lin Zhong doveva essere lunga  $9 \times \frac{2}{3} = 6 \text{ cun}$  [pollici] ed aperta  $9 \times \frac{2}{3} = 6 \text{ fen}$  [decimi di pollice]. La stessa procedura si seguiva per la Da Zu la cui proporzione vale  $\frac{4}{3}$ .

Nulla di simile a questo, per quanto ne so, si trovava in Europa, perché la teoria si faceva con le corde. Ma i costruttori di organi qualche sistema avranno certo usato. Finché in tempi molto più recenti i fisico-matematici del XIX secolo hanno cercato di calcolare anche loro l'effetto dovuto all'apertura della canna. L'aria vibra in realtà un poco oltre la fine della canna aperta all'estremità, perché si generano qui onde sferiche. Dunque la canna si comporta come se fosse più lunga della sua misura geometrica  $L$ . Quindi la quinta (europea) non si ottiene esattamente  $\frac{2}{3}$  effettivi della lunghezza geometrica  $L$ , ma ai  $\frac{2}{3}$  di quella fisica e più lunga dell'altra di un certo fattore. I teorici europei hanno calcolato tale fattore come proporzionale al diametro  $D$ . Dunque la lunghezza effettiva che determina la frequenza  $\nu$  della nota emessa dipende da  $L + cD$  come nella formula  $\nu \propto \frac{1}{L+cD}$ , valutata in genere 0.58.<sup>40</sup> Secondo questa formula, se si vuole ottenere una canna che emetta la quinta di una nota fondamentale di lunghezza  $L$  e diametro  $D$  bisogna calcolare

$$\frac{3}{2}\nu \propto \frac{1}{\frac{2}{3}(L + cD)} \propto \frac{1}{\frac{2}{3}L + c\frac{2}{3}D}$$

Per compensare quello che oggi viene chiamato *end-effect*, il diametro  $D$  va perciò diminuito della stessa proporzione della lunghezza  $L$ . Proprio quanto abbiamo letto nel testo cinese di epoca Han. Da questo veniamo a conoscere che qualche cinese aveva già trovato il modo matematico di compensare l'*end-effect*.

Intonare canne appare certo più complesso che accordare corde. Gli europei seguivano strade più agevoli e selezionavano problemi che sopportano me-

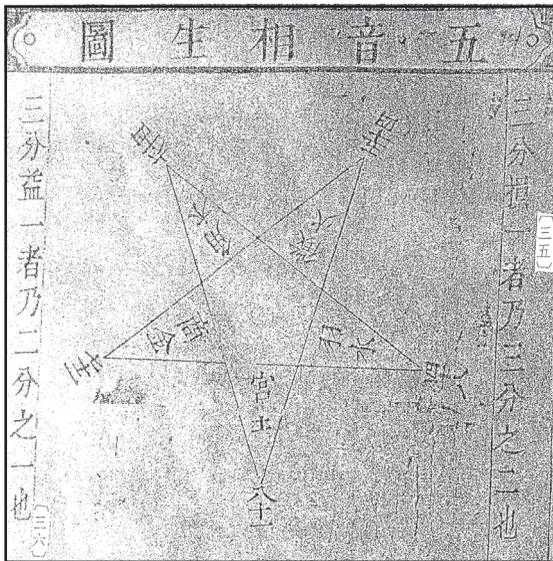
---

<sup>40</sup>Robinson 1980, p. 69; Chen 1999. Solo Vincenzo Galilei (1520-1591) calcolava, nel *Discorso intorno alle opere di messer Geoseffo Zarlino* del 1584, come intonare canne d'organo con numeri equivalenti a quelli dei cinesi; Tonietti 20??, paragrafo 5. 7.

glio le semplificazioni. Ma la scelta cinese delle canne dipendeva da come si pensava in questa cultura il mondo. Esso era concepito come pervaso da un fluido energetico dal quale tutti i fenomeni assorbivano le loro qualità, una specie di etere materiale e vitale, un respiro terrestre e cosmico chiamato *qi*. Attraverso il respiro del suonatore, esso vibrava nelle canne.

Abbiamo visto come in Europa fossero presenti diversi modelli matematici della scala musicale e come per lungo tempo restasse prevalente quello che per brevità possiamo chiamare pitagorico, con alcune varianti. Qualsiasi giustificazione se ne voglia dare oggi, da qualche secolo ha conquistato la maggioranza, almeno tra i musicisti, il temperamento equabile, che prevede la divisione dell'ottava in dodici semitoni uguali. Anche la Cina ci offriva le proprie soluzioni originali alla questione di quali note scegliere nel continuum dei suoni per comporre musica. Nel confronto, capiremo meglio l'evoluzione storica in Europa.

Nel 1592 Cheng Dawei (1533-1606) dava alle stampe, tra altre di matematica, alcune pagine dedicate alla musica. Nella prima spiccava una figura con le cinque note. (Fig. 1)<sup>41</sup>



<sup>41</sup>Cheng 1592, p. 977

A noi europei potrebbe sembrare una stella, ma dovremmo piuttosto veder-  
ci cinque note musicali distribuite lungo una circonferenza e collegate tra di  
loro nel modo indicato dalle linee:

“wu yin xiang sheng [Cinque note generate le une dalle altre]”.<sup>42</sup>

Nella figura, la nota Gong [palazzo] genera la Zhi. Poichè la prima vale 81  
e la seconda 54, la generazione consiste nel moltiplicare per  $\frac{2}{3}$ , la generazione  
inferiore. La nota Shang si genera dalla seconda moltiplicando invece per  $\frac{4}{3}$  e  
vale infatti 72, la generazione superiore. La nota Yu [piuma] viene generata  
dalla Shang moltiplicando di nuovo per  $\frac{2}{3}$  ottenendo per essa 48, generazione  
inferiore. Infine l’ultima Jiao [corno] si genera dalla Yu moltiplicando per  $\frac{4}{3}$  e  
vale 64, generazione superiore. La procedura va sotto il nome di *sun yi* [dimi-  
nuire crescere].<sup>43</sup>

Il valore 81 attribuito alla nota iniziale Gong veniva giustificato parten-  
do dai 9 *cun* di lunghezza (circa 30 cm) ai quali doveva arrivare la canna  
della nota Huang Zhong [campana gialla], la prima delle *lü*, e multipli-  
candoli per se stessi. I numeri rappresentavano la lunghezza delle canne  
musicali le quali emettevano le note corrispondenti: le più lunghe, come i  
vecchi, note *zhuo* [torbide, fangose], le più corte, come i giovani, note  
*qing* [chiare].

Se nella cultura europea la teoria della musica si faceva sulle corde, o me-  
glio su quella corda astratta chiamata monocordo, nella cultura cinese la si  
faceva sulle canne. Inoltre in Europa, prima che con Marin Mersenne (1588-  
1648) si cominciasse a misurare la frequenza dei suoni, le corde più lunghe  
emettono suoni detti “gravi” oppure “bassi”, le corde più corte suoni detti “acu-  
ti” oppure “alti”. In Cina invece la lingua costruisce una metafora differente e  
parla di suoni rispettivamente *zhuo* o *qing*, il cui simbolismo si riferisce ad un  
*continuum* acquoreo, dentro il quale in basso si concentrano le particelle in  
sospensione.

Invece che ai corpi celesti come in Grecia, Cheng associava le cinque note

<sup>42</sup> Cheng 1592, p. 977

<sup>43</sup> Nello Yijing, *sun, yi* sono i caratteri degli esagrammi 41 e 42. Da qui, molti cicli di fenomeni  
sono concepiti come “diminuire e crescere”, a cominciare naturalmente dalle fasi della luna.

ai cinque elementi del mondo cinese: *tu* [terra], *huo* [fuoco], *jin* [metallo], *shui* [acqua] e *mu* [legno]. Se in Europa le note venivano distribuite dal basso all'alto lungo una scala, in Cina decrescendo la lunghezza delle canne esse sono disposte intorno ad un cerchio come una corte.

Ma almeno le proporzioni tra le note erano le stesse dei pitagorici europei? Non del tutto. Perché la proporzione tra Gong e Zhi era 2 : 3 come tra do e sol e quella tra Zhi e Shang 3 : 4 come tra re e sol, da cui quella tra Gong e Shang, Shang e Jiao o tra Zhi e Yu diventa 8 : 9 come tra do e re, re e mi, o sol e la. Tuttavia, anche se volessimo srotolare la circonferenza lungo la scala, l'analogia finirebbe qui. La nota Jiao è collegata alla Gong dal rapporto  $8 \times 8:9 \times 9$ , corrispondente al ditono pitagorico e non può di nuovo esserlo dal rapporto 2 : 3 perché questo produrrebbe una canna di lunghezza  $64 \times 2 = 126+2 = 42+ 2$ . Dunque con tale procedura non è consentito generare una canna di lunghezza  $40 + 12$  che corrisponderebbe all'ottava europea della Gong. Nella tradizione pitagorica europea, il modulo dell'ottava e quello della quinta entravano in contrasto perché nessun multiplo di 23 può essere eguagliato ad un multiplo di 12. Veniva battezzata "comma" la differenza tra 12 quinte e 7 ottave. La letteratura si riempiva al proposito di discussioni, nel tentativo di risolvere tale fastidiosa inevitabile asimmetria. Al contrario, il problema non è sentito per nulla nella cultura cinese proprio perché la procedura "diminuire, crescere" non genera l'ottava. Nella tradizione pitagorica europea, le note sono fissate da numeri dati attraverso le proporzioni fin dall'inizio; esse ci sono dunque presentate come elementi statici, immutabili, eterni. La scala è immobile. Nella cultura cinese, le note sono costruite attraverso una procedura che le genera una dopo l'altra attraverso la moltiplicazione di frazioni. Esse ci sono presentate come in movimento. Il cerchio della loro nascita ruota, perché la procedura non si chiude su se stessa.

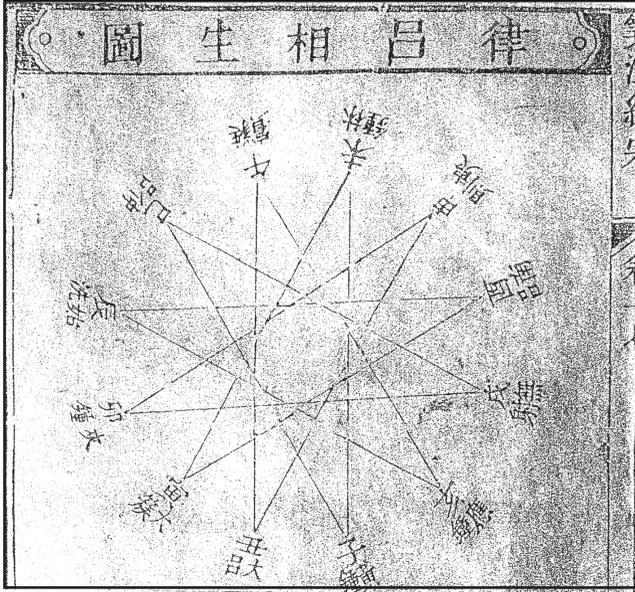
Il sistema presentato da Cheng Dawei risale almeno fino al IV secolo a.C. della dinastia Zhou.<sup>44</sup> Si tratterebbe solo di una curiosa coincidenza che quel carattere zhou significhi "circonferenza, ciclo, ruotare"?

La Huang Zhong è la prima nota anche di un altro sistema più ampio che comprende 12 *lülü*: "lülü xiang sheng [canne intonate, generate le une dalle

---

<sup>44</sup> Cheng 1592, pp. 1000-1001, nota 35; Granet 1968; Needham, Robinson 1962.

altre.]”<sup>45</sup> Il 25 cerchio veniva ora diviso in 12 parti uguali collegate tra di loro, come nella figura seguente. (Fig. 2)



La costruzione seguiva sempre la regola del “diminuire, crescere”. Sei canne erano classificate come Yang: Huang Zhong [campana gialla], Da Cu [grande mucchio], Gu Xi [purificazione delle donne], Rui Bin, Yi Ze [regola sicura], Wu She [senza getto]. Sei come Yin: Da L`u [grande canna], Jia Zhong [campana pressata], Zhong L`u [canna centrale], Lin Zhong [campana del bosco], Nan L`u [canna del Sud], Ying Zhong [campana che risponde]. Col “diminuire” la canna Yang diventava Yin, col “crescere” la Yin si trasformava in Yang. Nel primo caso si aveva la generazione inferiore, nel secondo la superiore. Abbiamo dunque davanti un processo continuo di generazione, con continui scambi di qualità tra Yang e Yin, che rende evidenti le caratteristiche dinamiche della procedura seguita.

<sup>45</sup>Cheng 1592, p. 978



A tutte le dodici *lǚlǚ* veniva attribuita una *hou* [stagione climatica] scelta tra i 24 *jieqi* [termini solari].<sup>46</sup> Ad esempio, la Huang Zhong corrisponde al Dong Zhi [solstizio d'inverno]; la Lin Zhong richiama il Da Shu [grande caldo] e così via. Nella figura inoltre, accanto ai nomi delle *lǚlǚ*, sono indicati i 12 *dizhi* [rami terrestri]<sup>47</sup> nel loro ordine relativo. Così alla prima *lǚlǚ* corrisponde il primo *dizhi*, cioè Zi [figlio, ...] e così via. I *dizhi* possono venir adoperati anche per indicare coppie di ore del giorno, ad esempio Zishi [tempo del figlio] indica le ore dalle 23 alla 1 di notte, proseguendo nell'ordine delle ore con gli altri *dizhi*.

Di ciascuna canna veniva calcolata la lunghezza prendendo la prima di 9 pollici. Cheng scriveva subito come si ottenessero *lǚ* di lunghezza intera soltanto nei primi tre casi. Poi comparivano le frazioni.

Rinunciando alla bellezza di una figura circolare, per motivi pratici diamo in forma di tabella (Tab. 2) le lunghezze delle 12 canne. Sarebbe l'ordine che si otterrebbe percorrendo il cerchio in senso antiorario. Esso è diverso dall'ordine della generazione la quale segue invece le linee della stella.

Cheng calcolava le lunghezze delle canne con la regola del “diminuire, crescere” ottenendo le note nell'ordine 1, 8, 3, 10, 5, 12, 7, 2, 9, 4, 11, 6.

Cominciava moltiplicando per  $\frac{2}{3}$  i 9 pollici della prima canna, poi per  $\frac{4}{3}$  i 6 pollici della seconda e così via alternativamente. Ma arrivato alla settima, la Rui Bin, per generare la successiva Da Lü, la seconda, invece che per  $\frac{2}{3}$  ripeteva la moltiplicazione per  $\frac{4}{3}$ , cioè ancora la generazione superiore. Giustificava il cambiamento con le parole seguenti: “Nai san fen yi yi zhi fa ci you bu ke zhi? zhe yi xia zhi. [Secondo quanto detto sopra, è impossibile spiegarsi questa regola, che di nuovo aumenta di 1 le 3 parti  $[\frac{3+1}{3}]$ . O piuttosto, la ragione non sarà che al solstizio di estate lo Yin comincia a crescere?]”<sup>48</sup>

Se, prima della Rui Bin, le Yang generano le Yin col “diminuire” e le Yin generano le Yang col “crescere”, da questo punto in poi si inverte la procedura e le Yang generano le Yin col “crescere” e le Yin le Yang col “diminuire”.

---

<sup>46</sup> Nel calendario cinese, l'anno viene diviso in 24 periodi di 15 giorni.

<sup>47</sup> Corrispondono ai mesi.

<sup>48</sup> Cheng 1592, p. 982.

Lülü	lunghezza (cùn)	(fen)	Termini solari	Hou	Rami terrestri	Tempo
1) Huáng Zhong	9	810	22	solstizio d'inverno	1 zī	23-1
2) Dà Lǚ	$8\frac{104}{243}$	$758\frac{42}{81}$	24	grande freddo	2 chōu	1-3
3) Dà Cù	8	720	2	acqua e pioggia	3 yín	3-5
4) Jiá Zhong	$7\frac{1075}{2187}$	$674\frac{58}{243}$	4	equinozio di primavera	4 mào	5-7
5) Gu Xī	$7\frac{1}{9}$	640	6	pioggia e grano	5 chén	7-9
6) Zhòng Lǚ	$6\frac{12974}{18683}$	$599\frac{707}{2187}$	8	pieno di grano	6 sī	9-11
7) Ruí Bīn	$6\frac{26}{81}$	$568\frac{8}{9}$	10	solstizio d'estate	7 wū	11-13
8) Lín Zhong	6	540	12	grande caldo	8 wèi	13-15
9) Yí Zé	$5\frac{451}{729}$	$505\frac{55}{81}$	14	limite del caldo	9 shen	15-17
10) Nán Lǚ	$5\frac{1}{3}$	480	16	equinozio d'autunno	10 yoū	17-19
11) Wú Shè	$4\frac{6524}{6561}$	$449\frac{359}{729}$	18	discesa del gelo	11 Xu	19-21
12) Yǐng Zhong	$4\frac{20}{27}$	$426\frac{2}{3}$	20	neve leggera	12 Hàì	21-23

Tabella 2.

A tutte le canne veniva attribuita la stessa *kong wei* [circonferenza] di 9 *fen*. Cheng moltiplicava sistematicamente per tale numero tutte le lunghezze delle canne ottenendo i numeri della seconda colonna. Purtroppo non dava alcuna spiegazione sulla ragione di tali numeri. La frequenza di una nota emessa da una canna dipende anche dal suo diametro, ma ne dipende in un modo non così semplice come dalla lunghezza.<sup>49</sup> Può darsi allora che Cheng cercasse di tener conto di tale effetto?

Ogni tanto Cheng sbagliava i calcoli, che sono quasi sempre corretti nelle note aggiunte dai curatori moderni per l'edizione del 1990 usata qui.<sup>50</sup>

I *Jieqi*, ai quali sono tradizionalmente collegate nella cultura cinese le *lülü*, suggeriscono come questo modello di teoria musicale sia stato ispirato dal *qi*. Il *qi* si manifesta nel tempo atmosferico e nel tempo che passa inesorabile. Esso scorre nelle canne e vibra nelle note musicali. È lo stesso *qi* del respiro che ci

<sup>49</sup> Robinson 1980, pp. 102-103

<sup>50</sup> Soltanto alla nota 44, per correggere un carattere, i curatori moderni introducono nella correzione un errore che nel testo di Cheng invece non c'era. I curatori scrivono 750 al posto del valore giusto 758 del testo. Mentre alla nota 45, i curatori correggono giustamente il testo, ma non si accorgono che l'errore rilevato deriva direttamente da un altro che è invece sfuggito loro. Infatti Cheng, calcolando per la Yi Ze la lunghezza moltiplicata 9, quando divide per 729, scrive che il numeratore della parte frazionaria vale 414 fen, mentre il valore corretto è piuttosto 495. Solo mettendo 55 a fattore 9 tra questo numero ed il denominatore 729 si ottiene  $\frac{55}{81}$  che è il valore giusto finale.



tiene in vita. È quel fluido energetico il quale guida e regola tutte le manifestazioni del mondo. E una specie di etere materiale il quale dà sostanza al continuum geometrico dell'universo. L'importanza del *qi* per la fisica e la musica cinese è già stato messo in evidenza con competenza da Joseph Needham, Kenneth Robinson<sup>51</sup> e Joseph Chen.<sup>52</sup> Perciò non abbiamo bisogno di insisterci.

Per i pitagorici europei anche la capacità della musica di influenzare gli animi delle persone, capacità persino terapeutica, dipendeva dai rapporti relativi con i corpi celesti: era la musica delle sfere. Al posto dei corpi celesti, assenti nel modello musicale cinese, qui troviamo invece il *qi*. Per esso si dovrebbe parlare allora di musica dell'atmosfera.

Nella tradizione europea pitagorica dominante non si trova una scala di dodici note. I 12 semitoni, le 12 tonalità maggiori, le 12 tonalità minori compaiono soltanto molto tardi con la rivoluzione tonale ed il temperamento equabile. Nella cultura cinese, invece, le note sono 12 da molto tempo, fin dal tardo impero Han. Esse entravano nel sistema del calendario ed erano viste in rapporto al *qi*. “Lü yi tong qi lei wu [Le *lü* usano un sistema interconnesso di sostanza imile al *qi*].”<sup>53</sup>

Come nel cerchio delle 5 note, anche in quello delle 12 *lülü* non si trova il rapporto europeo dell'ottava. Inoltre dalla tabella 2 si vede come la Zhong L'ü non avesse la stessa accordatura della quarta pitagorica che vale invece  $6\frac{3}{4}$  (Tab. 1).

Il sistema di accordare le *lülü* riportato da Cheng Dawei non era l'unico esistente nella sua epoca. Già dal 1584, Zhu Zaiyu (1536-1611) ne aveva calcolato ed offerto uno nuovo.

“Xin zhi lü zhun [Standard esatto per le *lü* con un nuovo sistema]”.<sup>54</sup> Aveva il celebre principe Ming costruito uno strumento con 12 corde che servisse come standard per accordare gli altri. In esso aveva fissato borchie ad indicare dove mettere le dita per ottenere la nota intonata desiderata. (Fig. 3) Aveva usato anche lui numeri per calcolare quella lunghezza relativa delle corde, ma

---

<sup>51</sup> Needham, Robinson 1962.

<sup>52</sup> Chen 1996.

<sup>53</sup> Cheng 1592 p. 1002. Granet 1968. Needham, Robinson 1962.

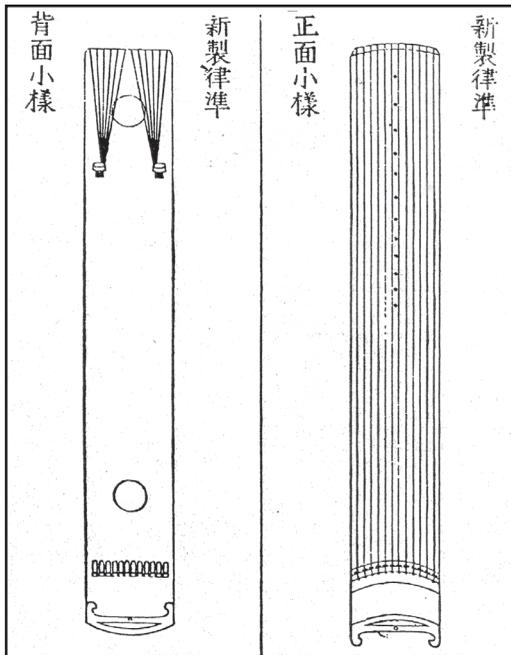
<sup>54</sup> Zhu 1584, p. 20. Needham, Robinson 1962, p. 222.

precisava: “... per cercare l’armonia nelle note e non perchè le note si sottomettano ai numeri.”<sup>55</sup>

Studiando i testi della tradizione “diminuire, crescere”, aveva notato differenze nell’accordatura tra le *lülü* fissate da questo metodo e gli strumenti a corda come costruiti dagli artigiani ed usati dai musicisti. Allora ne aveva proposto uno nuovo.

“Chuangli xin fa. Zhi yi chi wei shi yi mi lü chu zhi fan shi er bian suo qiu lülü zhen shu.

[Do origine ad una nuova regola. Come dividendo, si fissi un *chi* [circa 33cm]; per [ottenere] la proporzione buona, lo si divida [estragga la radice quadrata]<sup>56</sup>. Insomma, cercare per le dodici *lülü* i numeri giusti da un posto all’altro”].<sup>57</sup>



<sup>55</sup> Needham, Robinson 1962, pp. 220-221.

<sup>56</sup> In Cina, dove non si è sofferta la proibizione pitagorica sui numeri irrazionali, l’estrazione di radice veniva concepita come una specie di divisione; Tonietti 2000.

<sup>57</sup> Zhu 1584, p. 8. Needham, Robinson 1962, p. 223.



In un altro libro del 1596, Zhu dava esplicitamente la propria procedura per calcolare le lunghezze delle corde. Tra di esse compariva anche l'ottava, perchè considerava persino una lunghezza doppia quella del *chi* base. Pertanto, l'ottava veniva divisa in dodici semitoni uguali, usando la relazione stabilita da  $\sqrt[12]{2}$ . (Tab. 3)<sup>58</sup>

Lülü	lunghezza (chi)	diametro (cun)
1) Huáng Zhong	2	0.500000
2) Dà Lǚ	1.88774862	0.4857659
3) Dà Cù	1.78179743	0.4719371
4) Jiá Zhong	1.68179283	0.4585020
5) Gu Xǐ	1.58740105	0.4454493
6) Zhòng Lǚ	1.49830707	0.4327682
7) Ruí Bīn	1.41421356	0.4204482
8) Lín Zhong	1.33483985	0.4084788
9) Yí Zé	1.25992104	0.3968502
10) Nán Lǚ	1.18920711	0.3855527
11) Wú Shè	1.12246204	0.3745767
12) Yǐng Zhong	1.05946309	0.3639132
13) Huáng Zhong	1	0.3535533

Zhu proponeva dunque quello che oggi si chiama il temperamento equabile e per realizzarlo calcolava la lunghezza di corde e canne usando le opportune radici quadrate e cubiche di due, o meglio le opportune medie geometriche.

Needham e Robinson presentano la procedura seguita da Zhu nel modo seguente. Prima calcolava  $\sqrt[12]{2}$  scomponendo il numero cercato in radici quadrate e cubiche:  $2^{\frac{1}{12}} = 2^{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3}}$ . Poi prendeva una corda, una canna Huang Zhong lunga 2 *chi*, accordata cioè all'ottava bassa della nota di base, e calcolava la lunghezza della Ying Zhong come 1.05946 *chi*. Essa rappresentava quindi un semitono temperato in quanto intervallo tra la dodicesima nota e l'ottava, oppure (la qual cosa è lo stesso essendo ora tutti i semitoni eguali) tra la prima e la seconda nota. Otteneva le lunghezze delle altre corde in successione geometrica dividendo 2 con 1.05946 e ripetendo la stessa operazione in serie altre dieci volte. Con la dodicesima operazione si riottiene infatti la lunghezza di 1 *chi* della Huang Zhong iniziale perchè  $2 : (\sqrt[12]{2})^{12} = 1$ .

<sup>58</sup> Zhu 1596.

Zhu temperava corde e canne. Doveva essere a conoscenza che il suono delle canne dipende non solo dalla lunghezza, ma anche dal loro diametro. Pertanto temperava persino i diametri dividendoli progressivamente stavolta per  $\sqrt[24]{2}$ . Persino in questo, egli si discostava da Cheng Dawei.<sup>59</sup>

Anche nella tradizione cinese, ben rappresentata da Cheng, si usavano in genere lunghezze intere o frazionarie (in Europa si sarebbero chiamate razionali). Ora invece Zhu proponeva nuovi numeri, ottenuti dall'estrazione di radice o dalle medie proporzionali (in Europa si sarebbero chiamati irrazionali). Ma questa non era l'unica diversità perché essa dipendeva criticamente da un'altra: aver considerato tra le lunghezze adatte alla musica anche il doppio e la metà. Zhu cioè proponeva di usare tra le altre anche le note generate da queste ultime canne (in Europa si sarebbero dette le ottave). Altri prima di lui in passato avevano introdotto accanto alla Huang Zhong di 9 pollici anche una Shao Gong di  $4\frac{1}{2}$  pollici.<sup>60</sup> Tuttavia la posizione ortodossa del sistema "diminuire, crescere", che non la prevedeva, era rimasta ben salda anche ai tempi di Zhu, come si capisce dal resoconto fattone da Cheng Dawei. Qualcuno<sup>61</sup> ha cercato di recuperare l'ottava anche per il sistema tradizionale più antico delle dodici *lilü*. È vero che i numeri calcolati lo confinano nell'ambito dell'ottava, ma questo succede, come scrive Cheng, per mantenere l'accordo col crescere dello Yin al solstizio d'estate.<sup>62</sup>

In Cina, a coloro che avessero cercato modelli matematici della musica non sarebbe potuto venire in mente il temperamento equabile se non avessero considerato anche la proporzione 1 : 2. La tradizione ortodossa non la prevedeva e quindi non si poteva dividere in parti uguali ciò che non esisteva. Questa sembra essere la ragione principale per la quale qui il temperamento equabile restava assente fino a Zhu Zaiyu. Nella cultura cinese invece le radici di qualsiasi numero non soffrivano quelle proibizioni viste nel caso europeo. Le procedure di calcolo per esse, quantunque approssimate, davano risultati che potevano venir usati. Sosteneva tale atteggiamento verso i numeri l'idea che anch'essi come i suoni, vibrazioni del *qi*, come tutto il mondo facessero parte di un *continuum* geometrico onnicomprensivo dove trovavano giustificazione.

---

<sup>59</sup> Robinson 1980, p. 118.

<sup>60</sup> Needham, Robinson 1962, p. 214.

<sup>61</sup> Chen 1996.

<sup>62</sup> Vedere sopra.



Quindi, una volta accettata l'ottava, sarebbe diventato possibile dividerla in parti eguali, come faceva Zhu, senza ulteriori problemi.

In Europa l'assenza del temperamento equabile dipendeva da altre ragioni. Qui la proporzione di ottava 1 : 2 era sempre stata considerata tra quelle fondamentali. Ma ora abbiamo di fronte la rigida distinzione, operata nella tradizione pitagorica, tra rapporti commensurabili rappresentabili con i numeri e rapporti incommensurabili per i quali tale rappresentazione non era consentita (oggi si direbbe tra numeri razionali ed irrazionali). Veniva dunque impedito l'uso dello strumento col quale dividere l'ottava in parti eguali. La divisione in parti eguali del tono pitagorico dà un valore leggermente superiore a quello del temperamento equabile. Ma, pur non essendo a rigore equivalente da un punto di vista matematico, la divisione in parti eguali del tono sarebbe stato un buon passo verso il temperamento equabile. Potendo usare la media proporzionale, perchè non calcolarla per dividere anche l'ottava? E dividere poi di nuovo l'intervallo tra questa nota (fa $\sharp$  in Europa, *Rui Bin* in Cina) e quella di partenza? Così faceva infatti Zhu Zaiyu.<sup>63</sup> L'idea del temperamento equabile sarebbe allora potuto venire in mente facilmente a tutti coloro che sapessero estrarre radici. Ed infatti chi avesse pensato che anche la radice di 2 potesse essere considerata un numero come gli altri (adoperabile dunque come soluzione di un problema) avrebbe avuto la possibilità di dividere l'ottava in parti eguali, come faceva Simon Stevin.<sup>64</sup>

Non c'era soltanto la teoria a rendere differenti i due contesti culturali. Strumenti tipici della tradizione musicale cinese come le *zhong* [campane] e le *qing* [pietre sonore] apparivano più costosi da costruire e più difficili da accordare di qualsiasi strumento a corda od a fiato. Dunque il desiderio di suonare su di essi un maggior numero di melodie con un maggior numero di modulazioni tra una modalità e l'altra non poteva che stimolare la ricerca dell'accordatura equabile. Tale esigenza aveva trovato parziale sfogo in quell'invenzione unica degli artigiani cinesi la quale consisteva in campane dalla forma asimmetrica. Quando percosse in punti diversi stabiliti, esse sono in grado di emettere due note diverse.<sup>65</sup>

---

<sup>63</sup> Robinson 1980, p. 115; Chen 1999.

<sup>64</sup> Tonietti 2003, Tonietti 2006 b.

<sup>65</sup> Chen 1994.

Persino gli strumenti ad accordatura fissa europei come gli organi, per non parlare dei liuti, sembrano meno difficili da accordare delle batterie di campane. Comunque, la stessa spinta verso il temperamento equabile era presente anche in Europa. Solo che qui sembrava essere efficace soprattutto tra i musicisti. Infatti, le maggiori aperture al temperamento equabile le troviamo con Aristosseno e Vincenzo Galilei. Ed anche altri musicisti ne sarebbero stati convinti solo quando le composizioni avessero abbandonato la staticità del *cantus firmus* gregoriano e delle costruzioni polifoniche dei fiamminghi per la varietà delle melodie e delle armonie tonali. E solo quando il clavicembalo ed il pianoforte avessero progressivamente preso il palcoscenico diventando gli strumenti di riferimento per tutti, come oggi. Tuttavia, qui non era facile che tali esigenze uscissero dalla comunità dei musicisti per farsi sentire dai filosofi naturali della tradizione scientifica prevalente a lungo in Europa. Le loro orecchie ed i loro cervelli erano stati meglio preparati ad udire l'astratta musica delle sfere che le composizioni reali.

Le scienze in Cina sembrano invece essersi evolute in relazione costante con i numerosi problemi pratici di questa cultura. Pertanto, anche nel nostro caso, poteva esser stato relativamente più agevole che le necessità dei musicisti incidessero sulle considerazioni dei teorici. È proprio quanto abbiamo visto Zhu Zaiyu dichiarare per giustificare la sua nuova scienza delle *lii*. Un simile atteggiamento sarebbe quasi impossibile da trovare in Europa, perchè avrebbe comportato perdita di prestigio per la disciplina.

Non ci sembra fecondo appiattare la nostra storia su un problema di priorità. Appare certo singolare la vicinanza nel tempo tra Simon Stevin, Vincenzo Galilei e Zhu Zaiyu.<sup>66</sup> Ma oggi non abbiamo documenti sufficienti per decidere se qualcuno abbia preso dall'altro. Certo, era molto meno probabile che Zhu fosse stato ispirato dagli europei. I gesuiti eventualmente avrebbero trasferito in Cina l'ortodossia di Maurolico piuttosto che l'eresia di Stevin.<sup>67</sup> Ambedue i contesti contenevano in ogni caso gli elementi necessari per realizzare il temperamento equabile. Quindi è molto più probabile che ciascuno se lo sia inventato per proprio conto.

---

<sup>66</sup> Il libro di Vincenzo Galilei, *Dialogo della musica antica et moderna* il quale conteneva il temperamento equabile, usciva nel 1581. Tonietti 20??, paragrafo 5, 7.

<sup>67</sup> Comunque, il manoscritto musicale di Stevin col temperamento equabile sarebbe rimasto inedito fino alla fine del secolo XIX. Tonietti 2003.

La storia ci è apparsa bella da raccontare perchè mette in luce diversità culturali. Non è forse la varietà la bellezza della musica? Non dovrebbe esserlo anche per le scienze? “Nel variar natura è bella” era un detto del teatro italiano che citava persino Leibniz. Riassumiamo le differenze trovate nella Tabella 4.

Cina	Europa
Lülü [canne]	monocordo
qing [chiara]	alta acuta
zhuo [torbida]	bassa grave
cinque fasi	sette corpi celesti
circolo corte	scala
senza ottava	ottava
note sono generate in movimento	statiche immobili
frazioni	rapporti
lunghezze	numeri astratti
12 lülü	7 note
12 dizhi [12 rami terrestri]	sette
qi [24 termini stagionali]	corpi
hou	celesti
musica della atmosfera	musica delle sfere

Tabella 4.

Passage O soul to India!

Eclaircise the myths Asiatic, the primitive fables.

Not you alone proud truths of the world,

Not you alone ye facts of modern science,

But myths and fables of eld, Asia's, Africa's fables,

The far-darting beams of the spirit, the unloos'd dreams,

The deep diving bibles and legends,

The daring plots of the poets, the elder religions;

Walt Whitman

### 3: *In India.*

La matematica in India era considerata nelle *Vedanga* [*Membra dei Veda*] insieme alla *Jyotisa* [*Astronomia*] :“Come le creste sulle teste dei pavoni, come le gemme sui cappucci dei serpenti, così la *ganita* sta in cima alle scienze conosciute delle *Vedanga*.”<sup>68</sup> Ma allora, come i pavoni, le scienze matematiche in questo paese sembrano uccelli che non cantano.

Abbiamo di fronte un paradosso che dovremo cercare di spiegare. Vedremo subito che la cultura indiana assegna alla musica una posizione preminente e diffusa. Dalla tradizione religiosa più antica, quella dei *Veda* [*Sapienza*], arrivava l’esigenza di una precisione particolare, la quale dettava aforismi e regole persino matematiche per costruire gli altari dei sacrifici. Quindi ci aspetteremmo di trovare altrettante considerazioni simili anche per la musica. Invece queste sembrerebbero assenti, diventando un problema storico interessante. Teorie matematiche per la musica abbiamo viste in Grecia, come altre diverse erano state inventate all’altro capo del mondo in Cina. Teorie matematiche per la musica troviamo esposte anche in lingua araba e persiana. Ma, in India, esse appaiono mancare. Perché? Se fosse così, l’avvenimento non ci darebbe tra l’altro informazioni preziose da non trascurare sulle relazioni o sulla indipendenza delle varie culture? Il mitico Pitagora, ad esempio, lui che aveva posto le proporzioni musicali al centro del suo sistema, come avrebbe potuto ispirarsi all’India?

La musica non compare esplicitamente tra i sei *Vedanga*, anche se si potrebbe pensarla nascosta tra la *sikṣa* [fonetica] ed il *chandas* [metrica]. Più tardi (IX-X sec.), essa come *gandharva* entrava tra le discipline istituzionali da conoscere insieme alla medicina ed al tiro con l’arco.<sup>69</sup> Eppure uno dei *Veda*, il *Sama Veda* [*Veda delle melodie*], era riservato ai canti di mantra. Con essi, si costituiva una tradizione per la quale le frasi e le parole scomposte in sillabe<sup>70</sup> perdevano di significato compiuto ed il senso del rituale veniva asse-

---

<sup>68</sup> Datta, Singh 1935, I p. 7.

<sup>69</sup> Pingree 2001, p. 694

<sup>70</sup> Perinu 1981, p. 19 n. 21.

gnato ai suoni ed alle note tramandate da maestro ad allievo. Di conseguenza era il *gita* [canto, musica vocale] che veniva maggiormente coltivato.<sup>71</sup> La pagina più famosa, più commentata e più tradotta della cultura indiana è il *Bhagavad Gita* [Canto del Beato], dal *Mahabharata*. Qui Kṛṣṇa, ottava reincarnazione di Viṣṇu e detto il Beato, spiegava ad Arjuna, l'arciere dei Pandava, perchè nonostante tutti i suoi dubbi morali dovesse uccidere i cugini Kaurava.<sup>72</sup>

Il rito veniva considerato efficace, non solo se le parole giuste seguivano nel momento giusto, ma anche se il loro suono risultava corretto.<sup>73</sup> Quando la tradizione orale passava nella scrittura e si fissavano le regole della grammatica, venivano classificati 63 suoni detti *varna* [colori] distribuiti su tre toni: *udatta* [alto], *anudatta* [basso] e *svarita* [alto seguito da basso]. Essi venivano indicati da accenti : *á* basso, *à* alto e basso, *a* (senza accento) acuto.<sup>74</sup>

In Europa, la teoria della musica rientrava di regola per secoli tra gli interessi dei matematici e dei filosofi naturali. Lo abbiamo studiato in Grecia. In India la musica non compare tra le attività cui il *ganaka* si dedicasse. Non si trovano libri di *ganita* che la contengano. Essa appare assente dal manoscritto *Bakhshali*, dallo *Aryabhatya* e dal commento ad esso di Bhaskara I. Altrettanto manca nel *Brahmasphutasiddhanta* [Esposizione finale corretta di Brahma] di Brahmagupta come nel *Ganitasarasamgraha* [Compendio dell'essenza della matematica] di Mahavira (IX sec.), nel *Siddhantaśiromani* [Coronamento dei Siddhanta] e nella *Lilavati* [La giocosa] di Bhaskara II.<sup>75</sup>

Eppure, persino in India alcuni spunti sembrerebbero avvicinare la musica alla matematica. Per la musica veniva adottata la stessa notazione *katapayadi* [quella che comincia con *k, t, p, y*] di lettere alfabetiche adoperata per i numeri.<sup>76</sup> Il calcolo combinatorio amato dai *jaina* veniva impiegato anche per la musica.<sup>77</sup> Nel *Taittiriyaibrahmana* (3.4.15) per il *purus.amedha* [sacrificio

<sup>71</sup> Accanto allo *atodya* [musica strumentale]; Pingree 2001, p. 703.

<sup>72</sup> Bhagavad Gita, 1996.

<sup>73</sup> Minkowski 2001, p. 709.

<sup>74</sup> Cardona 2001, pp. 740-743.

<sup>75</sup> Hayashi 2001, p. 776 e seguenti.

<sup>76</sup> Hayashi 2001, p. 783.

<sup>77</sup> Hayashi 2001, p. 775. Cfr. Leibniz 1666 e Tonietti 1999.

umano], il *ganaka* veniva immolato alla divinità del canto insieme al suonatore di *vinā* (strumento a corde). Si voleva in tal modo collegare la *ganita* con la musica?<sup>78</sup>

Maggior precisione prometteva la cosmologia. La classificazione indiana delle ere cosmiche arrivava al *mahayuga* di 4.320.000 anni. Esso veniva separato in quattro periodi secondo le proporzioni 4 : 3 : 2 : 1. Esse sono le stesse usate nelle sette pitagoriche per dividere il monocordo e generare le note della loro scala. In Europa nasceva la musica delle sfere ponendo in relazione queste note con gli astri del cielo. In India non si trova niente di simile, per quanto è dato leggere nella letteratura corrente, e quei numeri restano confinati nella cosmologia. Forse uno spunto in questa direzione è l'attribuire a Śiva, il quale crea il mondo con la danza, anche l'insegnamento all'umanità della musica.<sup>79</sup> L'ultimo periodo di 432.000 anni, detto in India *kaliyuga*, si ritroverebbe anche nei miti babilonesi.<sup>80</sup> Il gioco con i primi quattro numeri 1, 2, 3, 4, i quali assommano a 10, poteva aver colpito l'immaginazione tanto dei babilonesi, che dei greci e degli indiani. Ma dovremmo constatare come culture diverse arrivassero a conseguenze diverse.

Possiamo sospettare che le caratteristiche del contesto storico indiano non avessero stimolato lo svilupparsi degli spunti precedenti in relazioni esplicite tra numeri e musica. Come immaginarsi infatti numeri per le note se queste sono generate dalla voce? I numeri, in Grecia, potevano venir suggeriti dalla lunghezza delle corde, in Cina dalla lunghezza delle canne. Forse la musica del periodo vedico aveva di fronte una geometria relativa, la quale non si prestava altrettanto a considerazioni numeriche? In questo momento, gli *svara* [suoni risuonanti, note] venivano chiamati *prathama* [primo], *dvitiya* [secondo], *tritiya* [terzo], *catvrtha* [quarto], *pancama* [quinto], *mandra* [grave], e *atisvarya* [.....] o *krusṭa* [.....]. Venivano dunque contati e più tardi essi sarebbero stati anche raggruppati nel *saptaka* [i sette]. Ma questa appare l'unica relazione tra di essi e nessun'altra forma matematica veniva immaginata per classificarne le altezze.<sup>81</sup> Quando più tardi i *ganaka* famosi avessero concentrato i

---

<sup>78</sup> Hayashi 2001, p. 727

<sup>79</sup> Bharata 1959, p. vi.

<sup>80</sup> Pingree 2001, p. 720.

<sup>81</sup> Perinu 1981, pp. 18 e 24.



loro studi sui numeri, il *Sama Veda* avrebbe perso prestigio e considerazione presso di loro? La casta dei *brahmani* avrebbe infatti iniziato il declino, soppiantata dagli *ksatriya* [guerrieri], mentre il canto vedico si stava trasformando nella musica *gandharva* per strumenti.<sup>82</sup>

Nel *Mahabharata*, l'universo cominciava con l'*akaśa* [etere] da cui sgorgavano *apah* [acqua], *vayu* [aria], *tejas* [fuoco] e *prthivi* [terra] secondo le loro qualità di spazio, movimento, calore, ..., oppure suono, sapore, odore, ... Per il pensiero della scuola *Vaiśeṣika* [*Le specifiche*], era un etere infinito, unitario e senza atomi che rendeva possibile il suono, in quanto gli faceva da sostanza ambiente. Secondo tale filosofia, le qualità dipendono dalla sostanza cui appartengono, ma non possono appartenere ad altre qualità od a movimenti. Quindi non si poteva parlare di numeri per il suono, essendo anche i numeri una particolare qualità.<sup>83</sup> Qui sarebbe stato di conseguenza difficile trovare una teoria matematica della musica. Ma le altre filosofie perché non elevavano i suoni dei mantra nell'assoluto trascendente attraverso quello dei numeri? Forse non ne avevano affatto bisogno perché l'avevano posto nelle lettere dei *Veda*?

Oggi che la musica è largamente uscita dagli interessi professionali degli studiosi di matematica, questi antichi *ganaka* indiani altrettanto indifferenti ad essa potrebbero anche in questo apparirci singolarmente moderni. Neanche dai testi più antichi, che trattano l'arte musicale indiana in generale, escono pagine sui suoni divisi secondo proporzioni numeriche.

La *Gitalamkara* [*Retorica del canto*] di Bharata (datazione incerta, forse qualche sec. a.C.) dichiarava fin dall'inizio (riprendendolo alla fine) di essere "l'uncino per controllare gli elefanti ubriachi, i quali sono gli avversari".<sup>84</sup> Si volevano allora fissare regole in un campo soggetto a discussioni. Come dice il titolo, *Gita* [canto], si trattava della musica vocale espressa in parole. Forse per questo, l'ultimo capitolo contiene un elenco delle diverse lingue nelle quali si potesse cantare.<sup>85</sup>

---

<sup>82</sup> Perinu 1981, p. 21..

<sup>83</sup> Torella 2001, pp. 656-659.

<sup>84</sup> Bharata 1959, pp. 3 e 213.

<sup>85</sup> Bharata 1959, cap. XV.

Tutto qui si ottiene col canto: “virtù, successo, piacere, liberazione ...”. Persino il cantore più brutto strapperebbe tutto quanto volesse da una bella con una dolce canzone.<sup>86</sup> Allora “Il ladro di canzoni commette un crimine uguale a quello di uccidere un brahmano, di stuprare la donna di un maestro, di uccidere una vacca od un bambino ancora da nascere.”<sup>87</sup> Un argomento considerato tanto importante meritava di venir studiato con particolare precisione. “Esistono sette *svara* [note], tre *grama* [villaggio, gamma], ventuno *murchana* [scale modali], quarantanove *tana* [base dei modi], tre *matra* [unità di tempo], tre *laya* [tempi]. Ci sono tre *sthana* [registri], tre *yati* [ritmi], sei *asya* [modi di sorridere], nove *rasa* [emozioni], trentasei *varna* [colori, modi] e sei volte sette *bhaṣa* [stili di canto].”<sup>88</sup> “Tutto quello che in questo mondo appartiene alla lingua, siano la parola od i [suoni] artificiali [degli strumenti], ha per materia le sette note ... La nota *Ṣadja* [nata dai sei] ha il colore [rosso] del petalo del loto. *Rṣabha* [toro] è verdegialla come il pappagallo. *Gandhara* [fragrante] è dorata. *Madhyama* [mediana] ha il colore del gelsomino. *Pancama* [quinta] è nera. *Dhaivata* [armoniosa] è gialloviva e *Niṣada* [riposo] è multicolore.”<sup>89</sup> Esse venivano descritte secondo il percorso nel corpo umano che le genera dall’ombelico su fino alla testa. Sono messe in relazione alle caste, agli animali, alle divinità, ai *Veda*.<sup>90</sup>

Le note sono raggruppate in *murchana* [scale modali] descritte secondo le circostanze adatte a loro. Stesso criterio veniva seguito per i *tana* [base dei modi]. Il *Sama Veda* veniva cantato nel *tana Brahma*, per l’amore si adoperava il *tana Geha* [dimora].<sup>91</sup> Come le sillabe, le note avevano una durata *hrasva* [breve], *dirgha* [lunga] o *pluta* [prolungata], misurata in *matra* [tempo di un batter d’occhio]. Si definivano le emozioni relative, dallo *śrngara* [amore] alla *śanta* [pace]. Curiosi ci appariranno i sei diversi tipi di *hasya* [riso], ma servivano per accattivare l’ascoltatore.<sup>92</sup> Alla fine arrivavano i *varna* [modi] clas-

---

<sup>86</sup> Bharata 1959, pp. 3-5.

<sup>87</sup> Bharata 1959, p. 35.

<sup>88</sup> Bharata 1959, p. 47.

<sup>89</sup> Bharata 1959, p. 51 e seguenti.

<sup>90</sup> Bharata 1959, pp 51-73.

<sup>91</sup> Bharata 1959, pp. 121 e 125.

<sup>92</sup> Bharata 1959, pp. 147-149.



sificati in maschili, femminili e generati, con l'elenco dei loro effetti: *sauri* [del sole], l'ottavo modo femminile rende felici gli ascoltatori; *dravidi* [della gente del Sud], il quarto modo generato, porta fortuna.<sup>93</sup>

Tra tutti questi particolari non si trova neanche accennato il problema di come fissare con precisione relativa l'altezza delle note. "Le sillabe possono venir [pronunciate] in tre *sthana* [registri]: di petto, di gola e di testa. Le genti che conosco le Scritture dicono che li si chiama le tre libagioni [offerte del *soma* al mattino, mezzogiorno e sera]".<sup>94</sup> Purtroppo, in tale punto di interesse centrale per noi, il testo appare mutilo e viene dai commentatori completato seguendo i trattati di fonetica oppure riferendosi a libri sulla musica molto posteriori.

Nel *Samgita Ratnakara* [*Miniera di gemme della musica*] (1.3.7) infatti si legge il passo seguente. "Nella pratica però sono in tre parti: nel cuore [l'ottava] considerata *mandra* [grave], nella gola quella *madhya* [mediana], nella testa quella *tara* [acuta], [ognuna] doppia in senso ascendente." Ma il trattato scende fino a Sarngadeva (tra il IX ed il XIII sec.) ed è meglio conservato nel commento di Simhabhupala (XIII sec.) Altrimenti avremmo trovata qui finalmente la proporzione "doppia", la quale ci permetterebbe di identificare, come gli studiosi fanno di solito, lo *sthana* con l'ottava, se non fossero nel frattempo passati una dozzina di secoli. Ormai la cultura indiana avrebbe (purtroppo?) avuto ogni occasione a quel tempo di farsi influenzare dagli arabi, portatori, a loro volta, della teoria greca.

Del resto, le parti musicali del *Natya Śāstra* [*Scienza del dramma*] (alcuni sec. d.C.) suonavano già diverse dal *Gitalamkara* perchè sono rivolte particolarmente alla musica strumentale.<sup>95</sup> Nel XII secolo, Jayadeva componeva il celebre *Gita Govindam* [*Canto di Govinda*] col quale cantava il *madhura bhakti* [amore puro, celeste] di Radha per Krs.na, nel simboleggiare l'amore dell'anima verso Dio. Tuttavia, sono andati perduti i suoi *raga* [delizie], come nel frattempo si erano andati chiamando gli antichi modi *varna* del *Gitalamkara*. Oggi, i musicisti indiani li suonano ciascuno nel proprio stile.

---

<sup>93</sup> Bharata 1959, pp. 185 e 189.

<sup>94</sup> Bharata 1959, p. 139.

<sup>95</sup> Natya Sastra 1996, cap. 28, 29, 30, 33. Ma, neanche in questo, nonostante l'opinione di uno studioso come Alain Daniélou, ci riuscirebbe trovare qualche parentela con le concezioni musicali greche prevalenti, come vedremo presto. Bharata 1959, p. VIII.

Śaṅgadeva godeva dell'appellativo di Nissanka: colui che non ha dubbi.<sup>96</sup> Come avrebbe allora risolto i suoi sull'accordatura e l'intonazione? Forse i brahmani, che altrimenti scrivevano trattati su tutto, avevano ottenuta la precisione richiesta nel rituale seguendo per il canto un modo diverso dalla matematica, usata invece per gli altari. Nella trasmissione orale di quella tradizione da maestro ad allievo si erano fidati soprattutto delle loro orecchie? Forse gli artigiani ed i musicisti, nel collocare quei non pochi tasti sul manico della *viṇa* (Fig. 4), praticavano sistemi i quali non passavano nei libri perché costoro appartenevano in genere a caste diverse dalla prima sacerdotale? Stava nascendo la professione del musicista, meno legato dal rito religioso e meglio utilizzato nelle rappresentazioni sceniche.<sup>97</sup> Certo, dividere una lunghezza in un numero di parti uguali poteva essere relativamente facile.



<sup>96</sup> Satyanarayana 2005, p. 184.

<sup>97</sup> Perinu 1981, p. 21.

Nel *Natya Śāstra*, per l'accordatura degli strumenti a corda si usavano le parole seguenti:<sup>98</sup> “Queste note diventano basse od alte secondo l'aggiustare delle corde e la diversità della *danda* [manico, misura di 120cm] della *viṇa* e degli organi di senso ... la differenza che occorre *in pa* [*pancama*, la quinta nota] quando venga innalzata od abbassata di una *śruti* [udibile] e quando di conseguenza occorra la *marda* [allentarsi] e la *ayatatva* [tendersi] delle corde, ciò indicherà una tipica *śruti*. Spiegheremo il sistema di queste *śruti*. Due *viṇa* debbono venir preparate con *danda* e corde di misure simili, aggiustando in modo simile le ultime nel *śadja grama*. Allora una di queste deve venir accordata nel *madhyama grama*, abbassando *pa* di una *śruti*. La stessa *viṇa*, aggiungendone una al *pa*, sarà accordata nel *śadja grama*. Questo è il significato del calare di una *śruti*.” “Le note del *vamśa* [flauto] dovranno venir perfezionate e stabilite con l'aiuto della *viṇa* e della voce umana ... L'unisono della voce umana, della *viṇa* e del flauto viene apprezzato in modo particolare.”<sup>99</sup> “Il suono è arioso [sta nell'aria] e viene considerato di due specie, una equipaggiata di *svara* [note] e l'altra di *abhidhana* [parole con senso] ... sette *svara* sono stati proclamati sulla *viṇa* come sulle corde vocali umane. Gli stessi si stanno producendo negli *atodya* [strumenti]. Le note che vengono dal corpo umano sono trasmesse alla *viṇa* di legno, poi ai *puṣkara* [tamburi] ed infine ai *ghana* [strumenti solidi].”<sup>100</sup>

Anche nel *Natya Śāstra*, i tre *sthana* [registri in altezza] venivano collocati nell'*uras* [petto], nella *kantha* [gola] e nella *śiras* [testa].<sup>101</sup> Dunque, per accordare uno strumento a corde come la *viṇa*, qui si teneva conto della loro lunghezza agendo sulla loro tensione. Il musicista, guidato dagli “organi di senso”, aggiungeva e toglieva *śruti*, le quali erano gli intervalli ‘udibili’. La voce umana restava l'origine fondamentale, mentre tutto veniva fatto risalire a Brahma, Śiva ed ai *Veda*.<sup>102</sup> Le proporzioni numeriche mancano del tutto.

A partire dal *Natya Sastra* fino al *Samgita Ratnakara*, arrivava comunque l'arte di scomporre in ventidue *śruti* lo *sthana*. Ma solo quando lo si fosse

<sup>98</sup> *Natya Śāstra* cap. 28, 23 e 27-28; ed. 1996, pp. 388-389.

<sup>99</sup> *Natya Śāstra* cap. 30, 11-13; ed. 1996, p. 415.

<sup>100</sup> *Natya Śāstra* cap. 33, 29-35; ed. 1996, p. 486.

<sup>101</sup> *Natya Śāstra*, cap. 19, 38-40; ed. 1996, p. 268.

<sup>102</sup> *Natya Śāstra* cap. 1.



identificato con l'ottava greco-occidentale, le *śruti* sarebbero potute diventare quarti di tono. Per essi non abbiamo tuttavia trovato spazio nella cultura greca pitagorica ortodossa. Soltanto la scuola ad essa rivale di Aristosseno teorizzava i quarti di tono e lo faceva, come si è visto utilizzando nella pratica della musica l'orecchio invece delle proporzioni numeriche. Ammessa dunque per ipotesi, ma non concessa né nel merito, né nel nostro stile storico, “une parenté certaine avec les théories musicales de la Grèce, ...” come crede Alain Daniélou,<sup>103</sup> questa poteva eventualmente esserci stata soltanto con gli eretici alla Aristosseno, non certo con i pitagorici. Per arrivare ai quarti di tono attraverso i numeri, i teorici europei della musica avrebbero dovuto imparare a contare al di là di quattro, ben fino a sette. Ma avrebbero dovuto aspettare, con Euler, il secolo XVIII.<sup>104</sup>

Dunque lo studio dei testi ci ha portato a comprendere quanto la musica degli indiani fosse lontana in origine dalle teorie matematiche greche.<sup>105</sup> In particolare, né gli *sthana* originari, né i tre *saptaka* relativi (basso, medio, alto) potrebbero venir identificati senza pesanti distorsioni con le ottave occidentali.<sup>106</sup> I *murchana* dispongono gli *svara* lungo linee che potrebbero venir assimilate a scale modali. Al loro interno, nascono le *jati*, cioè le melodie, le quali suscitano i vari sentimenti nell'ascoltatore (meglio note in seguito col termine *raga*). Eppure, tutto il sistema veniva costruito con suoni ad intonazione non fissata relativa<sup>107</sup> e disposti in due *grama* la cui forma, piuttosto che da una scala occidentale, viene compresa forse meglio da un cerchio, secondo il modello di “villaggio” come significa la parola stessa.<sup>108</sup> Lungo il cerchio si adagebbero comodamente le ventidue *śruti*.

Da non trascurare, infine, troviamo l'idea di una relazione tra gli *svara* e versi emessi da animali, non particolarmente versati nel canto. Così il primo *śadja* corrisponderebbe all'intonazione del pavone, ..., il sesto *dhaivata* a ver-

---

<sup>103</sup> Bharata 1959, p. v.

<sup>104</sup> Euler 1739. Tonietti 2002.

<sup>105</sup> Cfr. Perinu 1981, pp. 11 e 141.

<sup>106</sup> A.N. Sanyal: “... il concetto di ottava ... non può essere accettato per la musica classica indiana ... Nè le tradizioni antiche, nè la pratica moderna [lo] recano ...”; citato da Perinu 1981, p. 40, n. 16. Altrimenti avrebbero scritto *As.taka* [gli otto].

<sup>107</sup> Perinu 1981, p. 24.

<sup>108</sup> Perinu 1981, pp. 25, 29-30 e 44 n. 42.

si come quelli del cavallo e della lucertola, il settimo *nisada* all'elefante. Solo il quinto *pancama* godeva di uccelli sicuramente canori come l'usignolo ed il merlo. La nota mediana *madyana* veniva collegata anche ai suoni naturali dell'acqua che cade ed al fremito della foresta.<sup>109</sup> Persino la scelta del nuovo nome per la musica, *gandharva*, in quanto diverso da *samgita* [canto con], rivelava atteggiamenti significativi. I *gandharva* erano esseri semidivini, genî aerei ispiratori di musica ed amore. Si accompagnavano alle *apsaras*, ninfe celesti simbolo dei sensi, le quali distraevano la coscienza dall'*atman* [l'anima, il sé]. Tormentavano particolarmente gli asceti.

Una concezione simile della musica ci appare seguire le orecchie e non i numeri, sfuggendo persino a quelli contati dai brahmani nel momento nativo dei nomi. Appare in bilico tra cielo e terra, ma preferisce scendere quaggiù tra gli esseri viventi. Fatte dai musicisti e non dai *ganaka*, in India abbiamo trovato prevalere teorie della musica le quali assomigliano a quella di Aristosseno. In Europa, bisognerà aspettare Jean Le Rond d'Alembert nel secolo XVIII per trovare qualche matematico che per essa preferisse fidarsi delle proprie orecchie.<sup>110</sup>

Il ruolo indispensabile assegnato nella musica indiana ai molti tipi di tamburi non ha l'eguale in Europa. Il mito della loro invenzione viene raccontato nel *Natya Śastra* nel modo seguente. “Grazie alla velocità della raffica di vento, suoni chiari vennero prodotti sui gruppi delle foglie di loto dalle colonne d'acqua che cadevano. Udendo il suono che nasceva dalle colonne d'acqua precipitanti giù, [Svati] lo considerò un avvenimento misterioso e quindi lo osservò con attenzione. Ritornò nell'eremitaggio con la conoscenza piena di suoni alti, medi e bassi prodotti sulle foglie di loto come maestosamente profondi, dolci e deliziosi.”<sup>111</sup> Il mito greco faceva invece riferimento a Pitagora che classificava i suoni secondo la grandezza dei martelli uditi nell'officina di un fabbro. Śarngadeva registrava il biforcarsi della tradizione indiana per il canto tra la musica 'hindustana' del Nord e quella 'carnatica' del Sud.<sup>112</sup> Erano allora arrivati gli stranieri dal Medio oriente con le loro diversità culturali. La teoria ma-

---

<sup>109</sup> Perinu 1981, p. 42 n. 30.

<sup>110</sup> Tonietti 2002.

<sup>111</sup> *Natya Śastra* cap. 33, 4-13; ed. 1996, p. 484.

<sup>112</sup> Satyanarayana 2005, p. 202. Perinu 1981, p. 9.



tematica della musica presso gli arabi veniva da quella pitagorica dei greci e gli assomiglia molto. Ma questa storia la racconteremo un'altra volta<sup>113</sup>.

Comunque, il mondo è bello perché è vario, persino quello delle scienze matematiche, come quello della musica. Ogni cultura sviluppa il proprio. Esso è rotondo, non piatto. Saliamo dunque sulle navi tutti insieme, matematici, musicisti e storici per poterlo scoprire!

### ***Bibliografia.***

Aristosseno, 1954, *Elementa Harmonica*, Rosetta Da Rios cur., Roma, Istituto poligrafico dello stato.

Aristotele, *Metafisica*, N5, 1093a, 1.

Bellissima Fabio, 2003, *La Sectio Canonis di Euclide e il suo errore logico*, *Bollettino di Storia delle Scienze Matematiche*, XXIII, 6-45.

*Bhagavad Gita [Canto del beato]*, Srimath Swami Chidbhananda cur., Tiruchirapalli (Tamil Nadu) 1996, Sri Ramakrishna Taponavam.

Bharata, 1959, *Gitalamkara [La retorica del canto]*, Alain Daniélou, N.R. Bhatt cur., Pondichéry, Institut Français d'Indologie.

Boyer Carl B., 2003, *Storia della matematica*, Milano, Mondadori.

Cardona George, 2001, *L'analisi linguistica come paradigma della scienza vedica*, in *Storia della scienza*, Roma, Enciclopedia Italiana, vol. II, *Cina, India, Americhe*, 740-756.

Chen Cheng-Yih (Joseph):

-1994, *Two-Tone Set-Bells of Marquis Yi*, Singapore, World Scientific Publishing.

-1996, *Early Chinese Work in Natural Science*, Hong Kong, Hong Kong University Press.

-1999, *A Re-visit of the Work of Zhu Zaiyu in Acoustics*, in *Current Perspectives in the History of Science in East Asia*, Yung Sik Kim and Francesca Bray eds., Seoul National University Press, 330-346.

Cheng Dawei, 1592, *Suanfa tongzong*, citato da Yan Dunjie, Mei Rongzhao, Li Zhaohua eds., *Suanfa tongzong jiaoshi*, [Compendio spiegato e comparato delle regole per calcolare], Anhui jiaoyu chubanshe.

---

<sup>113</sup> Tonietti 2006 a, Capitolo quarto.



*Daodejing*, citato da Duyvendak J.J.L. cur., *Tao te ching* [Classico della via e della virtù], Milano 1973, Adelphi.

Datta B., Singh A. N., 1935, *History of Hindu Mathematics*, rist. Bombay 1962, Asia Publishing House.

Euclide, 1557, *Sectio canonis*, citato da *Rudimenta musices*, G. Pena cur., Parigi, Andrea Wechelo.

Euler Leonhard, 1739, *Tentamen novae theoriae musicae*, St. Petersburg; rist. *Opera Omnia*, ser. III, vol. I, Leipzig 1926, Teubner; tr. francese *Musique Mathématique*, Paris 1865, Librairie Scientifique et Philosophique.

Galilei Vincenzo, 1581, *Dialogo della musica antica et moderna*, F. Fano cur., Roma 1934, Reale Accademia D'Italia.

Granet Marcel, 1971, *Il pensiero cinese*, Milano, Adelphi.

Hayashi Takao, 2001, *Espressioni numeriche nei testi vedici e Matematica*, in *Storia della scienza*, Roma, Enciclopedia Italiana, vol. II, 727-729 e 772-790.

Hilbert David, 1899, tr. italiana *I fondamenti della geometria*, Milano 1970, Feltrinelli.

Leibniz Gottfried Wilhelm, 1666, *Dissertatio de arte combinatoria*, rist. G.W. Leibniz Mathematische Schriften, C.I. Gerhardt cur., Berlin 1962, Olms, vol. IV, 27-104.

Minkowski Christopher, 2001, *I Veda*, in *Storia della scienza*, Roma, Enciclopedia Italiana, vol. II, 708-715.

*The Natya Śāstra [Trattato del dramma]*, 1996, T.V. Parameshvar Iyer cur., Dehli, Sri Satguru Publications.

Needham Joseph, Wang Ling, Robinson Kenneth Girdwood, 1962, *Sound (Acoustics)*, in *Science and Civilisation in China*, Vol. 4 Part I: *Physics*, Cambridge, Cambridge University Press, 126-228.

Perinu Roberto, 1981, *La musica indiana*, San Giuliano Milanese (Mi), Zanibon BMG Ricordi.

Pingree David, 2001, *I professionisti della scienza e la loro formazione e Cosmologia puranica*, in *Storia della scienza*, Roma, Enciclopedia Italiana, vol. II, 690-707 e 717-721.

Platone:

-1994, *Timeo*, G. Lizza cur., Milano, Mondadori.

-1999, *La repubblica*, Bari, Laterza.

Robinson Kenneth Girdwood, 1980, *A Critical Study of Chu Tsaiyü's Contribution to the Theory of Equal Temperament in Chinese Music* [1951], Wiesbaden, Franz Steiner Verlag.

Satyanarayana Nookala Chinna, 2005, *The Science of Indian Music*, Hyderabad, Sri Dattasai Graphics.

Tonietti Tito M.:

-1982, *A Research Proposal to Study the Formalist and Intuitionist Mathematicians of the Weimar Republic*, *Historia Mathematica*, 9, 61-64.

-1983, *Le due tappe del formalismo di Hilbert e la controversia con Brouwer*, in *Atti del Convegno internazionale di storia della logica*, Bologna, Editrice Clueb, 375-379.

-1985, *Editor's commentary*, all'inedito di H. Weyl *Axiomatic Versus Constructive Procedures in Mathematics*, in *The Mathematical Intelligencer*, 7, 4, 10-17 e 38.

-1990, *Continuum's Continuous Conflicts, Proceedings Conference on Foundations of Mathematics and Physics* -Perugia, Bartocci U., et al. eds., Blumberg, Benjamin Wesley Publ., 271-288.

-1999, *Verso la matematica nelle scienze: armonia e matematica nei modelli del cosmo tra Seicento e Settecento*, in *La costruzione dell'immagine scientifica del mondo*, Mamone Capria Marco cur., Napoli, La città del sole, 155-219.

-2000, *Does Newton's Musical Model of Gravitation Work?*, *Centaurus* 42, 135-149.

-2002, *Is Music Relevant for the History of Science?*, in *The Applications of Mathematics to the Sciences of Nature: Critical Moments and Aspects*, Cerrai Paola, ed altri cur., New York, Kluwer, 281-291.

-2003, *The Mathematics of Music During the 16th Century: The Cases of Francesco Maurolico, Simon Stevin, ChengDawei and Zhu Zaiyu*, *Ziran kexueshi yanjiu [Studies in the History of Natural Sciences]*, [Pechino] 22, n.3, 223-244.

2006 a *The Mathematical Contributions of Francesco Maurolico to the Theory of Music of The 16th Century (The Problems of a Manuscript)*, «Centaurus», 48, (2006), 149-200.

-2006 b, *Le matematiche del Tao*, Roma, Aracne.

-20??, *Eppursiode*, in preparazione.

-2000, *Le matematiche del Tao*, manoscritto.



Torella Raffaele, 2001, *Il pensiero indiano*, in *Storia della scienza*, Roma, Enciclopedia Italiana, vol. II, 638-689.

Winnington-Ingram R.P., 1970, *Aristoxenus, Dictionary of Scientific Biography*, Charles C. Gillispie ed., New York, Scribner's Sons.

Yijing [*Classico dei mutamenti*], citato da *Shanben yijing*, Taibei, Laoguwen huashiye, 1998; tr. inglese *I Ching*, Ritsema R., Karcher S. eds., Shaftesbury 1994, Element Books Limited.

Zhu Zaiyu:

-1584, *Lüxue xinshuo* [*Un nuovo resoconto della scienza delle lü*]; ristampato in *Yuelü quanshu* [*Libri completi della musica e delle lü*], 1606-1620; citato da *Zhongguo kexue jishu dianji tonghui* [*I classici completi delle scienze e della tecnica cinesi riuniti*], *Wuli* [*Fisica*], Shanghai 1995, Henan jiaoyu chubanshe.

-1596, *Lülü jingyi* [*La giusta essenza delle lülü*]; ristampato in *Yuelü quanshu*,..., Shanghai 1995, Henan jiaoyu chubanshe.

\*Tito Tonietti

È nato ad Armeno (Novara) tra i laghi del Nordovest. Ha vissuto e studiato ad Arezzo e Torino dove si è laureato in fisica. Dal 1986 insegna Storia della scienza all'Università di Pisa, nei corsi di Beni culturali e Scienze per la pace.

Lavora presso il Dipartimento di Matematica. I suoi interessi di ricerca sono la storia della fisica, della matematica, della scienza nonché la storia della musica. Da ultimo ha cominciato ad occuparsi anche delle culture lontane dall'Europa come le cinesi, le indiane e le arabe. Vive in Toscana in mezzo ad un bosco. Tra le sue pubblicazioni recenti: *Catastrofi. Il preludio alla complessità*, Dedalo, Bari, 2002, pp. 264; *The mathematics of Musica During the 16th Century: The Cases of Francesco Maurolico, Simon Stevin, Cheng Dawei, Zhu Zaiyu*, in "Ziran kexueshi yanjiu" [Studies in the History of Natural Sciences], 2003, 22, n. 3, pp. 223-244; *Nuvole in silenzio. Arnold Schoenberg svelato*, Edizioni Plus Università di Pisa, Pisa 2004, pp. 1733; *Disegnare la natura (I modelli matematici di Piero, Leonardo e Galileo per tacer di Luca)*, "Punti Critici", 2004, n. 10/11, 73-102; *Le matematiche del Tao*, Roma 2006, Aracne, pp. 266; *The Mathematical Contributions of Francesco Maurolico to the Theory of Music of the 16th Century (The problems of a Manuscript)*, "Centaurus", 48, (2006), 149-200.





---

Eugenio Gianni\*

## CromoINionia

### *Il colore della musica*

#### *1. Nota di poetica inista*

(...) *Le nostre opere mostreranno sintesi cromatiche musicali*, recita testualmente il “Secondo Manifesto Ini”; ebbene, la **CromoINionia** è un atto creativo inista. Esso si propone di *tradurre* un testo musicale in forme e colori in modo da rendere visibile l’aspetto estetologico del suono a quanti non hanno la possibilità di percepirlo adeguatamente. Se Sérusier, Kupka, Charchoune, Kandinsky ed altri hanno stabilito delle relazioni tra musica e colore, se hanno cercato di identificare degli accordi tra colore e suono, le loro opere non possono considerarsi delle vere *traduzioni* ma semplici *sensazioni* visive. Nessuno che le guardi potrà seguire il percorso musicale dell’autore, né stabilire il valore delle note, il tempo della battuta e la durata dell’opera. Con la **CromoINionia** possiamo percepire visivamente le connessioni, le armonie, i contrasti, il tempo, la durata, ecc. poiché esse vivranno sulla tela così come nell’aria del teatro. Il fruitore potrà non avere particolare familiarità con la semiotica musicale, noi gli permetteremo di vivere e di apprezzare le raffinatezze musicali mediante l’uso del linguaggio visivo, poiché potrà *leggere* l’opera musicale così come quella pittorica. Egli potrà bloccare il tempo, potrà tornare indietro o andare avanti, potrà *vedere* simultaneamente l’armonia e la melodia, potrà seguire con gli occhi un’intera battuta, nota per nota, pausa per pausa. Potrà abbracciare in una visione d’insieme l’intero componimento, bloccare il tempo e ridurlo ad un palpito d’occhio. E tutto in virtù della corrispondenza tra *frequenza* e *lunghezza d’onda*, tra valore del tempo musicale e quello spaziale, tra il numero delle battute e quello dei moduli, tra le ottave delle note e le corrispondenti dei colori. Non un’ottava, ma fino a tre, cinque, sette ottave (ed anche oltre) potranno essere prese in considerazione. Si percepiranno delle scale ascendenti come delle discendenti, del trillo come delle sincopi, ecc. E la traduzione non costituirà una pianificazione ma permetterà ad ogni *traduttore* di esternare la



propria sensibilità artistica così come quando si accinge a tradurre delle poesie. Dunque un'apertura ad angolo giro, in cui s'intersecano campi diversi all'interno di una logica multimediale.

*L'Ini - afferma Laura Aga-Rossi - non è una scuola dove c'è il più bravo della classe [...] Noi, con entusiasmo, guardiamo alla creazione, alla vita! [...] L'Ini vuole indirizzare la sensibilità e gli impulsi migliori verso la creatività, la sola capace di liberare l'uomo<sup>1</sup>.*

## 2. Il colore della musica

### **CromoINItonia:**

**Cròmo** = sostanza colorante, colore o pigmento;

**INI** = acronimo di *Internazionale Novatrice Infinitesimale* (Terza fase dell'Avanguardia: *Futurismo, Dadaismo, Inismo*);

**Fonìa** = suono.

Si racconta che mentre Kandinsky assisteva alla rappresentazione dell'opera wagneriana *Lohengrin* al teatro di corte di Mosca, lo entusias mò il suono degli strumenti forti. “Mi sembrava – afferma l'artista – di avere davanti agli occhi tutti i miei colori. Davanti a me si formavano linee disordinate, quasi assurde”<sup>2</sup>.

Non è il solo ad entusiasinarsi davanti alla “maestosità” di un complesso di suoni, altri come lui avevano tentato non solo di rappresentare il “suono”, ma anche le sensazioni che la percezione di un'opera musicale poteva provocare. Scribian prova col suo “pianoforte a colori” a visualizzare il suono, creando composizioni di grande fascino; il pittore lituano Mikolajus Ciurlionis all'inizio del Novecento lo fa, trasferendo la musica in dipinti semiastratti. Paul Sérusier prova a stabilire nel suo trattato “L'ABC de la peinture” l'equivalenza tra musica e colore e identifica i colori con l'accordo cromatico Rosso o Rosa = Do, Giallo = Mi, Verde = Sol (*Paesaggio del Bois d'Amour*

---

<sup>1</sup> A. Merante, *Prefazione* a G.A. Bertozzi, *La Signora Pròteo*, Abano Terme, Piovani Editore, 1990, p.9.

<sup>2</sup> H. Düchting, *Kandinsky*, Ed. Taschen, p.10

– *Il Talismano*, 1888, fig. 1). Serge Charchoune realizza *Paesaggio sentimentale*, 1923, facendosi coinvolgere dalla melodia di una serie di liberi passaggi sonori; Kupka realizza *Amorfa, Fugue à deux couleur*, 1911-12, mentre Paul Klee si diverte con *Iscrizione*, 1921-23.



Fig. 1. P. Sérusier, *Paesaggio del Bois d'Amour – Il Talismano*, 1888

Kandinsky è l'artista che ha dedicato il suo entusiasmo alla fusione tra pittura e suono, non a caso troviamo titoli come *Suono Giallo*, 1911 (opera per la quale il musicista Artmann era stato invitato a scrivere lo spartito musicale), *Suono Verde*, 1911, ecc. Ma ciò che realizza è solo un quadro in cui rivivono le sensazioni sonore che lo hanno coinvolto; perciò percepisce nel Verde i suoni calmi e lunghi, nel Giallo quelli pungenti ed irrequieti, e nell'Azzurro i suoni celesti.

Ma quante, di queste opere, permettono all'osservatore di entrare dentro l'opera musicale, quanto appartiene all'artista e quanto al musicista? Quello che ha realizzato Kandinsky (*Volteggio*, 1935), ad esempio, è solo una libera interpretazione del suono e delle sue vibrazioni, ma quando andiamo ad osservare l'opera (fig. 2), come facciamo a sapere quale parte del pezzo musicale è posto

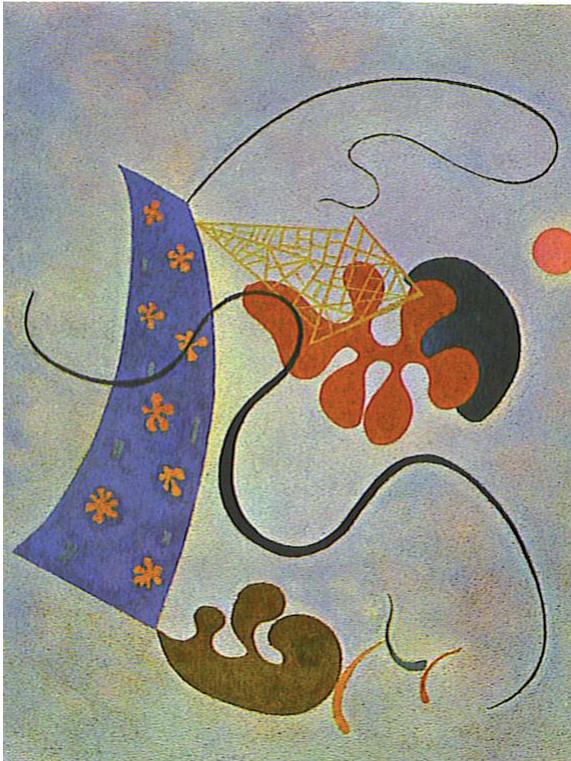


Fig. 2. W. Kandinsky, *Volteggio*, 1935

in evidenza e quale, invece, permane nascosto? Non solo, è possibile fare un processo inverso, vale a dire porsi davanti all'opera pittorica e ricavare le armonie (o le disarmonie) dell'opera musicale? E' possibile percepire, attraverso i colori proposti dall'artista, la sensibilità del musicista, il suo umore, il suo entusiasmo, le sue tristezze, ecc.? Se è vero che i colori equivalgono al suono, è possibile il



processo inverso? Da quanto ci è stato offerto dobbiamo convenire che non è data una risposta positiva: in nessun caso ci è reso di risalire alla fonte. Ogni opera è un'esperienza soggettiva che risente del momento in cui si è ascoltata l'opera musicale, dell'umore e della sensibilità. Kandinsky non avrebbe mai potuto riprodurre la stessa opera pur immedesimandosi nella stessa melodia. Ciò che manifesta è il *suo* stato d'animo, la *sua* lettura, il *suo* modo di accogliere dei messaggi.

In tempi recenti Luigi Veronesi, artista e scenografo, ha cercato in qualche modo di avvicinarsi alla pura trascrizione del testo musicale. Scrive: "Sappiamo che l'altezza di un suono, cioè la differenza qualitativa di un suono rispetto ad un altro, è data dalla differente frequenza delle vibrazioni in un tempo stabilito, cioè dall'ampiezza delle vibrazioni, ossia dalla loro lunghezza d'onda. Il tono di un colore, cioè la differenza qualitativa fra un colore e un altro, è dato dall'ampiezza delle vibrazioni, ossia dalla lunghezza d'onda del colore, ma anche le vibrazioni cromatiche hanno un loro rapporto di tempo, perché è evidente che ad A onde lunghe corrispondono B onde corte. E' dunque possibile stabilire, in senso astratto, un parallelismo fra vibrazione sonora e vibrazione cromatica"<sup>3</sup>.

Quanto l'artista offre di J.S. Bach, in *Fuga n. 1* (fig. 3) non è che la proposizione della vibrazione del colore dovuta alla sua lunghezza d'onda, in

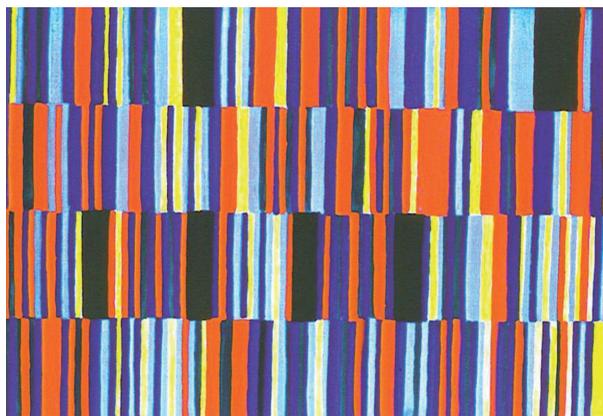


Fig. 3. L. Veronesi, *J.S. Bach, Fuga n. 1*, 1975

---

<sup>3</sup> L. Veronesi, *Proposta per una ricerca fra suono e colore*, Milano 1977



ordine progressivo, nella maniera che si evince dallo spartito musicale. Si potrebbe registrare come la visualizzazione del particolare di uno scaffale i cui volumi si offrono alla vista grazie al colore delle coste, alle quali Veronesi fa corrispondere una nota stabilita “in senso astratto”. Seppure in modo larvale, questa potrebbe permettere una lettura inversa, vale a dire dall’opera allo spartito, considerato che le fasce in verticale si susseguono nella maniera delle note.

Cos’è che manca perché si possa avere realmente la percezione armonica dell’opera musicale? E’ l’altezza delle note, la sua distribuzione all’interno delle singole battute, il rapporto tra valore delle note e valore della battuta, la diversità dei piani tra melodia e armonia, e così via. Manca, in altri termini, la possibilità di visualizzare in un insieme unitario le diverse ottave (centrale, inferiore e superiore) che compongono lo spartito e dunque la melodia connessa all’armonia.

**CromoINifonia** è il modo che permette di superare i diversi ostacoli e si pone come mezzo per percepire con gli occhi quanto non riesce all’udito; è un sistema che offre, a quanti hanno scarsa familiarità col mezzo sonoro, di appropriarsi della bellezza dei suoni grazie agli accordi visivi del colore, ad individuare non la personalità del “traduttore” ma quella dell’autore, il musicista. **CromoINifonia** è la *traduzione* di uno spartito musicale e segue le regole di qualsiasi traduzione, sonora o linguistica che sia. Esiste una grammatica, quella del colore, ed una sintassi che è della musica. Tradurre un’opera musicale in un’opera pittorica significa, perciò, mettersi al tavolino e disporre le note cromatiche nell’ordine e nell’ampiezza delle note musicale. Trascritta l’opera, questa può essere data a realizzare a chiunque, poiché si tratta di riportare su un adeguato supporto quanto è già stato predisposto.

### 3. *Regole grammaticali*

#### *a. Suono e colore*

L’idea di Kandinsky di registrare col *Verde* alcuni suoni calmi o quella di Sérusier di far corrispondere al *Rosso* il *Do*, al *Giallo* il *Mi* o al *Verde* il *Sol* è senza dubbio interessante, ma priva d’ogni oggettiva relazione. E’ difficile pensare che quando Bach scriveva la sua *Fuga n.1* avesse in mente il Rosso quando tratteggiava la nota *Do*; credo, al contrario, che avesse in mente più la percezione della *frequenza* che non quella della *lunghezza d’onda*. E’ chi non ha il “potere” di percepire la *frequenza* che ricorre al bisogno di un colore.

D'altronde, se desideriamo rilevare la sensibilità del musicista, occorre rimanere nell'ambito delle *frequenze*, non delle *lunghezze d'onda*.

Poiché la regola prevede l'uso degli stessi mezzi che hanno permesso all'opera musicale di raggiungere le corde della nostra sensibilità, vi è, perciò, necessità di riportare il colore all'ordine delle *frequenze*. Prendiamo il caso delle note Do e Re, le cui frequenze (HZ) sono rispettivamente 261,6-277,2 e 293,6-311,1. Se desidero sapere a quale colore ognuna corrisponde, bisogna che traduca le stesse in *lunghezza d'onda*. Trovo che la frequenza di Do corrisponde alla lunghezza d'onda di 130-122,6 e quella di Re a 115,8-109,3. La prima si riferisce alla nota cromatica Rosso-Viola, la seconda a quella Rosso-Arancio. In che modo possiamo affermare questo? Riportando la lunghezza d'onda del Rosso-Viola (760 nm) in frequenza (395 GHZ), essa è la più bassa di tutte le frequenze relative alle lunghezze d'onda, così come più bassa è la frequenza del Do, ecc.

Abbiamo così:

Do = Rosso-Viola; Do#-Re/b = Rosso; Re = Rosso-Arancio; Re#-Mi/b = Arancio; Mi = Arancio-Giallo; Fa = Giallo; Fa#-Sol/b = Giallo-Verde; Sol = Verde; Sol#-La/b = Verde-Azzurro; La = Azzurro; La#-Si/b = Azzurro-Viola; Si = Viola (fig. 4).

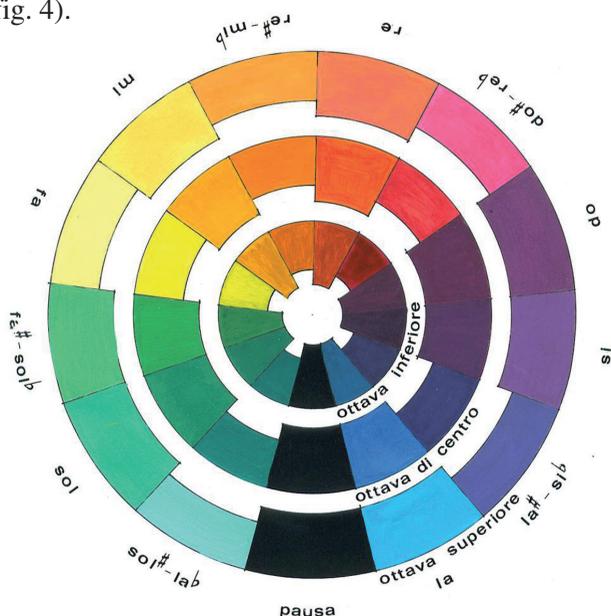


Fig. 4. Disco delle relazioni colore e nota musicale

Perciò:

- a. i colori *primari* corrispondono a La, Do#-Re/b e Fa;
- b. i colori *secondari* corrispondono a Re#-Mi/b, Sol e Si;
- c. i colori *terziari* corrispondono a Re, Mi, Fa#-Sol/b, Sol#-La/b, La#-Si/b, Do.

*b. Modulo e battuta*

Ogni battuta musicale permette una diversa distribuzione delle note in base al valore ad essa assegnata. Se abbiamo una battuta di 4/4 vuol dire che il musicista vi ha collocato un insieme di note la cui somma non supera il valore di 4/4. Ma avrebbe potuto, ovviamente, utilizzare battute dal valore di 2/4, 3/8, 6/8, ecc. E' necessario, dunque, procedere nel modo prescelto dall'autore ed operare all'interno di un modulo equivalente a quello dello spartito (fig. 5).

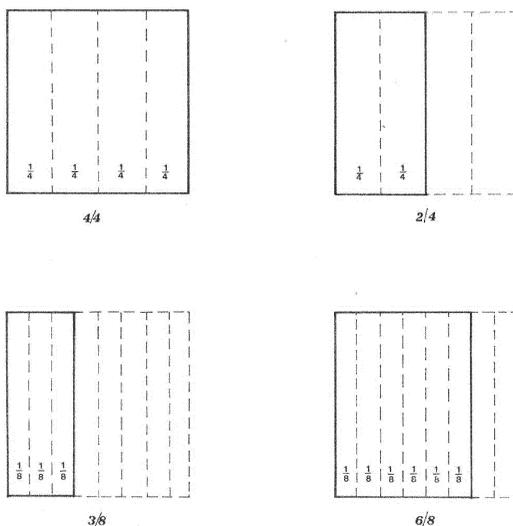


Fig. 5. Moduli equivalenti al valore delle battute

Il modulo è l'elemento più semplice per dividere lo spazio, sia musicale sia cromatico. Esso offre l'occasione di misurare l'ampiezza totale e di distribuire il colore in base al supporto prescelto. Nel caso dell'ascolto di una sinfonia,

esso è di tipo “orizzontale”, vale a dire si estende nel tempo su un unico piano di ascolto. Per quanto riguarda, invece, l’opera riprodotta in colore, essa deve necessariamente adeguarsi al campo spaziale, il quale corrisponde al testo musicale: più pagine per una stessa opera.

### *c. Le ottave*

Nello spartito non tutte le note appartengono alla stessa ottava; è necessario, perciò, che anche la nostra tavolozza cromatica contenga tutte le ottave necessarie.

Il rapporto *frequenza-lunghezza d’onda* su riportato si riferisce all’ottava centrale, ma si possono ugualmente ottenere rapporti corrispondenti all’ottava inferiore, superiore e così via. Come? Considerato che la frequenza aumenta o diminuisce in base all’ottava, si può ugualmente aumentare o diminuire la stessa facendo ricorso alla luminosità o brillantezza del colore. Un colore più luminoso, a causa dell’aggiunta del bianco, rende più “acuto” il suono, vibrante; uno meno luminoso, determinato dalla presenza del nero, lo rende più “ottuso”, pacato, oscillante.

Che non è possibile eguagliare la variabile delle frequenze di una nota, è quanto di più inesatto si può dire. L’occhio umano riesce a percepire, secondo gli studi di Rudolf Arnheim (*Arte e percezione visiva*, 1971), più di 400 tonalità tra il bianco e il nero. A livello informatico si hanno variabili che superano i 4.000.000 di toni. E’, dunque, possibile offrire su un supporto fisico tutte le variabili possibili.

## **4. Traduzione di una battuta musicale**

Proviamo a tradurre in colore una battuta musicale. Prendiamo la battuta n. 53 dell’opera *Per Elisa*, di L. van Beethoven (fig. 6).

La battuta si sviluppa all’interno del tempo indicato dall’autore: 3/8. Il modulo, perciò, si presenta con una larghezza equivalente a 3/8 dell’altezza. Poiché ci accingiamo a tradurre uno spartito per pianoforte, ci troviamo a fare i conti non solo con la *melodia* (la parte superiore del testo) ma anche con l’*armonia* (la parte inferiore riservata agli strumenti di accompagnamento).

Il numero delle note corrispondenti è 12, di cui alcune identiche (Sol): la divisione dello spazio segue, ovviamente, il numero delle note (12). Ogni nota oltre ad avere un equivalente nel colore ha uno sviluppo “spaziale” in larghezza

(considerato che hanno tutte il medesimo valore,  $1/32$ ), in altezza (a motivo della loro posizione all'interno delle ottave) e una disposizione corrispondente al valore spaziale delle stesse: ecco perché le sei note di Sol “invadono” col Verde le altre costringendole ad una diversa conformazione ed espansione.



**b. 53**

Fig. 6. Battuta n. 53 di *Per Elisa*, di L. van Beethoven

La parte inferiore, riservata all'*armonia*, contiene al suo interno una pausa: in quanto *assenza di suono*, essa è rappresentata con un suo equivalente, il Nero (assenza di colore). Anche in questo caso, la distribuzione segue quello delle note. Il fatto di avere dei colori piuttosto brillanti è dovuto all'ottava superiore alla quale le note appartengono.

In questo caso si è trattato di una sola battuta, ma potremmo proseguire traducendo tutte le battute dell'opera. Come esempio proponiamo il F. 6 relativo

alle battute 41-46 (fig. 7): il gioco brillante della melodia si incrocia ed amalgama con quello dell'armonia.

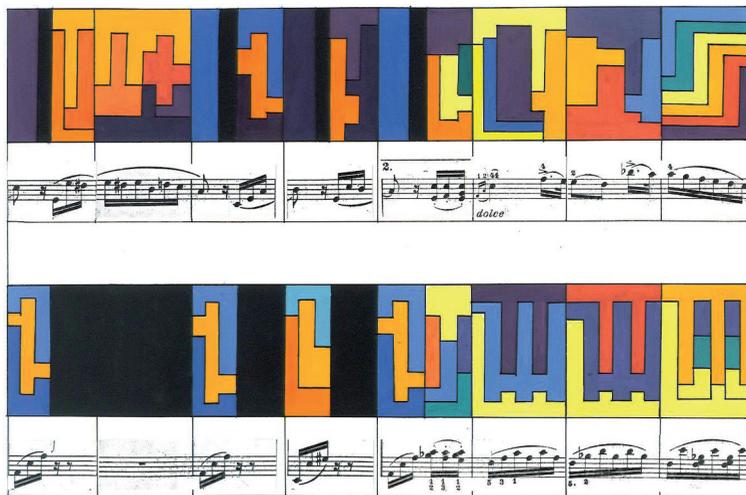


Fig. 7. Traduzione cromofonica di *Per Elisa*, F. 6

### 5. Esempi di traduzione cromofonica

Tradurre un'intera opera musicale non è semplice, sia per il tempo sia per lo spazio. Le traduzioni che presentiamo sono parte di un'opera, solo in alcuni casi è stato possibile tradurre l'intero componimento: il *Mattino* di Grieg e *Water Marks* di Enia.

Avviciniamoci ad alcune di queste opere e consideriamo *Le quattro stagioni* di Vivaldi.

Ne *La primavera* (fig. 8), le battute prese in considerazione sono le 9-12. Qui è possibile rinvenire tutte le sensazioni che fanno della primavera una delle stagioni più belle, sia per i colori e le loro sensazioni psicologiche, sia per il gioco di opposizione tra Rosso e Azzurro (caldo e freddo), sia per le armonie dei colori secondari (Arancio, Verde chiaro e scuro, Viola, ecc.). Se si confronta con *L'Estate* (bb.12-19), quanto emerge è il contrasto tra Rosso-Azzurro e

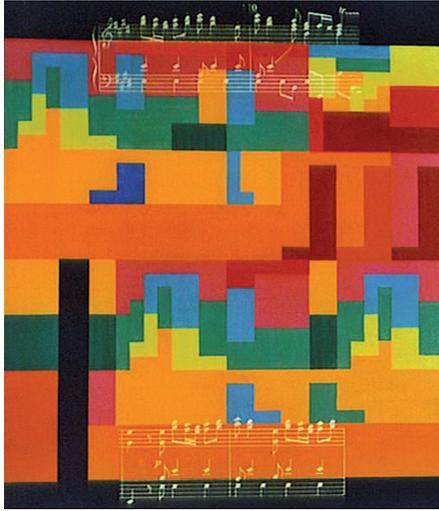


Fig. 8. A. Vivaldi, *Le quattro stagioni: La primavera* (bb. 9-12)

Giallo-Rosso: ciò aumenta non solo il distacco ma anche la sensazione del caldo emessa dal Rosso (fig. 9). Ne *L'Autunno* (bb.44-47), invece, si accen-

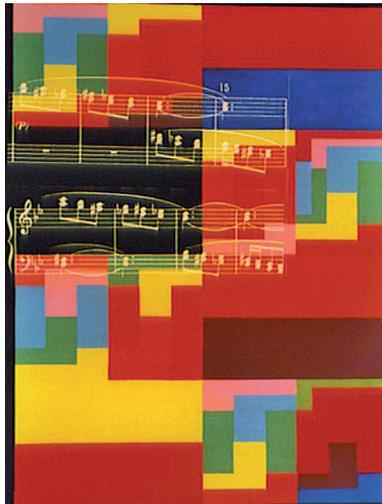


Fig. 9. A. Vivaldi, *Le quattro stagioni: L'estate* (bb. 12-19)

tuano i Rossi, si riduce la presenza dell' Azzurro e si alternano i rapporti caldo-freddo (fig. 10). Il bisogno di calore è, difatti, maggiore, ed esso è offerto



Fig. 10. A. Vivaldi, *Le quattro stagioni: L'autunno* (bb. 44-47)

proprio nelle sequenze di Arancio-Verde, Rosso-Arancio, Viola-Rosso. Ne *L'Inverno* (bb.22-25) si raggiunge il massimo della tensione e i colori che predominano sono il Rosso, l'Arancio e il Viola contrapposto al Giallo (fig. 11).

Nonostante siano state tradotte poche battute, le sensazioni che le diverse stagioni offrono all'osservatore sono esaltate nella maniera dell'ascolto musicale. Si direbbe anche di più, considerate le ragioni che inducono a scegliere un colore piuttosto che un altro quando siamo chiamati a realizzare ambienti confortevoli e gradevoli dal punto di vista psicologico.

Proviamo a mettere a confronto due diverse personalità: Strauss e Mozart.

In *Sulle rive del Danubio* (bb.265-281), Strauss si abbandona ad un vero gioco sviluppando in orizzontale i suoni e caricandoli di una dolce armonia strutturale. Ciò rende la composizione un insieme di forme che per la loro conformazione tendono a determinare il fluire di un movimento, seppure pacato, inarrestabile. I contrasti non sono così espliciti da interrompere l'accordo tra

un colore e l'altro, tuttavia lo spazio è alquanto frantumato, ma equilibrato nel suo insieme (fig. 12).

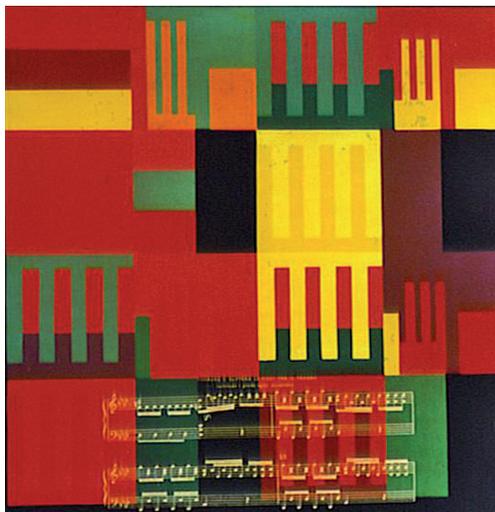


Fig. 11. A. Vivaldi, *Le quattro stagioni: L'inverno* (bb. 22-25)

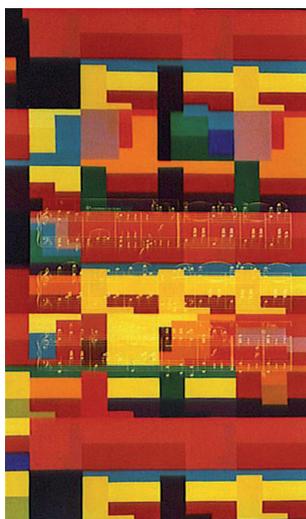


Fig. 12. J. Strauss, *Sulle rive del Danubio* (bb. 265-281)

Mozart, in *Konzert* (bb.204-205), segue l'andamento orizzontale, ma alterna le frequenze in modo di ottenere un maggior contrasto sonoro-visivo. La *melodia* e l'*armonia* tendono, difatti, a completarsi alternando il gioco delle note come incastri di un puzzle (fig. 13). Il ritmo appare persistente, in particolare nella sezione melodica, mentre in quella armonica sembra distendersi nello spazio.

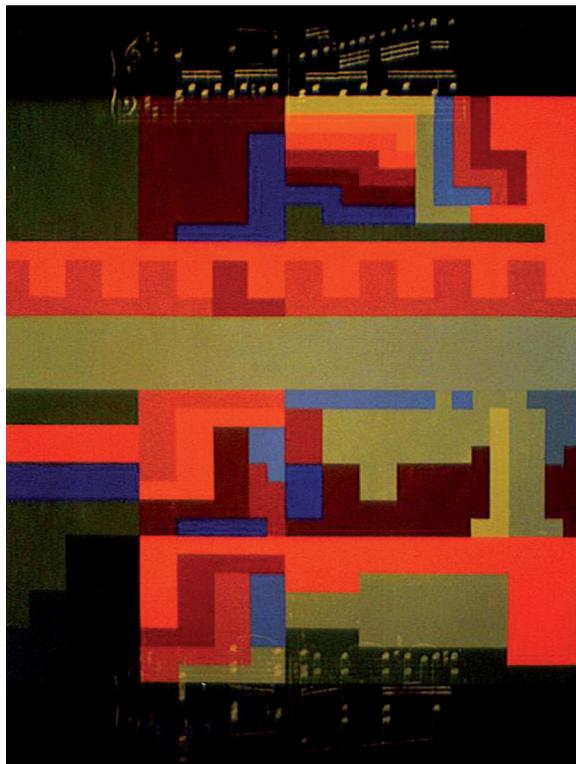


Fig. 13. W.A. Mozart, *Konzert* (bb. 204-205)

In Schumann il ritmo predomina come martellamento ineluttabile di una melodia avvolgente. *Arabeske* (bb.1-8) offre all'osservatore una ripetizione che aumenta quando melodia e armonia riproducono il medesimo accento come conseguenza dell'alternarsi di suoni il cui predominio è del Rosso, bloccato, di tanto in tanto, da primari o da complementari. La composizione offre visivamente un insieme *arabesco* in cui si avvicinano toni violenti a toni tranquilli (fig. 14).

È proprio lo spirito di Schumann che emana come se posseduto dalla forza delle frequenze messe in atto.

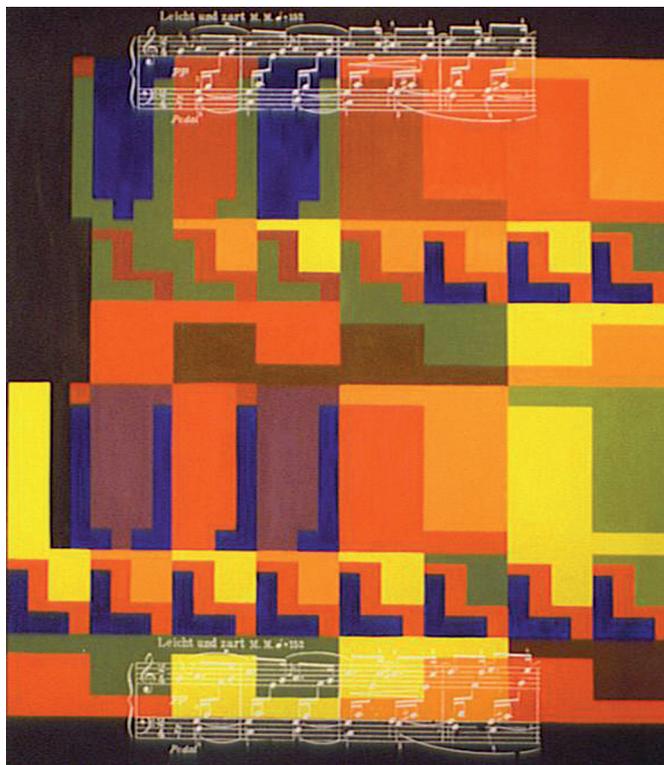


Fig. 14. R. Schumann, *Arabeske* (bb. 1-8)

All'opposto troviamo Chopin. In *Prelude* (bb.1-6), il suono si distende nello spazio con maggiore incisività. Pur alternando ai colori primari quelli complementari, il ritmo che ne scaturisce, proprio per la spazialità delle note, coinvolge l'osservatore in una serena e piacevole fruibilità.

Concludiamo con la traduzione dell'opera di Grieg, *Il mattino* (fig. 15), e con quella di Enia, *Water Marks* (fig. 16).

Le due opere sono state tradotte integralmente ed è possibile percepire oltre che il ritmo, la scansione spaziale per la quale si coglie l'insieme come



l'alternarsi di movimenti equivalenti a quelli musicali. La gradevolezza dell'immagine si associa a quella percettiva dei suoni, mentre la melodia si esalta grazie alla distensione formale dell'armonia. Le varie pause, contraddistinte dal nero, causano un *fermo-immagine* necessario sia per un'indagine attenzionale sia per una pausa di lettura: l'occhio, infatti, necessita di uno stacco nell'apprendimento delle forme come maniera di rileggere e soffermarsi su quanto è stato percepito.



Fig. 15. E.H. Grieg, *Il mattino*. Opera completa

Con *Water Marks*, Enia ci introduce all'interno di un modulo dove la melodia si offre come una costante, pur variandone le frequenze, ma non alterando la limpidezza del suono e il suo ritmo. La lunghezza delle frequenze è un altro segno dell'importanza che Enia dà alla persistenza, seppure, a volte, contrastata

da note gravi e acute. Il complesso formale appare fortemente cadenzato da strutture che per la loro disposizione inducono ad un eccesso di movimento; in realtà, poiché ruota attorno alla stessa nota dominante, risulta piuttosto ridotto e in ogni modo all'interno delle due ottave (centrale e superiore).

Come abbiamo sottolineato, quanto esposto è solo la sintesi di una complessa ricerca che mira ad offrire la possibilità di fruire mediante l'opera pittorica delle sensazioni, spesso nascoste, che hanno indotto il musicista a codificarle in segni musicali<sup>4</sup>.

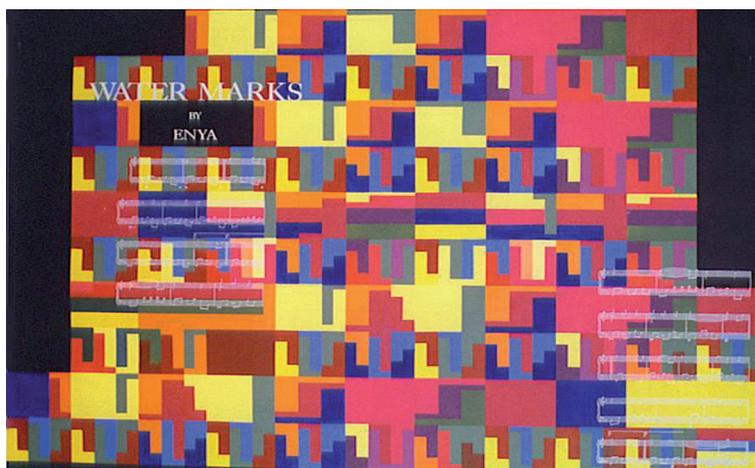


Fig. 16. Enya, *Water Marks*. Opera completa

---

<sup>4</sup> Libera riduzione dell'omonima opera di prossima pubblicazione



## Principali opere:

- *Educazione, Percezione e Comunicazione Visiva. Introduzione all'Educazione Visiva*, I.S.A., Arezzo 1980
- *La visione cromatica. Teoria e prassi del dinamismo spaziale*, I.S.A., Arezzo 1983
- *Pòiesis. Ricerca poetica in Italia*, I.S.A., Arezzo 1986, distribuito da G. Politi, Milano
- *Diario ottantasette* (con E. Agnolucci, D. Pasquali e M. Rotta), Arezzo 1987
- *Iconologie* (con E.Cerrini), I.S.A., Sansepolcro 1988
- *Estetologia del colore. La dinamica del movimento nell'arte*, Ed. Paoline, Cinisello Balsamo 1993
- *Ecuador'Art*, Arezzo 1996
- *Mario Lanzione. Mail Art: 1980-1996* (con M. Vitiello), Ed. Centro Stampa, Pagani (Salerno) 1997
- *Nuovi linguaggi delle poetiche visive contemporanee: l'Inismo*, Ed. Melisciano Arte, San Giustino 1998
- *Mail Art/Arte postale, Fotoinigrafia, Letteratura odeporica, Letteratura prêt-à-porter* (con G. A. Bertozzi, L. Aga-Rossi, S. Stringini, N. D'Antuono, G. Agresti, F. Proia), Angelus Novus Edizioni, L'Aquila 1998
- *Profili di donna*, Corciano 1999
- *Bertozzi* (a cura di A. Gasbarrini e E. Gianni), Electa Editore, Milano 2000
- *Il genio creativo tra manualità e tecnologia*, Corciano 2000
- *Stati Alterati*, Arcidosso 2001
- *Incontri nel giardino di Zaira. Simboli e opere scultoree di artisti umbri del '900 umbro* (con G. Soderi), Guerra Edizioni, Perugia 2001
- *ArteIncontro: Dialogo tra artisti rumeni e italiani*, Accademia di Romania, Roma 2001
- *Franco Venanti: Rapsodia di frammenti. Opere dal 1970 al 2002* (a cura di), Guerra Edizioni, Perugia 2002
- *Franco Venanti, Percorsi e varianti* (a cura di), Guerra Edizioni, Perugia 2002
- AA.VV. *La comunicazione. Il dizionario di scienze e tecniche*. Edizioni Rai-Eri, Las, Elle Di Ci, Roma 2002 (Voce: *Colore, Design*)
- *Franco Venanti. Primo volume monografico*, Guerra Edizioni, Perugia 2002
- *Muse in attesa. Luigi Pero, 1954-2002* (a cura di), Ed. Salarci Immagini, Ragusa 2002
- *Ferruccio Ramadori*, Benucci Edizioni, Perugia 2003
- *Franco Venanti. Autonomia e originalità della Nuova Figurazione. Mezzo secolo di ricerca* (a cura di). Centro Espositivo Rocca Paolina, Guerra Edizioni, Perugia 2003
- *Franco Venanti. Secondo volume monografico*, Guerra Edizioni, Perugia 2003
- *Percezione e Comunicazione. Dal reale al virtuale*, Guerra Edizioni, Perugia 2005
- *Ekhah. Le lamentazioni del profeta*, Guerra Edizioni, Perugia 2006



**Dirige Contemporary Art.** *Collana d'Arte Visuale*, Guerra Edizioni, Perugia.

**Numeri pubblicati:**

1. *Franco Venanti*, 2001
2. *Sergio Poddighe*, 2002
3. *Placido Scandurra*, 2002
4. *Laura Aga-Rossi*, 2003
5. *Marcello Diotallevi*, 2003
6. *Ferruccio Ramadori*, 2005
7. *Fulgor C. Silvi*, 2005
8. *Cinzia Senesi*, 2005
9. *Placido Scandurra: la grafica*, 2005

**È curatore dell'Annale di Grafica Internazionale di Agello**

1. *I Tiepolo: le incisioni*, 2001
2. *Il Futuro ieri: Maccari, Tamburi, Eraclide-Vreme, Assadour, Tosi, Scandurra, Parlani*, 2002
3. *Alla maniera dei pistoiesi: Soffici, Bugiani, Bartolini, Tosi, Semplici*, 2003
4. *Razionalità e alchimia del segno: Vespignani, Porzano, Bellardi, Polo, Casals, Cestari Mercandetti*, 2004
5. *Dialettica dei segni: Conti, Ziveri, Capetti, Fiorucci, Pompeo, Prizia, Mika*, 2005
6. *Linguaggi incrociati: Sutherland, Scandurra, Poddighe, Venanti, Ramadori, Abbozzo, Kiran*, 2006

**\*Eugenio Gianni**

Estetologo, teorico dell'arte, giornalista pubblicista, è nato a Comiso (RG) nel 1943. Laureato in Filosofia presso l'Università di Perugia, ha contribuito alla diffusione delle poetiche visuali con articoli, saggi e relazioni. Dal 1990, insieme ai fondatori Gabriele-Aldo Bertozzi e Laura Aga-Rossi, si è interessato allo sviluppo dell'INI (Internazionale Novatrice Infinitesimale) attraverso una serie di interventi che vanno dall'*Estetologia alla CromoINIfonia: Inismo in Umbria*, 1990; *Inismo e sperimentazione*, 1993; *Appunti di estetologia inista*, 1993; *Correos de Arte*, 1994; *Il linguaggio pittorico nella fotografia inista*, 1996, ecc. Dal 1983 al 1999 è stato libero docente di "Estetologia" presso lo *Studio Paolino Internazionale della Comunicazione Sociale* (SPICS) e l'*Università Pontificia* di Roma. Attualmente è docente di *Teoria della Comunicazione Visiva* presso l'Istituto Statale d'Arte di Arezzo.



## Liceo della Comunicazione INPDAP

### Surrealismo e psicanalisi\*

Dopo la tragica esperienza della “grande guerra”, la percezione che l’occidente europeo ha di sé cambia profondamente, crolla la fede nel cammino inarrestabile di progresso, intrapreso dai paesi industrializzati. Si apre una crisi di notevoli proporzioni, che non è solo di natura sociale, economica, politica, ma investe necessariamente il mondo della cultura. In questo contesto, negli anni venti, dal seno stesso del dadaismo nasce in Europa un nuovo movimento artistico, il surrealismo, che ricerca e indaga, al di là della dimensione cosciente, una realtà ‘altra’, sovrastante o sottostante, una surrealtà. Il surrealismo sviluppa e porta a compimento sperimentazioni tecniche e formali già appartenute ai Dada. Il fotomontaggio, le associazioni incongruenti, la decontestualizzazione di oggetti quotidiani assumono ora una forte valenza psichica.

Sono questi gli anni di Freud e di Jung. La psicanalisi si diffonde in tutta Europa e viene assunta in maniera autonoma, a volte inconsapevole, anche dissacratoria. Entra in ambiti che non sono più solo quelli degli addetti ai lavori: basti pensare a Pascoli, Svevo e per certi versi allo stesso Pirandello. La psicanalisi è nell’aria e l’uomo non è più solo identità cosciente, non è più “uno”. Tra le istanze che compongono la psiche umana quella che affascina i surrealisti è l’inconscio.

Già l’estetica romantica aveva intuito che l’arte poteva dare accesso alla dimensione incoscia. Pensiamo per esempio a Schelling, per cui l’arte è la forma privilegiata di conoscenza, proprio perché consente di cogliere insieme inconscio e conscio, l’inconscio della natura e il conscio dello spirito.

“*Porta alla luce del giorno ciò che vedi durante le tue notti*” diceva Caspar David Friedrich, pittore romantico, non a caso molto amato da Max Ernst, uno dei pittori surrealisti che con più convinzione ha cercato di tradurre l’inconscio nell’arte.

Tuttavia è solo con Freud che l’inconscio diventa una categoria cognitiva, diventa oggetto di scienza, per quanto di una scienza particolare e discussa come la psicanalisi. Esso è per lui il luogo di pulsioni libidiche, caratterizzato da un’energia di natura psico-sessuale, che lo stesso Freud, dopo la prima guerra mondiale, ripenserà nei termini di Eros e Thanatos. E’ comunque il luogo del

rimosso, che a volte fa irruzione nella vita quotidiana attraverso lapsus e atti mancati, ma che si esprime in maniera eclatante nel sogno attraverso un proprio specifico linguaggio e una propria sintassi. È proprio alla vita onirica e ai meccanismi che ad essa presiedono, come pure alla tecnica delle libere associazioni che va l'interesse dei surrealisti.

Nel *Manifesto del surrealismo* del 1924 André Breton, rivendicando il diritto di utilizzare il termine surrealismo, già introdotto da Apollinaire, scrive: *“Bisognerebbe essere in mala fede per contestare il diritto che abbiamo di usare la parola surrealismo nel senso particolarissimo in cui noi la intendiamo...”* E qual è questo senso? Breton così lo spiega: *“Automatismo psichico puro col quale ci si propone di esprimere sia verbalmente, sia per scritto, sia in qualsiasi altro modo, il funzionamento reale del pensiero. Dettato del pensiero, in assenza di qualsiasi controllo esercitato dalla ragione, al di fuori di ogni preoccupazione estetica o morale. (...) Il surrealismo si fonda su di un grado di realtà superiore connesso a certe forme d'associazioni finora trascurate, sull'onnipotenza del sogno, sul gioco disinteressato del pensiero.”*

Postulando un'omologia tra i meccanismi che regolano la produzione del sogno e quelli che presiedono alla produzione dell'opera d'arte, è al lavoro onirico con i suoi meccanismi di *condensazione, proiezione e spostamento* che si ispirano i surrealisti.

Nella stessa direzione va l'utilizzo delle associazioni automatiche, già sperimentato da Breton e Soupault tra il 19 e il 21; il 'dettato automatico' era un modo per far sgorgare direttamente la poesia dall'inconscio, per sottrarre il linguaggio alla sfera logica e comunicativa, utilitaristica.

Sempre nel *Manifesto del surrealismo* Breton scrive:

*“ In quel periodo mi stavo ancora occupando di Freud ed ero al corrente dei suoi metodi di analisi, che avevo avuto l'occasione di praticare un poco, durante la guerra, su dei malati. Decisi di ottenere da me quel che si cerca di ottenere da quelli, cioè un monologo enunciato con la maggiore rapidità possibile, sul quale lo spirito critico del soggetto non fosse in condizione di pronunciare giudizio alcuno e che quindi non fosse frenato da alcuna reticenza; che fosse, quanto più esattamente possibile, il 'pensiero parlato'...”*

Sconvolgere il linguaggio era un modo per sconvolgere le convenzioni e avviare l'uomo a un nuovo rapporto con la realtà. Nell'inconscio essi cercano,



infatti, quasi la prefigurazione di una possibile nuova umanità, libera dalle coercizioni e dalle ipocrisie della società borghese; un 'altrove', una dimensione superiore e libera, che originariamente apparteneva a tutti, ma che è stata rimossa e può essere riconquistata solo attraverso l'immaginazione e il sogno.

Per questo l'inconscio doveva parlare nell'arte direttamente con il suo linguaggio, con il suo codice simbolico, le sue associazioni e analogie. In questo senso si orienteranno non solo scrittori e poeti, ma anche i più importanti pittori che aderiranno al movimento, Max Ernst, Magritte e Delvaux, Dalì, Mirò, e anche il mondo del cinema non rimarrà insensibile a queste suggestioni.

Il surrealismo, infatti, non è né astratto, né informale: parte ancora da figure riconoscibili della realtà visibile, usate in modo simbolico, come indicatori di una realtà 'altra', invisibile.

Sarà proprio questo approccio all'arte figurativa ad interessare un regista come Hitchcock, anche lui appassionato di psicoanalisi; non a caso egli vorrà la collaborazione di Dalì per le scene del sogno in "Io ti salverò". Nell'intervista rilasciata a Truffaut anni dopo, Hitchcock dirà:

*"Quando siamo arrivati alle sequenze oniriche, ho voluto rompere nella maniera più assoluta con il modo tradizionale in cui il cinema presenta i sogni, con la nebbia che confonde i contorni delle immagini, lo schermo che trema, ecc. Ho chiesto a Selznick di assicurarsi la collaborazione di Salvador Dalì. Selznick ha acconsentito, ma sono convinto che ha pensato che volessi Dalì per la pubblicità che ci avrebbe fatto. L'unica ragione era la mia volontà di ottenere dei sogni visivi con dei tratti netti e chiari, con delle immagini più chiare di quelle del film. Volevo Dalì per il tratto netto e affilato della sua architettura - De Chirico è molto simile- le ombre lunghe, le distanze che sembrano infinite, le linee che convergono nella prospettiva..."*

Le figure, quindi, devono essere nitide, più nitide di quelle del film perché è nel sogno la chiave di volta che porterà alla conclusione della storia e alla guarigione del protagonista. C'è una fiducia, se vogliamo anche ingenua, nel fatto che la psicoanalisi possa, facendo emergere i conflitti inconsci, riportare l'equilibrio. "Non negli astri è il fato, ma in noi stessi" si legge in apertura del film: è una citazione shakespeariana, da leggere in chiave psicoanalitica e in un duplice senso. "Non negli astri è il fato" ma nelle forze occulte che operano all'interno della psiche umana, ma anche "il fato è in noi stessi" in quanto è possibile estendere il dominio dell'Io cosciente e far emergere le tensioni inconse.

Il legame tra il surrealismo e il cinema, evidente in questo tipo di collaborazioni, non è riducibile, tuttavia, ad artisti prestati al cinema, è molto più profondo.

Affascinante coincidenza che il 1895 veda la prima proiezione pubblica dei fratelli Lumière e la pubblicazione degli *Studi sull'isteria* di Freud cui seguirà a breve l' *Interpretazione dei sogni*.

L'applicazione dell'ideologia surrealista al cinema produce il tentativo di applicare i meccanismi inconsci, come il lavoro onirico, alle tecniche cinematografiche, rilevando analogie tra i due processi e creando attraverso l'accostamento d'immagini, apparentemente senza nesso comune, le atmosfere del sogno.

Possiamo citare a titolo di esempio l'opera prima di Buñuel *Un chien andalou* del 1929, un'opera per la quale molti interpreti hanno chiamato in causa la psicanalisi, con risultati che lasciarono perplesso il regista stesso: *Ho sentito e letto le interpretazioni di Un cane andaluso, le une più ingegnose delle altre, ma false. Dalì ed io sceglievamo le gags a caso, gli oggetti che ci venivano in mente e respingevamo impietosamente tutto quanto potesse significare qualcosa*. Questa affermazione sembra avallare piuttosto la tesi della scrittura automatica del sogno come specchio dell'inconscio, secondo i canoni più stretti del dettato surrealista, anche se sappiamo che i rapporti di Buñuel con gli ideologi del movimento non furono facili. Ma anche nella struttura narrativa de *L'âge d'or* si trova questa dimensione onirica e più tardi ne *La via lattea*, dove attraverso la frantumazione dello spazio e del tempo si compone un mosaico concettuale nel più genuino stile surrealista.

Anche Jean Cocteau nel 1930 approda alla regia con *Le sang d'un poète*, grazie al denaro del visconte di Noailles, che aveva già finanziato *L'âge d'or*. Con *Le sang d'un poète* Cocteau trasporta nel cinema temi che erano propri della sua produzione poetica e, sviluppando la narrativa onirica di *Un chien andalou*, fa del sogno e dello psicodramma il cardine del cinema d'avanguardia. Affrontando sfide tecniche e formali l'autore sceglie come protagonista del film uno scultore la cui opera prende vita per inviarlo, attraverso uno specchio, in un corridoio misterioso che lo porterà a scoprire scene bizzarre, simbolicamente collegate alla sua arte. L'elemento fantastico, presente fin da questo primo film, raggiungerà ne *La belle et la bête* del 1946 un livello estremo di raffinatezza, facendo di questo film un'opera di vera poesia.

Certo la sfida era notevole, più di quanto lo fosse stata l'applicazione del dettato automatico alla pittura. Notevoli erano le difficoltà, incontrate anche da

un maestro come Hitchcock, il quale, nell'intervista già citata, racconta come la fantasia di Dalì era difficilmente assumibile in toto nel mondo cinematografico: *Naturalmente Dalì ha inventato cose piuttosto strane, che non è stato possibile realizzare: ad esempio, in una statua si producono delle crepe, dalle fessure escono delle formiche che si muovono sulla statua, poi si vede Ingrid Bergman coperta di formiche!*

*Ero preoccupato perchè la produzione non voleva fare certe spese. Avrei voluto riprendere i sogni di Dalì in esterni, in modo che tutto fosse inondato di sole e i contorni diventassero terribilmente taglienti, ma non me lo hanno concesso, così ho dovuto girare dentro il teatro di posa.*

La costruzione di un film è qualcosa di complesso che rende difficile la trascrizione “immediata” dell'inconscio.

Comunque, oltre ai risultati formali, quello che ci è sembrato interessante del surrealismo è stato questo tentativo, dopo un'esperienza tragica come quella della guerra, di cercare nella dimensione inconscia dell'uomo riferimenti per costruire un progetto di rinnovamento dell'individuo e della società. Infatti i surrealisti, portatori di una forte critica alla società borghese contemporanea, accusata di aver trascinato l'Europa in un' “inutile strage”, non si limitano a destrutturare, ma si proiettano in avanti, facendo dell'arte uno strumento, anche politico, “per vivere e far vivere meglio”. Essi dunque non disprezzano la vita e nell'inconscio cercano forza e consapevolezza, non angoscia o disperazione. In questo senso il loro dissenso formale è alimentato da una volontà di trasformazione globale del mondo.

\*Il lavoro di ricerca è stato svolto dalle classi VA e VB del Liceo della Comunicazione INPDAP di Sansepolcro. Sono intervenuti: Chiara Grassini V A, Stefano Belli V B. Montaggio del filmato: Nicola Santi Amantini IIIA. Docenti referenti e curatori del progetto: Giovanna Gori, Matteo Castiglieo. Collaborazioni: Prof. Gabriella Barbagli, Prof. Domenico Allamprese.



## Liceo “Città di Piero”

### I numeri di Bach\*

Joahn Sebastian Bach, uno dei più grandi artisti mai esistiti, morì nel 1750 lasciando incompiuta una fuga su un tema di quattro note, che in notazione tedesca compongono il proprio nome: B-A-C-H (BàSI; AàLA; CàDO; HàSIb).

I numeri nella vita musicale del compositore hanno avuto un'incredibile importanza, in particolare il numero 14, che era dato dalla somma delle lettere del suo nome, a seconda della posizione nell'alfabeto (B=2; A=1; C=3; H=8;  $8+3+2+1=14$ ) e ricorre in quasi tutte le sue opere.

Johan Sebastian Bach, non a caso, nel 1747 (14; 7+7) entrò a far parte, come quattordicesimo iscritto, della “Società per le scienze musicali”, società che aveva lo scopo di mostrare quale stretto rapporto ci fosse tra matematica e musica. Al termine di ogni anno i componenti della società dovevano presentare una nuova composizione; di Bach ricordiamo le *Variazioni Goldberg*, *L'offerta musicale* e *L'arte della fuga*, opera che però rimase incompleta a causa delle cagionevoli condizioni di salute del compositore.

Le *Variazioni Goldberg* sono state composte appositamente per Joahn Gottlieb Goldberg, a quel tempo a servizio presso il conte Von Brühl a Dresda. Dopo un'aria, tra le più belle scritte da Bach, si susseguono 30 variazioni tutte sul medesimo basso. Di queste, le n. 3,6,9,12,15,18,21,24,27 e 30 (notate una certa regolarità) sono canoni.

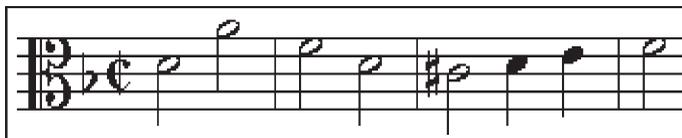
È sicuramente con *l'Arte della fuga* che Bach tocca i vertici più alti della composizione musicale. L'opera contiene 14 fughe (notare il numero) e 4 canoni. L'ultima fuga è rimasta incompiuta a 239 battute (sarà un caso che  $2+3+9=14$ ?).

Clavier-Übung Variationen BWV 998 - Aria

Revised Edition by G. S. Bach  
 Edited by G. S. Bach  
 J. S. Bach  
 Transcription by G. S. Bach

Clavier-Übung Variationen BWV 998 - Aria (1. Variation)

Tutte le fughe, ad eccezione dell'ultima, utilizzano lo stesso soggetto, semplice solo in apparenza, in re minore.



L'analisi attenta di questa complessa composizione ci fa capire come il musicista riuscì a creare e a perfezionare il giusto equilibrio tra matematica e musica. L'opera non contiene nessuna indicazione sugli strumenti da utilizzare per l'esecuzione, quasi a sottolineare la centralità dei problemi compositivi rispetto alla contingenza esecutiva.



\*La ricerca è stata svolta dalla classe IVL2 del Liceo linguistico (a.s. 2005/06). Sono intervenuti: Adele Cheli e Federica Ceccherini. Docente coordinatore: Prof.ssa Bruna Miconi.



## **PARTE SECONDA**

**SCIENZE, ARTE E TECNOLOGIA**



Giuseppe Conti\*

## Il segreto della Cupola del Brunelleschi visto da un matematico



La Cupola del Duomo di Santa Maria del Fiore di Firenze, costruita dal Brunelleschi fra il 1420 ed il 1436, ha sempre colpito nel corso dei secoli la fantasia dei visitatori e l'interesse degli studiosi; questo è dovuto sia alla sua bellezza, sia alle sue dimensioni (la sua diagonale esterna è 54 metri, la sua base si trova a 55 metri dal suolo, arriva a 91 metri e, con la lanterna, essa

raggiunge circa 116 metri; il suo peso è di circa 29.000 tonnellate), sia alla sua particolare ed innovativa tecnica costruttiva.

La Cupola, in realtà, è formata da due cupole: una interna, che è la struttura principale ed ha uno spessore di circa 2,4 metri, ed una esterna, più sottile (circa 0,9 metri), la quale, come disse il Brunelleschi, serve a proteggere la cupola interna dalle intemperie ed a renderla “più magnifica e gonfiante”. Fra queste due cupole vi è uno spazio di circa 1,2 metri, per mezzo del quale è possibile salire fino alla sua sommità, cioè alla base della lanterna. Salendo, abbiamo, alla destra, la cupola interna ed alla sinistra, quella esterna; possiamo così notare la particolare disposizione dei mattoni: essi non sono messi, come ci si potrebbe aspettare, secondo linee orizzontali, cioè parallele al piano terra, ma alcuni sono disposti secondo linee curve (le cosiddette corde “blande” o “brande”), altri verticalmente (per coltello), formando la cosiddetta “spina pesce”. Perché il Brunelleschi ha disposto i mattoni in questo modo particolare e quale regola ha seguito per fare ciò? Egli non ha lasciato niente di scritto sul modo con cui ha costruito la Cupola; infatti esistono due sue relazioni (1420 e 1426) in cui si dice quali sarebbero state le caratteristiche della Cupola, ma non la tecnica con la quale si doveva costruire. Questo fu dovuto molto probabilmente ai rapporti abbastanza contrastati che aveva con i fiorentini, i quali erano sempre polemici con lui e controllavano continuamente ciò che faceva: esiste nell’Archivio di Stato di Firenze una pergamena scritta nel 1425/26, durante la costruzione della Cupola, in cui il pratese Giovanni di Gherardo accusa il Brunelleschi di commettere gravi errori nella sua costruzione. Dunque Brunelleschi, che voleva essere l’unico in grado di mettere in atto il suo sistema costruttivo, non lasciò niente di scritto: da questo fatto, probabilmente, nacque la storia del “segreto”.

In realtà, come spiegherò fra poco, non vi è mai stato alcun segreto, anche se ancora oggi spunta ogni tanto qualcuno che afferma di avere scoperto il “segreto della Cupola”! Per comprendere i termini della questione, occorre anzitutto capire quale era il principale problema che si presentò al Brunelleschi ed in che modo (geniale) lo risolse. La Cupola di Santa Maria del Fiore è a base ottagonale, a differenza di altre cupole di dimensioni analoghe che sono a base circolare (cupole di rotazione): il Pantheon e la Cupola di San Pietro a Roma, la Cupola di Santa Sofia ad Istanbul. Per queste ultime la tecnica costruttiva è abbastanza semplice: basta, ad esempio, disporre i mattoni secondo anelli circolari sovrapposti (i paralleli), il cui diametro si restringe man mano



che si sale verso la sommità; la struttura può essere ulteriormente controllata nella sua forma con un filo od un bastone che parte dal centro della base della struttura. In questo modo la struttura diventa autoportante, cioè si sostiene da sola durante la sua costruzione. Notiamo che i paralleli delle cupole a base circolare sono sempre perpendicolari alle linee meridiane, proprio come i meridiani ed i paralleli della superficie terrestre.

Questa tecnica non è possibile in una struttura a base ottagonale, a causa della discontinuità che si presenterebbe nei vertici dell'ottagono; la Cupola di Santa Maria del Fiore è infatti formata da 8 spicchi (le vele), ciascuno dei quali forma con quello contiguo un angolo di  $135^\circ$ ; essa è dunque una struttura che non ha la stessa "continuità" delle cupole circolari; osserviamo, infine, che ciascuna vela è una porzione di cilindro ellittico e non di una sfera.

L'idea di Brunelleschi è stata quella di partire disponendo con continuità i mattoni negli spigoli (arconi) d'angolo, come se la Cupola fosse di rotazione (e, quindi, autoportante in fase costruttiva); per fare ciò, egli ha disposto i mattoni sempre perpendicolarmente alle linee meridiane (come nelle cupole di rotazione); in questo modo i mattoni si dispongono secondo quelle linee che possiamo osservare sulla Cupola (le "corde blande"). In altre parole, le corde blande corrispondono ai paralleli delle cupole di rotazione: la differenza consiste nel fatto che in queste ultime essi sono, come dice il nome, paralleli al piano terra, mentre nella Cupola del Brunelleschi essi hanno l'andamento curvilineo che vediamo. Inoltre era possibile disporre i mattoni in questo modo senza l'aiuto di alcuna corda che partisse dal centro della Cupola: era sufficiente un semplice strumento (forse il "gualandrino a tre corde" citato dal Brunelleschi), che il muratore poteva usare nel posto in cui si trovava.

Durante i miei studi ho messo in formule matematiche le teorie sulla Cupola elaborate da vari studiosi (Bartoli, Chiarugi, Di Pasquale, Quilghini, Rossi, Seattle) per vedere quale risultato si otteneva; ebbene, tutte queste teorie, pur essendo formulate con parole e sfumature diverse tra loro, tanto da renderle talvolta apparentemente differenti, danno lo stesso risultato e forniscono un andamento delle corde blande uguale a quello descritto in precedenza.

Il fatto più interessante e, forse, più sconcertante è che questo unico risultato concorda pienamente con quanto affermava nel '400 Leon Battista Alberti, che è stato testimone oculare della costruzione della Cupola, e successivamente, nel '700, Leonardo Ximenes.

Dunque non vi è mai stato un "segreto" del Brunelleschi; questa affermazione può essere provata anche dall'esistenza di molte costruzioni simili alla Cupola

del Brunelleschi, anche se più piccole, edificate soprattutto nel '500: il cupolino a Peretola (Firenze), la cupola della sala ottagonale alla Fortezza da Basso a Firenze (del Sangallo), la cupola di San Lorenzo a Firenze (del Nigetti), la cupola del Santuario di Loreto (del Sangallo), la cupola della Madonna dell'Umiltà a Pistoia (del Vasari), la cupola di San Michele Arcangelo a Petrognano, Barberino Val d'Elsa, (di Santi di Tito), la Cupola della Madonna del Calcinaio a Cortona (di Francesco di Giorgio), tanto per citarne alcune.

La semplicità del metodo ideato dal Brunelleschi rende ancora più grande il personaggio: è tipico dei geni trovare un metodo semplice per risolvere un problema difficile, in questo caso ai limiti delle possibilità umane.

Non deve meravigliare il fatto che la matematica si sia rivelata uno strumento così importante nello studio della Cupola; la matematica, infatti, permette di studiare a fondo le varie teorie, se riusciamo, naturalmente, a metterle in formule. Possiamo in tal modo sapere quale può essere l'oggetto che si otterrebbe dall'applicazione pratica di ciascuna teoria, senza essere obbligati a costruirlo.

Dobbiamo ricordarci inoltre che il Brunelleschi era un grande matematico (fu il primo che usò le regole della geometria per lo studio della prospettiva) e che era circondato da altri valenti matematici (Paolo Toscanelli e Giovanni dell'Abaco). Come ha giustamente osservato il Bartoli, l'andamento delle corde blande, che, come abbiamo detto, è simile a quello dei meridiani e dei paralleli della superficie terrestre, può essere stato suggerito al Brunelleschi proprio dal Toscanelli, sulle cui carte geografiche si basò alcuni anni dopo Cristoforo Colombo per il suo viaggio alla scoperta dell'America.

\*Giuseppe Conti

Nato a Firenze nel 1947, ha studiato nella sua città dove si è laureato in Matematica con una tesi di ricerca in geometria: *Coordinate ovali di un piano proiettivo* (relatore L.A. Rosati). Docente prima presso l'Università della Calabria, poi presso l'Università di Firenze, attualmente insegna Istituzioni Matematiche presso la Facoltà di Architettura di Firenze. È autore di diversi e apprezzati testi destinati agli studenti delle scuole medie superiori e dell'università. I suoi interessi scientifici hanno spaziato dalla Geometria combinatoria all'Analisi funzionale non lineare, alle Applicazioni della matematica in architettura, economia, musica, fotogrammetria. In questo ambito di ricerca si collocano gli studi sulla Cupola di Santa Maria del Fiore del Brunelleschi. Grazie alle ricerche



---

in matematica applicata ha vinto il Premio internazionale Pirelliaward 2002, prestigioso riconoscimento per i migliori lavori di divulgazione scientifica tramite Internet (cfr. [www.pirelliaward.com](http://www.pirelliaward.com)). Tra le sue pubblicazioni si ricorda il volume scritto in collaborazione con U. Saccardi, M. Liberatori, M. Magrini: *Fotogrammetria analitica da immagini architettoniche non metriche*, Maggioli, Rimini, 1994.





Massimo Gallorini\*

## Arte, Scienza e Tecnoetica



Sansepolcro,  
7 – 8 Aprile , 2006 Le scienze, le arti

ITIS Galileo Galilei Arezzo e Fondazione Arte&Co.Scienza presentano:

- CINQUE ANNI DI ESPERIENZE IN Arte&Co.Scienza
- ANCHE LE MACCHINE HANNO UN CUORE?  
I nostri studenti, tecnici e ingegneri di domani, sapranno essere anche umanisti?
- ARTE, SCIENZA, TECNOETICA

## CINQUE ANNI DI ESPERIENZE IN **Arte&Co.Scienza**

Capire perché oggi provi il desiderio e la necessità di dedicarmi all'approfondimento del connubio Arte, Scienza ed Etica può essere compreso solo se ripercorriamo velocemente alcune tappe della mia esperienza di docente. Alla luce di questa premessa posso affermare che molte delle nostre scelte, anche quelle che a noi sembrano più spontanee, sono in realtà dettate da un preciso disegno della nostra mente che ci porta là dove noi, spesi coscientemente, non osiamo andare. Osservo spesso i miei studenti tanto indecisi nelle loro scelte, impauriti di poter sbagliare strada. Quanto sarebbe liberatorio per loro se si lasciassero andare anche a decisioni apparentemente incongruenti, ma profondamente giuste e sentite dentro, e riuscissero a “lanciarsi” in questa vita che necessariamente ci porta a sperimentare percorsi diversi e sempre nuovi. Occorre lasciare da parte la paura di sbagliare, il timore di non riuscire a superare le difficoltà contingenti. Non voglio sostenere che occorre necessariamente avere alte aspirazioni, ma solo che bisognerebbe saper cogliere le migliori opportunità che la vita ci offre e che, per quanto strane possano sembrare, ci regalano sicuramente soddisfazioni e soprattutto ci aiutano a maturare.

Alla luce di questa premessa risulta chiaro perché in questi ultimi anni abbia affiancato alle normali esperienze e progetti didattici dei percorsi non propriamente curriculari per le materie da me insegnate, ma trasversali. Tutto questo con il pieno appoggio e tanto entusiasmo degli studenti e della collega di Storia e Filosofia, Marzia Bacci. Questi argomenti sono trattati in maniera più ampia nella pubblicazione “Dove si fabbrica il futuro” e quello che segue è per certi versi un estratto di tale volume.

L'aspetto divulgativo, con cui nelle nostre esperienze abbiamo trattato trasversalmente molte attualissime tematiche, hanno reso questa ricerca particolarmente stimolante per gli studenti di oggi, futuri uomini di domani. Non si può pensare al domani senza riscoprire una visione unitaria di quello che ci circonda: la coscienza dovrà ritornare il luogo dove gli estremi si congiungono e si fondono in armonia. Investire oggi in questa formazione significa veramente fabbricare il nostro futuro! Tramite queste esperienze voglio anche semplicemente stimolare gli studenti di oggi a credere di più nello studio e nelle loro capacità, a sperare che i sogni possano avverarsi, a meditare come la scienza debba rimanere neutrale e che esista, come vedremo più avanti, anche un'etica dell'arte, della scienza e della tecnica: la Tecnoetica.



Sono lieto di presentare questo percorso nell'intento, soprattutto, di allargare il mio messaggio oltre i confini attuali, offrendo ad un pubblico più vasto la possibilità di immergersi con tutti i sensi nella visione della realtà maturata nel nostro ambiente: connubio di arte, scienza, tecnica e docenza. Mi auguro che sempre più genitori, docenti ed educatori facciano riscoprire ai giovani, anche nel gioco, l'importanza di essere creativi e al tempo stesso sensibili al mondo che ci circonda.

Le nostre riflessioni sono partite dalla consapevolezza che già nella seconda metà del secolo XX, facendo seguito all'aspro dibattito fra fisici sull'uso di bombe nucleari contro la popolazione giapponese, gli scienziati impegnati in campi critici hanno iniziato a considerare attentamente gli aspetti etici e gli effetti sulla società delle loro ricerche. Parallelamente alcuni artisti hanno creato opere di denuncia del disagio sociale, delle guerre, etc. Da allora molte cose sono state dette nel campo della Fisica Nucleare e delle altre scienze: oggi è particolarmente scottante il dibattito sull'Ingegneria Genetica e a breve lo diverrà anche quello sulla Robotica.

È perciò importante aprire un dibattito su base etica che dovrebbe ispirare il disegno e lo sviluppo di qualsiasi oggetto e/o attività tecnologica destinata ad un uso di massa, per evitare che questi creino problemi con le altre attività umane. Si richiede il diritto di diventare consapevoli delle eventuali interferenze con la nostra vita quotidiana. Possiamo porci simili interrogativi anche per la Biologia e la Genetica (clonazione, cibi transgenici, etc.), per la Chimica, per l'Informatica, per le arti grafiche e visuali... in una parola occorre introdurre una nuova disciplina: la Tecnoetica. Per renderla comprensiva e facilitare la sua diffusione, ricordando il sinergico connubio Arte e Scienza, abbiamo pensato all'arte come strumento "noetico" di veicolo e supporto.

I temi scelti sono stati suggeriti dall'osservazione del mondo circostante, confrontandoci fra colleghi e studenti, condividendo l'ideale etico di un mondo migliore, di un futuro a misura d'uomo. Questa ed altre considerazioni, che esporremo in seguito, hanno dato origine ad una serie di progetti, tra cui le opere della mostra-convegno 'Arte&Co.Scienza' (realizzata ad Arezzo nel giugno 2005), dove finalmente abbiamo rappresentato il connubio arte, scienza, tecnica ed etica. Vi proponiamo di seguito una selezione di queste opere, in modo da facilitare la comprensione delle tematiche finora esposte.

## Opere della sezione “La Scienza per l’Arte”

**INDAGINE ENDOSCOPICA NELLE FESSURAZIONI DELLA CUPOLA DEL BRUNELLESCHI**

Dipartimento di Matematica e Applicazioni per l'Architettura

Corso di Laurea in Scienze per i Beni Culturali

Sezioni: Elettronico-Informatico  
Chimico

Gli studi sulla Cupola del Brunelleschi dei Professori Corazzi e Conti, iniziati da vari anni, proseguono al fine di togliere il velo anche su quello che si trova all'interno della spessa muratura della Cupola; per questo scopo la tecnologia attualmente a disposizione (laser scanner, georadar, termografia, endoscopia) permette di addentrarsi dove fino a qualche anno fa non era possibile, e cioè all'interno delle stesse murature, in modo da coglierne aspetti finora nascosti. In questa fase i Professori Corazzi e Conti si avvalgono della collaborazione dei maggiori esperti in questo campo, come il Prof. Massimo Gallorini dell'Università di Siena e dell'ITIS G. Galilei di Arezzo.

È con queste parole dei proff. Corazzi e Conti che nel gennaio 2006 iniziarono i contatti per avviare un progetto che ha portato a ipotesi completamente nuove circa la struttura della Cupola... Nell'ambito di tale progetto, oltre alla realizzazione del sistema endoscopico con braccio in fibra di carbonio, microcamera in alta risoluzione, sistema di illuminazione a luce fredda con LED,

gli studenti hanno contribuito anche alle riprese e alla successiva elaborazione delle stesse nel modo seguente:

- La strisciata è stata realizzata componendo ben 82 fotogrammi ricavati da due filmati girati in alta risoluzione e salvati in formato digitale Avi.
- Durante le prime riprese la fessura è stata solo aspirata e durante le seconde ulteriormente trattata. Per un'ottima pulizia però è necessario il "lavaggio" con aria compressa, che sarà eseguito per le prossime riprese.
- Durante le riprese i vari frame sono stati marcati con segnale audio indicante il corrispondente cm di profondità: nel dettaglio i frame vanno dal cm 26 al 188, cioè sono relativi a riprese effettuate dentro la fessura della vela alla profondità compresa fra 26 e 188 cm.
- Le dimensioni dei singoli fotogrammi erano di circa cm 4-5 (rapporto 1,25) con il lato maggiore ortogonale all'asse della fessura (altezza del fotogramma ruotato).
- Per una più fedele ricostruzione i fotogrammi sono stati ripresi con una interferenza di 2 cm e quindi, anche se di lato 4 cm. la distanza fra i vari frame era di 2 cm.
- Con un SW di montaggio video è stata eseguita la "caption" dei fotogrammi di interesse che sono poi stati trasformati in immagini jpg.
- A causa di una quantità superiore alla media di particelle corpuscolate (polveri e granelli) non è stato possibile il ricongiungimento in automatico con apposito SW di un numero maggiore di 4 fotogrammi, per cui la maggior parte dei blocchi omogenei che costituiscono la "strisciata" è costituito da 4 fotogrammi.



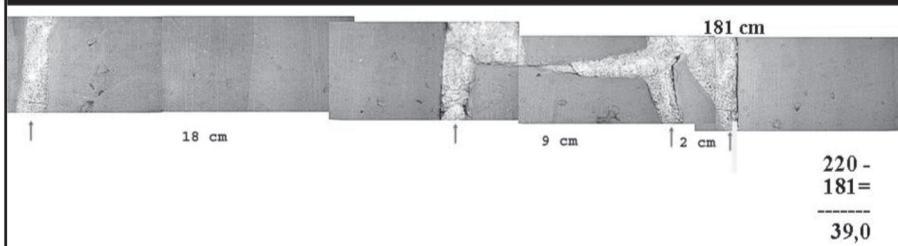


Applicando ulteriori filtri digitali, tesi ad eliminare la polvere rossa “onnipresente” e dovuta alle precedenti operazioni di carotaggio, si è ottenuta la strisciata sottostante dalla quale si evince, con estrema chiarezza, che in questo “carotaggio virtuale” sono presenti mattoni alternati a zone di collegamento in malta; i mattoni della zona centrale del carotaggio sono tutti con i bordi frastagliati, di ridotte dimensioni e di pezzatura estremamente varia. Questi particolari, relativi alla parte interna, di norma caratterizzano opere murarie realizzate con materiali di risulta e non certo una specifica costruzione realizzata con tecniche di spina pesce, corde blande e/o altro. L’ultimo mattone della strisciata presenta, di contro, una superficie iniziale estremamente precisa e compatta, come se fosse il primo mattone dell’ interno cupola montato con geometria precisa e probabilmente nel rispetto dei già citati spina pesce e corde blande. Da notare che tale mattone inizia proprio a 39 cm dalla parete interna della cupola (spessore equivalente a 1 o 2 giri di mattoni montati regolarmente per il lato corto o lungo!).

## RICOSTRUZIONE RILIEVO ENDOSCOPICO



*CAROTAGGIO VIRTUALE IN SCALA 1:1 LUNGO 162 cm.  
su 190 di lunghezza foro, in parete da circa 220 cm.*





---

## Opere della sezione “Arte, Scienza, Etica”\*

### *Le Origini della Vita*

Si tratta di un’opera d’arte raffigurante un uovo scolpito in travertino, simbolo della cellula da cui ha origine la vita, poggiato su un basamento di roccia lavica, memoria del tempo primordiale della terra. L’uovo presenta delle cretture e un taglio netto, la fessura in cui si inserisce un monitor LCD, raffinato ed ultramoderno esempio di scienza tecnologica dell’era multimediale, che crea un *continuum* cromatico con il travertino e, allo stesso tempo, contrasta con l’uovo per via della sua forma squadrata. Su questo monitor si proietta ciò che nasce dall’uovo/ovulo, il film della vita, un videoclip realizzato dagli studenti, con relativa colonna sonora, che ripercorre le tappe dell’evoluzione dell’uomo e dell’universo, dalle origini ai giorni nostri.

L’opera, grazie a particolari sensori elettronici, realizzati dagli studenti, è anche interattiva e lo spettatore incuriosito deve avvicinarsi e toccare l’uovo per far partire la presentazione.

Questa, oltre ad un avanzamento automatico del videoclip, prevede che sia lo spettatore stesso, con le sue personali reazioni e il suo modo di sentire/ toccare l’uovo, a modificare la modalità di proiezione. Si deve, insomma, creare un feedback continuo. Il visitatore non viene irretito nell’illusoria scorciatoia della creatività tecnologica delle video installazioni, ma viene iscritto nell’opera durante il percorso immaginario che il procedimento costruttivo della stessa compone.

Le immagini che scorrono ripercorrono alcune tappe emblematiche nelle quali le coscienze si sono già scontrate (evoluzione, rivoluzione copernicana, energia atomica).

Viene dato uno sguardo anche al futuro, alla scienza genetica e alle biotecnologie. Il tutto nel rispetto delle varie ideologie, riportando elementi della tradizione cristiana comuni anche ad altre religioni, della teoria darwiniana, del razionalismo cartesiano (il David che prende coscienza di esistere traduce in forma visiva il *cogito ergo sum*) e, in ultimo, del pensiero di Anassimandro nell’apologia dello *ápeiron*, cioè dell’infinito come contenitore degli opposti generati nell’atto creativo.

L’opera esprime la straordinaria sinergia tra dimensione estetica e scientifica, confermando ancora una volta come l’arte possa essere poesia e sintesi della scienza e la scienza fondamento dell’arte per un futuro a misura d’uomo.



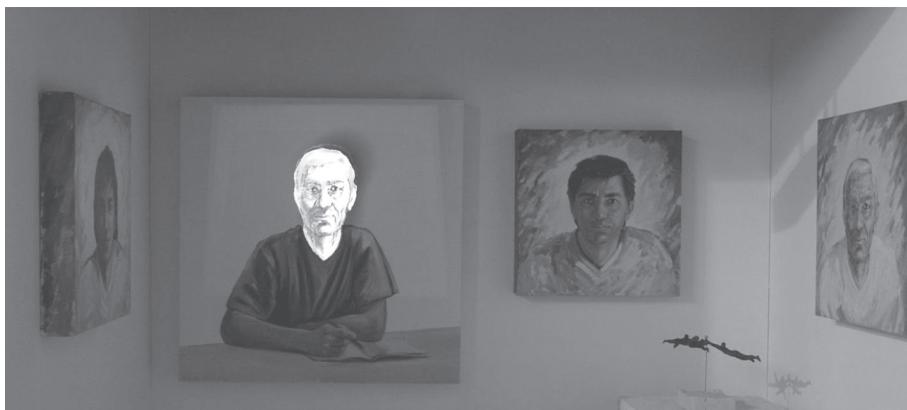
\* ITIS Galileo Galilei (AR): Alunni 4°CEI, Marzia Bacci, Massimo Gallorini, *Le origini della vita*, A.S. 2002-2003, Videoinstallazione, video-scultura, opera sensoriale interattiva, travertino, roccia lavica, uovo cm. 60 x 45, basamento cm 80 x 80 x 80.

### *The Time Machine\**

*The Time Machine* è un'opera tecnoetica che vuol stimolare nello spettatore una riflessione sul trascorrere della vita umana, sul valore della gioventù e della vecchiaia e sulle implicazioni sociali delle età dell'uomo. È il ritratto di un uomo che invecchia a seconda di quante persone gli si avvicinano...

Al centro di uno spazio circoscritto da due pareti è appeso un quadro raffigurante un uomo seduto ad una scrivania con atteggiamento riflessivo, intento a scrivere, forse un diario... Questo ritratto, però, è incompleto: all'uomo manca il volto. Lungo la parete, intorno al quadro dell'uomo senza volto, ci sono altri tre dipinti che ritraggono lo stesso uomo in tre fasi diverse della vita: giovane, adulto e anziano. A seconda del numero di persone che visitano il penseroso scrittore, viene proiettato sul suo volto vuoto uno dei tre volti raffigurati nei ritratti e l'uomo assume così le sembianze di un ragazzo, di un adulto o di un vecchio. Se a visitare l'uomo sono tante persone, la cui presenza è rilevata da appositi sensori elettronici realizzati dagli studenti, sul suo volto verrà proiettato il viso del giovane; se, invece, lo visitano in pochi, si troveranno davanti il ritratto di un vecchio (pronto ad animarsi e a sorridere se davanti a sé ha un bambino). Il significato di quest'opera va ricercato nei meccanismi

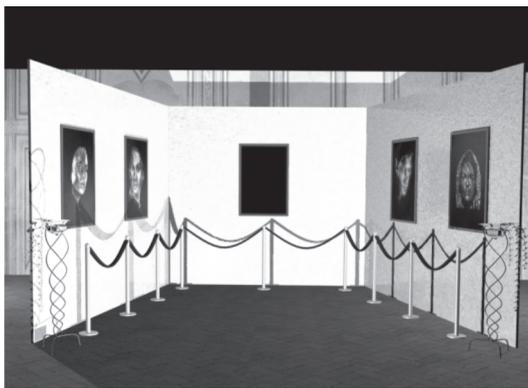
dell'odierna società dove troppo spesso la gioventù è un *must* e la vecchiaia un problema, dove i giovani sono privilegiati e gli anziani abbandonati a loro stessi. *The Time Machine* vuole far confrontare lo spettatore con questi temi, stimolare una riflessione sull'aggregazione generazionale e incoraggiare quella fra i visitatori: se, infatti, si vuol vedere ringiovanito il vecchio, occorre che siano presenti nella sala molte persone e, quindi, se si è in pochi può essere utile chiamare altra gente di fronte a lui. Se poi si vuole che il nonno sorrida, basterà che lo vada a visitare un bambino.



\*Andrea Roggi, Massimo Gallorini, *The time machine*, 2005, Videoinstallazione, video-pittura, opera sensoriale interattiva; quattro tele in acrilico.  
ITIS Galileo Galilei (AR): Alunni A.S. 2004-2005.

### ***Kiss-Me (Virtual Kiss)\****

Grazie alle nuove tecnologie, oggi osservare un quadro non è più soltanto un esercizio visivo, ma un'esperienza vissuta con tutti i sensi. Se la tecnologia entra in sinergia con la filosofia, guardare un quadro può diventare perfino un'originale esperienza cognitiva.



Quest'opera interattiva intende coinvolgere lo spettatore in un percorso conoscitivo che parta dai suoi sensi e finisca per illuminare il suo pensiero. La dimensione del sensibile e quella dell'intelligibile, infatti, sono in connessione e una scelta fatta a livello sensoriale è determinata da un'idea che abita la mente dell'uomo. La scelta emerge tra molteplici possibilità, guidate da pensieri differenti e talvolta contrastanti, tra i quali uno prevale sugli altri in maniera più o meno consapevole.

Lo spettatore entra all'interno di un box alle cui pareti sono appesi quattro quadri. In ogni quadro è ritratta una figura umana ed egli si trova di fronte un giovane, una giovane, un bambino e una persona anziana. Il visitatore osserva questi ritratti e sceglie una di queste persone avvicinandosi fino ad entrare nel *raggio percettivo dell'opera sensoriale e/o* a sfiorare la tela e/o a toccare la cornice del quadro stesso, munita di sensori. Entrando in comunicazione col quadro prescelto, lo spettatore dà inizio ad un'esperienza multi-sensoriale di grande coinvolgimento. Non solo: in questo modo egli esercita la propria *conoscenza noetica*. La *Nôesis* è un colpo d'occhio, un'intuizione intellettuale immediata resa possibile dal *noûs*, "occhio mentale" che permette di vedere al di là del visibile (cfr. Appendice II). Nel box è presente una quinta cornice, vuota, all'interno della quale solo ora, si proietta una tela di luce col ritratto della persona che il visitatore ha scelto.

A questo punto lo spettatore si avvicina all'immagine e la tocca per baciare l'uomo, la donna o il bambino in un punto del viso a suo piacimento. Nel fare questo egli "attraversa" la tela e viene investito da un fascio di luce, sente il calore del contatto fisico, lo "schiocco" del bacio appena dato e il profumo della persona baciata. È giunto adesso il momento in cui "andando oltre" la tela di luce, lo spettatore "vede" prendere forma davanti a sé il proprio pensiero, i propri sogni, quello che ha guidato la sua scelta iniziale facendogli preferire una persona piuttosto che un'altra. Per poter fare ciò, il volto virtuale è munito di un sistema, non visibile, di sensori a matrice che permette di capire dove è stato "posato" il bacio (labbra, fronte, guancia) e, a seconda del punto che il visitatore ha baciato, i sensori *visualizzano i pensieri nascosti*. Ciò è reso possibile dall'attivazione di un monitor al plasma (appeso all'interno della galleria buia antistante la tela di luce e fino a questo momento completamente nascosto alla rappresentazione vissuta) che raffigura la situazione collegata al tipo di bacio dato alla persona virtuale. Ad esempio, se il visitatore bacia la figura sulla bocca, vedrà illuminarsi un quadro che rappresenta l'amore passionale, con due amanti; se, invece, gli posa un bacio sulla fronte, vedrà illuminarsi un quadro di grande tenerezza, con due genitori che tengono per mano un bimbo; se, infine, la figura viene baciata sulla guancia, si illuminerà un quadro che ricorda una situazione di amicizia con persone che stanno assieme.

Si svela così il percorso della *nôesis*, caratterizzata da un'intelligenza filosofica che si dirige verso le idee e i valori e in virtù di essi ordina tutte le cose. Nel momento in cui lo spettatore sceglie la persona da baciare e le dona il proprio bacio, non lo fa a caso, ma guidato da un'idea ben precisa, che può essere ricondotta, in generale, all'amore, specificato nelle sue differenti forme. L'amore, infatti, come sostenevano gli antichi Greci, è *éros*, desiderio di

concupiscenza, è attrazione sessuale, ma l'amore è anche *philia*, amicizia profonda e fraterna, fedele e sincera e, infine, l'amore è *ágape*, amore schilleriano che *trabocca*, amore divino che va al di là di ogni implicazione materiale e di ogni umana limitazione. L'amore, insomma, come sostiene Platone, ha dei gradi che lo elevano progressivamente dalla sfera sensoriale alla sfera noetica, cioè dal desiderio dei sensi all'Intelletto d'Amore.

Tornando all'opera, l'occhio della mente quando si trova di fronte il ritratto vede già la scena finale e l'intuizione immediata va in direzione della scena alla quale attribuisce maggior valore, in base al tipo di amore che prova con più forza e che è suscitato in lui dalla figura prescelta.

\*Massimo Gallorini, *Kiss me*, 2005, Concept, Vincenzo Fiasconaro, Background filosofico & Limen Sistem.

Andrea Roggi, *Quattro volti in cerca di un bacio*, 2005, Acrilico su tela, cm. 40 x 50.

BitUp s.r.l., control systems.

ITIS Galileo Galilei (AR) sensoristica, sorgenti infrarosse & aromatiche.

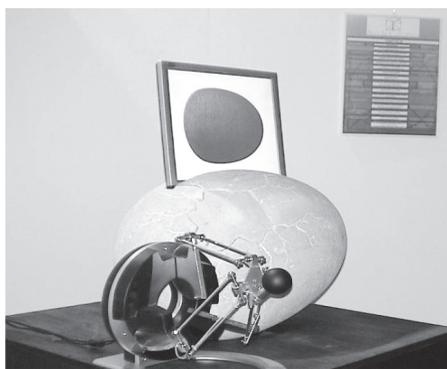
Giulia Gallorini, adattamenti e ambientazioni in computer graphics.

### ***Virtual Interactions (Haptics)\****

Si tratta di un'opera che nasce dalla volontà di far interagire due dimensioni in apparenza contrastanti: il reale, inteso come sensibilmente tangibile, e il virtuale, inteso come elaborazione digitale che riproduce una realtà concreta. Tra il piano reale e quello virtuale, infatti, non c'è una separazione così netta da comportare la loro reciproca esclusione. Entrambi i piani sono, in ultima analisi, "invenzioni" umane alimentate da illusioni percettive a livello sensoriale o mentale, siano esse naturali, come nel caso del reale, o digitali, come il virtuale. In altre parole, mondo reale e mondo virtuale sono elaborazioni umane della razionalità, traduzione di forme razionali in forme materiali. Nella realtà concreta, pur con tutti i suoi limiti, l'astratto razionale si fa tangibile e, dunque, immediatamente accessibile all'uomo. Si ripropone, così, la secolare dicotomia tra apparenza e realtà, tra *dóxa* ed *alétheia*, tra *fenomeno* e *noumeno* che, da Parmenide e dalla filosofia greca, arriva fino a Kant, Hegel e Schopenhauer, per essere poi superata dal pensiero *danzante* di Nietzsche, che non trova più sensata una simile distinzione in un mondo dove è tutto *umano, troppo umano* e, al tempo stesso, illimitato. Il virtuale supera la barriera della materialità, ma è pur sempre un prodotto umano, frutto dell'ingegno tecnologico e della

conoscenza scientifica dell'uomo, oltre che del suo desiderio di superare il limite del reale e di creare qualcosa che vada al di là del concreto. Il passaggio dal reale al virtuale rappresenta sia un affinamento della tecnica di "falsificazione" umana sia un tentativo di ritorno all'astratto; un astratto, però, che ben si integra con il reale in moltissimi aspetti, tanto da rappresentare un nuovo gradino della sua scala, definito anche, non a caso, "realtà virtuale". Il piano del reale e quello del virtuale, dunque, sono collegati a livello generale e la loro interazione in quest'opera non solo è possibile, ma rappresenta anche un punto di forza per l'uomo e per la sua storia.

Nella sala, in un grande parallelepipedo cubico nero è incastrato un uovo in travertino con fratture sulla superficie. Dall'uovo crepato fuoriesce qualcosa di profondamente estraneo alla sua natura. La prima impressione è, quindi, che l'uovo funga da contenitore, ma su tutta l'opera aleggia l'umana consapevolezza di non riuscire a spiegare da dove provenga l'uovo stesso... Resta la possibilità di avvicinarsi ancora fino al punto di meravigliarsi che *nessun essere stia affermando la sua presenza*, bensì solo un monitor LCD sul cui schermo è proiettata l'immagine virtuale dell'uovo stesso inanimato.



Il visitatore, grazie ad appositi strumenti, messi a punto anche dai nostri studenti, può *sondare* l'opera e "sentire" l'interazione tra reale e virtuale all'interno dell'opera stessa. Lo spettatore tiene in mano due bacchette: con una "tocca" la superficie dell'uovo reale, con l'altra quella dell'uovo virtuale, proiettato sullo schermo. La bacchetta gli restituisce la sensazione al tatto dell'oggetto che sta toccando ed egli sente l'uovo reale ruvido ed irregolare e quello virtuale perfettamente liscio e levigato, a sottolineare la differenza a livello sensoriale tra le due dimensioni e la maggiore idealità del virtuale rispetto al reale. Se il visitatore interagisce maggiormente con l'opera fino a produrre una pressione più forte sulla superficie dell'uovo reale, questo si "rompe" e il frammento del guscio arretra all'interno, provocando un'onda d'urto. Il contenuto, per tutti ovviamente uguale al contenitore, subisce un'inaspettata *trasmutazione*, il duro e freddo travertino con una radicale metamorfosi si trasforma in materia viva che, come reazione, inizia a fluttuare/oscillare all'interno dell'uovo stesso. Tale sorprendente reazione viene mostrata dando una certa trasparenza all'uovo nel

\*Domenico Prattichizzo, Massimo Gallorini, *Haptics*, 2005, Travertino, cubo in legno, interfaccia Haptica, computer e monitor LCD, cm. 80 x 150. ITIS Galileo Galilei (AR): Alunni A.S. 2004-2005.

## ANCHE LE MACCHINE HANNO UN CUORE?

I NOSTRI STUDENTI, TECNICI E INGEGNERI DI DOMANI, SAPRANNO ESSERE ANCHE UMANISTI?

Al convegno del 2005 sono state presentate molte altre opere, oltre a quelle descritte in questa sede, e ancora di più sono quelle realizzate nei vari anni con i miei studenti. Man mano che la complessità del progetto aumentava, e le interazioni sensoriali divenivano più complesse, gli studenti si sono domandati quale sarebbe stato il rapporto uomo-macchina in un prossimo futuro... Analizzando le problematiche con la collega di filosofia abbiamo dato la risposta scritta nella slide a fianco.



È nata una nuova serie di esperienze nelle quali abbiamo tentato di analizzare questi quesiti e ci siamo posti il problema di una progettazione responsabile ed

eticamente sostenibile.

È così che con i

nostri studenti abbiamo partecipato a vari convegni preparatori e di approfondimento riguardanti il rapporto tecnologia, uomo-ingegnere, uomo-

monitor (allucinazione visiva) e percepita con movimenti che vengono sia dalla bacchetta appoggiata sul guscio reale sia dalla penna/sensore "puntata" sull'uovo virtuale e, dunque, dalla mano che la stringe, vittima, in tal modo, di un'"allucinazione tattile". Lo stesso fenomeno si verifica se la pressione viene esercitata sull'uovo virtuale: in tal caso, sul monitor viene mostrata la rottura dell'uovo virtuale e l'onda d'urto prodotta si ripercuote nell'uovo reale, con lo spettatore che vede la propria mano, appoggiata su di esso con la bacchetta, sbilanciarsi e oscillare all'unisono nel momento in cui il guscio virtuale si spezza e il frammento scivola all'interno dell'uovo.

Reale e virtuale interagiscono pienamente e lo spettatore è parte di questa interazione, alla quale egli stesso dà origine nel momento in cui "rompe" l'uovo, reale o virtuale che sia. Il passaggio da una dimensione all'altra, infatti, non è automatico, ma richiede uno sforzo, un *input*, così come la vita non si origina autonomamente, ma in virtù di un atto creativo che viene dall'esterno, un evento fondante, come direbbe René Girard, dal quale ha origine il tutto. Niente, infatti, nella vita avviene per caso e niente si genera autonomamente, ma serve sempre una spinta capace di innescare un processo creativo, sia esso reale o virtuale. In particolare la vita primordiale è stata ovviamente creata dall'intervento di forze antecedenti all'uomo che, in quest'opera, ha invece la possibilità di tornare a quel momento e dare egli stesso origine alla vita con un semplice gesto creativo, per trovarsi poi catapultato in avanti di millenni, in un mondo dove già la semplice realtà si è evoluta in realtà virtuale, vivendo un'esperienza a cavallo tra reale e virtuale.

**TECNOETICA**  
Il cambio di paradigma

L'ingegnere deve assicurare il rapporto "vivo" tra conoscenza scientifica e verità dell'uomo. Questo richiede l'affermazione della dignità personale:

l'ingegnere deve essere un umanista, perché la tecnologia è parte integrante dell'unità culturale dell'uomo

umanista. L'ingegnere inteso come figura tecnica, e quindi anche i nostri futuri periti, dovranno acquisire questa consapevolezza. Fortunatamente nel corso elettronico informatico dell'ITIS è attivo anche l'insegnamento di filosofia, che permette questi fondamentali e necessari collegamenti trasversali.

Durante uno di questi incontri ci ha colpito la slide a fianco, gentilmente fornita dal relatore prof. Josè Maria Galvan, del quale seguono alcuni brani che ci hanno particolarmente "illuminato":

*Certamente siamo di fronte ad un mutamento epocale, anche se questo mutamento di fatto è in continuità con uno sviluppo che non si è mai fermato da quando l'uomo ha inventato la forma di fare il fuoco e la ruota. La questione che si pone è quella di un nuovo rapporto tra uomo e macchina. Nella mia opinione, anche se ci sono e ci saranno cambiamenti notevoli nelle dimensioni categoriali di questo rapporto, la sua sostanza non muterà. Un'altra cosa è che l'uomo, sempre libero e signore del proprio agire, possa gestire in maniera sbagliata questi rapporti, o che nuove circostanze possano renderli specialmente difficili. L'affermazione del dominio della macchina sull'uomo nella letteratura e nella cinematografia contemporanea non sembra avere altro scopo che quello di porre l'uomo di fronte alla questione della propria identità, per cercare, in maniera più o meno banale, una via di uscita alla chiusura antropologica a cui ha portato la civiltà dello scientismo esasperato.*

*In altre parole, si cerca di affermare, come ha fatto Heidegger per l'arte, che anche la tecnologia arriva alla verità dell'essere con più profondità della scienza, proprio perché arriva all'uomo. In definitiva, l'indeterminazione prometeica della condizione materiale dell'uomo corrisponde alla libertà dialogica con cui la persona interagisce con la materia per farla diventare oggetto di dono. Come nel Rinascimento italiano, nella vetta della conoscenza veramente scientifica, tecnologia e arte sembrano fondersi, nel ricordo della loro comune origine semantica: la tecné greca.*

Ecco che tornano i temi a noi cari, arte e scienza come stimolo per la coscienza, con la dimensione etica che abbraccia l'intero progetto, dal momento della creazione a quello in cui lo spettatore si trova ad osservarlo e ad interagire con esso. La coscienza, luogo più intimo della persona, elabora e analizza in

chiave etica temi e forme che coinvolgono direttamente il vissuto umano e le sue implicazioni non solo tecnico-artistiche, ma anche morali. La tecnologia, dunque, non come mero tecnicismo, ma come fonte di riflessione e di pensiero etico, in un'epoca come quella attuale caratterizzata da una forte crisi di valori e, al tempo stesso, dal desiderio del loro recupero.

## **Arte, Scienza, Tecnoetica**

Per quanto visto in precedenza possiamo quindi concludere che l'arte tecnoetica è un tipo di arte in cui tutto si riconduce ad una dimensione valoriale, che dà significato ai processi e ai prodotti dell'arte stessa, collegata alla scienza. L'opera è frutto sì della creatività dell'artista e delle sue conoscenze scientifiche e tecnologiche, ma è anche un dono dell'ispirazione, sacro fuoco che proviene dall'anima, dalla stessa dimensione interiore che vuol attivare nello spettatore, che non si limita ad essere un paio di occhi, ma è anche e soprattutto un cuore e un cervello.

Intorno a questi concetti già nell'aprile 2005 prendeva il via un gruppo di lavoro che ha portato nel 2006 alla costituzione della Fondazione della Arte&Co.Scienza, della quale, oltre a numerosi soci esterni, fanno parte il nostro ITIS G. Galilei, il Preside del Liceo "Città di Piero" di Sansepolcro, prof. Matteo Martelli, e il Provveditore agli studi dott. Alfonso Caruso, del quale riportiamo di seguito alcune frasi introduttive al già citato volume *Dove si fabbrica il futuro*:

*Se anche le cose possono avere un'anima, chi leggerà queste pagine avvertirà ben presto di trovarsi tra le mani una pubblicazione che dischiude una grande anima. All'inizio sarà sorpreso di sentire tante voci diverse che si intrecciano leggere e sospese come corpuscoli impalpabili, senza capire se le immagini che sopravvengono alla mente siano reali o virtuali. Poi quelle immagini comincia a toccarle, a sentirne il caldo ed il freddo, la morbidezza e la durezza, il buio e la trasparenza. Alla fine percepisce che gli estremi si toccano e si annullano nell'unità, nella sintesi in cui non ha più senso chiedersi cos'è materia e cosa è spirito, dov'è l'alto e dove il basso, dove è la luce e dove il buio, dove il particolare e dove l'universale. Si accorgerà che non esiste più frattura del reale e che non*

*ha più senso dividere e distinguere, separare ed analizzare, camminare o volare. La molteplicità è ricondotta all'uno così come l'uomo non è divisibile in spirito e materia, raziocinio e fantasia, scienza e tecnica, bene e male.*

*Del resto la pubblicazione stessa, che trae spunto da un convegno e da una mostra, è la sintesi dell'una e dell'altra cosa ed al tempo stesso è una terza realtà, come due anime che ne producono un'altra, un risultato scontato eppure intimamente nuovo. Sono nuove, infatti, le sensazioni, anche se sono le stesse corde che le muovono.*

*Non ho difficoltà a confessare una mia piccola considerazione personale che ho fatto sfogliando questo libro: mi sono ritrovato nella stessa condizione mentale che ho vissuto quando ho riletto, dopo una prima lettura risalente a trent'anni prima, "L'uomo e i suoi simboli" di Jung. Quanto freddo e distaccato ero rimasto al primo approccio col pensiero del famoso analista, tanto coinvolto ed appassionato mi sono ritrovato ben tre decenni dopo. Quanto poco convincente mi apparve la prima volta la teoria degli "archetipi" e la loro correlazione con la materialità corporea, tanto chiaro e vero mi giunse il principio secondo il quale anche le immagini mentali si evolvono come gli organi e la struttura del corpo, costituendo la risposta naturale alle vicende di vita e di morte dell'organismo. Quella rilettura diventava così chiarificatrice non solo relativamente al pensiero junghiano, ma illuminante sulla falsità di tanti luoghi comuni.*

*Così mi sono chiesto qual senso oggi possa avere, ad esempio, la classica distinzione imperante tra cultura umanistica e cultura scientifica in un mondo in cui la tecnologia – come si può constatare nella produzione artistica – è uno strumento che non si astraie dalla materia, quanto piuttosto costituisce la possibilità di trasferire il pensiero e la creatività da una materia all'altra.*

*Gli esempi delle realizzazioni artistiche che vengono esaminati nelle pagine di questa pubblicazione conducono il lettore ad incamminarsi attraverso nuove strade per guardare e comprendere l'opera d'arte. Il che non è poca cosa perché suggerisce al lettore, conducendolo per mano, nuovi linguaggi che consentono leonardianamente la lettura dell'arte come poesia e sintesi della scienza e dove questa resta, a sua volta, fondamento dell'arte. Ma non c'è bisogno di tante parole per dire quanto questo bel lavoro di Massimo Gallorini possa risultare un valido e moderno ausilio nei percorsi didattici della nostra scuola.*

Da tutte queste esperienze è nata la volontà di riassumere in un documento unitario le linee programmatiche del gruppo di lavoro e di stilare il seguente “Manifesto Tecnoetico”.

**Parlare di arte, scienza e “tecnoetica” in un contesto artistico, in ultima analisi, significa poter racchiudere in una sola parola *sei* diversi concetti collegati tra loro da un filo forse invisibile ad un primo sguardo fuggevole e distratto, ma in realtà forte e saldo. ARTE (techné), SCIENZA, TECNICA, NOETICA , ETICA (e, dunque, COSCIENZA) si compenetrano in un percorso di conoscenza e contemplazione che parte dall’occhio e arriva alle radici dell’uomo. La *nóesis* in questo caso è la chiave di volta, è la conoscenza intuitiva delle implicazioni tecniche ed etiche che si ottiene in relazione con l’arte, è un connubio sinergico estetico – scientifico, reso possibile dal pensiero immediato materializzato grazie alle immagini mentali evocate dalle opere d’arte, in una dimensione etica che racchiude sia l’arte sia la conoscenza stessa e, dunque, l’uomo, con tutti i suoi limiti e la sua forza. Per questi motivi l’Arte Tecnoetica vuol coinvolgere l’uomo nella sua totalità, vuole stimolare i suoi sensi e conquistare la sua mente, vuol farlo godere del bello, ma vuole anche che rifletta su quello che osserva, vuole insegnargli a conoscere al di là dell’apparenza, a non fidarsi di una semplice percezione, a vedere con l’occhio della mente e a valutare col cuore nel senso più alto dell’espressione, in piena coscienza, libero da ogni forma di condizionamento per un FUTURO A MISURA D’UOMO.**



FONDAZIONE

Arte&Co.Scienza

Come ulteriore incoraggiamento il prof. Luigi A. Ardino, preside della Facoltà di Diritto Internazionale della Euroamerican University, è divenuto vice presidente della Fondazione.

*Abbiamo scelto una fondazione perché ci sembrava l'unico modo per capitalizzare il know how che l'associazione riuscirà a produrre nel tempo. Tale fondazione non ha scopo di lucro perché i fondatori mirano a creare plusvalore culturale ed etico da reinvestire in altrettanta cultura e quindi ad autofinanziare i futuri sviluppi. Cerchiamo complici per questa originale avventura che vogliano con noi coniugare arte e scienza, tecnologia ed etica, approfondendo gli spetti tecnoetici. Con un modesto investimento iniziale possiamo partecipare a questa nuova sfida, insieme, ed avere il vantaggio e l'orgoglio di poter dire: "we are where the action is!".*

Per "dare corpo" a questo documento, a conclusione del nostro quinquennio di studi e ricerche, abbiamo realizzato un importante progetto con il seguente gruppo: ITIS G. Galilei, Preside ing. Antonio De Lorenzo; Classe 4 CEI, prof. Gallorini Massimo e Pennati Paolo, per il SW della gestione luci, getti d'acqua e altri parametri; classe 4AEL, prof. Casini Sauro e Massimo Gallorini, per l'impiantistica; prof.ssa Castellucci Sandra, con una classe del biologico, per della fitodepurazione; Istituto per Geometri V. Fossombroni, architetto Baglioni Angiolo con altri colleghi, per la parte computometrica, planimetrica, inserimento ambientale con modellizzazione digitale e rendering in 3D.

Fiore all'occhiello di questo gruppo di lavoro, nonché della Fondazione, è il progetto denominato "Fontana Tecnoetica", che viene esaminato di seguito nel dettaglio.

## **INTORNO A UN SOGNO (Around a Dream)**

### **Fontana Tecnoetica**

La Fontana è un'opera dove si coniugano arte e scienza ed è allo stesso tempo, tecnoetica: si vuole emozionare lo spettatore, suscitando in lui suggestioni e riflessioni, oltre ad un piacere estetico correlato all'osservazione di un manufatto, che con una raffinata rappresentazione artistica, pone l'uomo come suo baricentro nel pieno rispetto dell'ambiente.

Il progetto della Fontana, con varianti differenti, è arrivato finalista in un concorso nazionale a tema, esposto alla mostra della Pietra Lavorata in Casentino, presentato alla Fiera di Genova durante il convegno di Robotica del TED, esposto ad Orienta Arezzo, vincitore del progetto Scuola-Lavoro indetto

dalla Camera di Commercio di Arezzo nel 2006 ed è stato invitato per la presentazione al Festival della Creatività indetto da 'Firenze Tecnologia'.

Il progetto è stato visionato ed apprezzato nella scorsa legislazione anche dal Sindaco di Arezzo, Ing. Luigi Lucherini, dall'Assessore alla Cultura del Comune di Arezzo, Giovanni Chianucci e dall'Assessore alle Opere Pubbliche, Ing. Alessandro Ghinelli e ovviamente dall'Assessore per l'Ambiente del Comune di Arezzo, Ing. Abramo Guerra. E' stato nuovamente sottoposto al nuovo Assessore all'Ambiente, ing. Roberto Banchetti, che si auspica di trovare a breve i fondi necessari alla realizzazione.



Dal punto di vista tecnico-artistico quest'opera è assolutamente originale e rappresenta il risultato di un'accurata ricerca di nuovi materiali e tecniche costruttive, dell'esplorazione di nuove frontiere per trovare soluzioni innovative di spazi e volumi, coniugando informatica, elettronica, estetica, arte, funzionalità e interattività, grazie alla sensoristica ed a specifici programmi che gestiscono giochi di luce e acqua in base alla presenza di persone/auto. Arte, tecnologia, etica e passione si sono fuse con travertino, acciaio e bronzo, permettendo di ottenere un'opera particolare nata per durare nel tempo perché realizzata con materiali "senza tempo". Il travertino naturale entra in questo dinamismo in modo preponderante, offrendo nuove soluzioni nell'interpretazione di materiali millenari nel pieno rispetto dell'ambiente.

Si tratta di un progetto multidisciplinare e molti sono i settori e i comparti coinvolti per la realizzazione di una simile opera, ma tutti i partecipanti sono aziende toscane. È previsto che il progetto, esemplare in questa forma, si possa diffondere, con opere similari, in altre città, rotonde, piazze. Essendo realizzato nell'ambito di una Fondazione e con uno studio multidisciplinare al quale hanno partecipato docenti di Istituti Tecnici Industriali, di Geometri e Università, il progetto risulta pianificato in economia, realizzato con soluzioni sinergiche che prevedono risparmi nella costruzione e gestione; basti pensare agli innovativi



sistemi di illuminazione a LED ad alta efficienza o alla fitodepurazione che non prevede ricambi d'acqua e/o aggiunte di cloro. Gli astanti, che osservano in armonia di funzionamento una Fontana Tecnoetica siffatta, saranno portati ad adottare queste e similari soluzioni nelle realizzazioni domestiche o industriali di loro competenza.

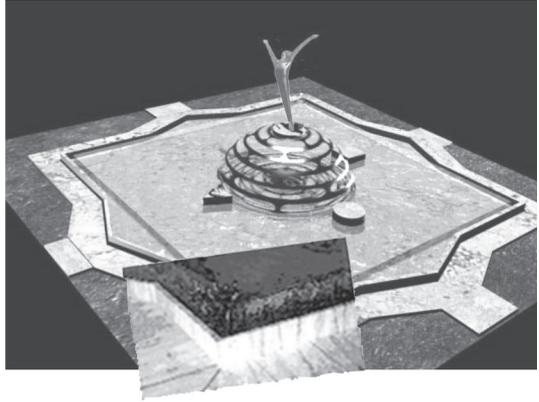
In modo noetico, e quindi comprensibile a tutti, viene fatta cultura tecnoetica per una migliore qualità di vita.

### **Perché una Fontana Tecnoetica (o meglio più opere Tecnoetiche) in Toscana?**

La tecnoetica è una corrente di pensiero e di ricerca che sostiene la necessità di una maggiore attenzione da parte delle scienze sociali nel rapporto fra tecnologia, società e ambiente, una relazione che deve essere regolata da norme e valori di ordine morale e filosofico. L'onnipresenza della tecnologia nella vita umana ha determinato una modificazione della sfera dei valori, sia individuali sia collettivi, ed è cambiato anche il modo con cui la società si relaziona con essi, guidata da un crescente individualismo e sempre più dipendente dalla tecnologia e dalle sue implicazioni. La tecnologia, infatti, non è più un semplice prodotto che l'uomo usa per fini specifici, ma è ormai diventata una nuova dimensione dell'uomo, inteso come animale politico. Ecco quindi che si impone la necessità di una riflessione sul rapporto tra il rispetto dell'uomo nell'ambiente in cui vive e la tecnologia. Oggi abbiamo la consapevolezza scientifica post-moderna che la tecnica non può più essere vista come oggetto "innocente", dal momento che porta con sé tutta una serie di idee e di visioni del mondo con le quali non si può non fare i conti. Scienza è potere, e tecnologia è potenza. La tecnologia contemporanea solleva problemi etici poiché si presenta come una nuova forma di potere all'interno della società industriale, mettendo a rischio il nostro stesso ambiente e perciò, come sosteneva Jonas, deve essere sottoposta al giudizio morale. Le scelte tecniche solo apparentemente sono scelte tecnologiche; in realtà si tratta di decisioni che coinvolgono profondamente sia i valori, sia il modo di intendere il rapporto fra tecnologia ambiente e società.

È sulla base di tali linee di pensiero che *Intorno a un Sogno (Around a dream)* può essere definita una "Fontana Tecnoetica", capace di favorire una riflessione sull'uomo e sull'ambiente che lo circonda.

La Fontana vuole essere un primo elemento di richiamo noetico ai valori sopracitati, inserita in un importante svincolo, quadrivio stradale, bivio morale, di un flusso cosmopolita che va ben oltre le problematiche cittadine, con la speranza di fare di Arezzo e della Regione Toscana un polo internazionale di studio e riflessione sulle tematiche relative all'ambiente e alla tecnoetica.



Oltre a quanto riportato, sottolineo il fatto che il mondo ivi rappresentato contestualizza la Fontana come elemento di interesse globale, anche per quanto riguarda i problemi ecologici su scala mondiale. Si è scelta una fontana dove zampilla l'acqua, fonte di vita, petrolio del terzo millennio. E proprio per mettere in evidenza anche questi aspetti è stato previsto un impianto di fitodepurazione. L'utilizzo di questo tipo di tecnologia rispetta la regolamentazione italiana ed europea riguardante il riutilizzo delle acque e la salvaguardia della loro qualità (D.lgs 152/1999 e L. 36/1994 art.5 e 6).

Convegni rivolti ad esperti del settore e ai cittadini, seminari presso le scuole sono importanti, ma in primis la gente di tutti i giorni deve percepire in modo noetico e pratico l'utilità della tematica proposta e una Fontana come questa e/ o altre opere similari, realizzate nella nostra Regione, possono essere l'elemento chiave!

**\*Massimo Gallorini**

È nato a Cortona nel 1956. Nel 1981 ha conseguito la Laurea in Ingegneria Elettronica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Bologna, con specializzazione in Bioingegneria. Attualmente è professore di Elettronica, Telematica ed Informatica presso l'I.T.I.S. Galileo Galilei di Arezzo, docente di Informatica per Beni Culturali e Trattamento Immagini presso la Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università di Siena con sede in Arezzo e di Fotografia Digitale nei master europei in Conservazione e Gestione dei Beni Culturali. Nel suo curriculum vanta importanti ricerche di carattere tecnico-scientifico (tra cui collaborazioni con NASA, Space Foundation, CNR, MIUR-Scuola di Robotica), numerosi riconoscimenti ottenuti dai suoi molti brevetti e premi. Alcuni di questi sono poi stati condivisi assieme agli studenti dei suoi corsi, per particolari e innovativi progetti. Da sempre Gallorini coltiva una grande passione per l'arte e col tempo dimensione artistica e scientifica si sono fuse in lui, portandolo a realizzare opere che esprimano l'unione di arte, scienza ed etica: opere sensoriali, video-sculture e video-pitture, bio-opere, opere tecnoetiche, etc. In campo artistico-tecnologico la sua prima partecipazione ad un importante evento risale al 1995 alla mostra torinese *ARSLAB I sensi del virtuale*. Molte altre poliedriche esperienze si sono susseguite prima di *Arte&Co.Scienza – Mostra Tecnoetica*, allestita ad Arezzo nel 2005. Nel 2006, assieme all'ENEA di Frascati, ha esposto l'opera *Kiss-me* a Techne 05 a Milano. A seguito di queste e altre esperienze dal 2006 è presidente della Fondazione Arte&Co.Scienza.



---

**Roberto Manescalchi\***

## **Il Canocchiale di Dürer**

Sembra che, in occidente, fossero conosciute fin dal sec. XIII alcune combinazioni di lenti convesse e concave, in uso per la correzione dei difetti di vista<sup>1</sup>.

Per quanto concerne il cannocchiale, invece, la prima notizia di un paio “d’occhiali da vedere la luna grande” la dobbiamo a Leonardo da Vinci sul finire del XV sec.<sup>2</sup>.

Pochi anni dopo rileviamo dall’opera di Girolamo Fracastoro:” et per duo perspicilla ocularia, si quis perspiciat altero alteri superpisito, majora multo et propinquiora videbat omnia”<sup>3</sup>.

Successivamente, di un paio “d’occhiali che possino raffigurare un uomo alcune miglia lontano” parla in alcune lettere il fisico e letterato napoletano Giambattista della Porta sul finire del 1500<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> Nel “Catalogo del Museo della Specola di Bologna” a cura di: E.Baida, F. Bonosoli, A. Braccesi; è citato un manoscritto fiorentino del 1289 nel quale vengono ricordati alcuni “vetri per occhiali recentemente inventati, di grande vantaggio per la vista indebolita delle persone anziane”.

Le più antiche immagini che documentano l’uso degli occhiali sembrano essere:

- una miniatura della metà del XIV sec.(Besançon Bibliothéque municipale ms.140)
- due affreschi di Tommaso da Modena del 1352 eseguiti nella “Sala Capitolare” del convento di San Niccolò a Treviso raffiguranti: il Cardinale Niccolò di Rouen ed il Cardinale di Provenza, che rispettivamente leggono e scrivono con l’ausilio di lenti.

A tal proposito cfr.: Chiara Frugoni “Medioevo sul naso” ed. Laterza 2001.

<sup>2</sup> Andrea Grova - Mariapiera Marenzana: “Parola di Galileo” ed. Rizzoli 1998

<sup>3</sup> cfr. Tiraboschi “Storia della letteratura italiana vol. XI p.467

<sup>4</sup> Giovambattista Della Porta pubblica a Napoli, nel 1589, un trattato in venti libri intitolato:”Magie Naturelle”. Proponiamo un breve commento a quella parte dell’opera del Della Porta che si occupa di ottica tratto da: “Histoire des Sciences Mathématiques en Italie depuis la renaissance des lettres jusqu’a la fin du dix-septieme siecle” di Guglielmo Libri - Parigi 1841:

“...le livre suivant est un traité de catoptrique, où se trouve un passage qui a excité l’attention des physiciens, parce qu’on a cru y voir la description du télescope. Toutefois, en lisant

Dei marchingegni nella disponibilità del Della Porta non ci è pervenuta traccia e, per tradizione, la storia della scienza assegna l'invenzione del cannocchiale a

---

*attentivement ce passage, on n'y découvre autre chose qu'un assemblage de deux verres l'un concave et l'autre convexe, sans que rien indique que le télescope fût réellement formé par cet assemblage \* tout cela est bien vague, bien incertain; mais si l'on y voyait quelque chose de précis, il serait difficile de ne pas croire que Fracastor avait déjà en la même idée Porta, qui était si enclin à donner de l'importance à ses travaux, n'aurait pas manqué de faire ressortir cette admirable découverte s'il avait effectivement inventé le télescope.*

*\*Le passage dont'il s'agit fait partie du x<sup>e</sup> chapitre du XVIII<sup>e</sup> livre de la "Magie Naturelle". Pour en bien apprécier l'importance, il est nécessaire de ne pas le séparer de ce qui précède comme on l'a fait jusqu'à présent. Dans ce chapitre, Porta indique plusieurs manières de voir de loin, et il ne semble donner la dernière combinaison, où l'on a cru reconnaître depuis un télescope dépourvu de tube, que comme un moyen plus parfait que les autres pour voir les objets éloignés. Or comme les autres moyens ne valent rien, il n'est guère possible que, si effectivement il y était parvenu, il eût laissé la découverte merveilleuse du télescope confondue avec des moyens si grossiers, si imparfaits. Voici tout ce que le savant napolitain dit de ce sujet; le dernier paragraphe est celui où l'on a cru voir le télescope:*

***"...lente cristallina nocte intempesta epistolas legere. Donatur epistola retro lentem in opposito syderem, out luminum longe remotorum, nam in radiorum coitu dictionis appositae clare perspiciuntur, nocte intempesta, et clauso cubiculo. Sed id, quod sequitur, longe prestantius vobis cogitandi principium affert, silicet:***

***lente cristallina longiqua proxima videre.***

*Posito enim oculo in eius centro retro lentem, remotam rem conspicator, nam quae remota fuerint, adeo propinqua videbis, si quasi ea manu tangere videaris, vestes, colores, hominum vultus, et valde remotas cognoscas amicos idem erit:*

***lente cristallina epistolam remotam legere.***

*Nam si eadem loco oculum apposueris, et in debita distantia epistola fuerit literas adeo magnas videbis, ut perspicuas legas. Sed si lentem inclinabis, ut per obliquam aepistolam inspicias, literas satis maiusculis videbis, ut etiam per viginti possus remotas leges. Et si lentes multiplicare noveris, non vereor quia per centum passus minimam literas conspiceris, ut ex una in alteram maiores reddantur characteres: debilis visus ex visus qualitate specillis utatur. Quid id recte sciverit accommodare, non parvam nansciscetur secretum. Possumus.*

***Lente cristallina idem perfectum efficere.***

*Concavae lentes, quae longe sunt clarissime cernere faciunt, convexae propinqua; unde ex visus commoditate his frui poteris. Concavo longe parva vides, sed perspicua, convexo propinquo maiora sed turbida, si utrunque recte componere noveris, et longinqua, et proxima maiora et clara videbis. Non parum multis amicis auxiliis praestitimus, qui et longinqua obsoleta, proxima turbida conspiciebant, ut omnia perfectissime contuisent."*

*Il Libri, in margine, cita anche un raro manifesto a firma di Bartolomeo Zanetti, pubblicato nel 1611, dove si preannuncia un'opera con la quale si intende reclamare in favore del Porta la priorità sull'invenzione del telescopio, ma l'opera accennata non vide mai la luce.*



tale Zacharias Jansen, occhialaio in Middelburg, che lo avrebbe costruito nel 1604 “dietro uno italiano sul quale era scritto 1590”<sup>5</sup>.

Ci sembra di poter già qui rilevare che, data:

- la sostanziale semplicità realizzativa di questo strumento
  - il nuovo atteggiamento che parte dal rinascimento verso lo studio della natura
  - lo sviluppo della tecnica e dei procedimenti sulla fabbricazione degli occhiali (che certamente si erano perfezionati dalle prime realizzazioni documentate)
- risulta veramente strano che il cannocchiale non sia stato inventato prima.

E’ da considerare probabile, tuttavia, che, in parte, un retaggio medioevale del pensiero aristotelico, secondo cui i sensi applicati in condizioni anomale forniscono risposte anomale, abbia in qualche modo ostacolato l’uso delle lenti concepite come “potenziamento dei nostri sensi” in virtù di un’idea delle lenti “ingannatrici” rispetto agli occhi!

Con le “lenti”, inoltre, il “figlio”, irriverente, andava oltre le possibilità che il “padre” aveva predisposto in lui e, soprattutto, osava e preferiva affidarsi ad uno strumento, creato in proprio, quale mezzo d’indagine, per la ricerca della verità, compiendo un salto culturale, a dir poco, vertiginoso!<sup>6</sup>

---

*Di seguito parte del manifesto dello Zanetti che, per altro, risulta sconosciuto ai biografi del Porta:*

*“ ab amicis eiusdem doctissimi Portae monitus, et illud subijcio habere ipsum prae manibus, de lincaeo telescopio opusculum. Quod praeclarum hoc perspicillum, iam pridem ante triginta annos, ab ipso inventum in praemmeratis operibus, non uno in loco pateat, indeq. Ab eo plurimi uberiores eius doctrinam efflagitaverint. Vale. Romae Kal. Septembris MDCXI”*

<sup>5</sup> Nel 1593 Giovambattista della Porta pubblica un trattato: “De refrazione” dal quale rileviamo: “...fiunt imagines ut in aere pendulae videantur, tam clare et perspicue ut nisi maribus tengas vix oculis credas”.

<sup>6</sup> La testimonianza che si doveva trattare di un giro d’idee veramente ardito ci è data dal fatto che un uomo del valore di Cesare Cremonini (1550-1631), gloria dell’ateneo padovano, spirito libero e vivissimo, grande amico di Galileo, si rifiutò di porsi in rapporto con il cannocchiale dicendo: “...quegli occhiali mi imbalordiscono la testa: basta, non né voglio sapere altro!” Cremonini non si rifiutò, quindi, di usare il cannocchiale, ma di continuare a farlo! Cfr. AA.VV. “Galileo la sensata esperienza” (Antonio Porta -III passione e lavoro di pensata esperienza) Milano 1988.

Ad ogni buon conto, l'importanza della scoperta non sfuggì a tale Hans Lipperschey, pure occhialaio di Middelburg che nel 1608, per primo, tentò di patentare un cannocchiale <sup>7</sup>.

Uno degli strumenti fabbricati in Olanda giunse, nel 1609, a Padova nelle mani di Galileo Galilei, al quale spetta il merito di aver intuito, nel nuovo strumento, il più potente mezzo di indagine dei misteri del cielo <sup>8</sup>. Nel 1611 Johannes Kepler pubblica la "Diottrica" e realizza un telescopio<sup>9</sup> e nel 1637 René Descartes enuncia, autonomamente, in forma chiara e precisa la legge sulla rifrazione della luce, scoperta da Willebrod Snell van Royen, matematico olandese, qualche anno prima <sup>10</sup>.

---

<sup>7</sup> Il due ottobre 1608 gli Stati Generali dell'Aia ricevettero una petizione di brevetto per trent'anni, per costruire uno strumento: "per vedere oggetti lontani come fossero vicini", da parte di Lipperschey. Il telescopio in questione era costituito da un obiettivo a lente convessa e da un oculare a lente concava, aveva un tubo lungo cinquanta cm. Ed un diametro di 3/4 cm. e forniva un ingrandimento di appena tre o quattro volte. La richiesta fu tuttavia respinta anche perché contemporaneamente altri occhialai avevano rivolto la stessa istanza.

<sup>8</sup> A Galileo dobbiamo, inoltre, alcuni perfezionamenti della primitiva realizzazione. Galileo realizzò immediatamente uno strumento in grado di fornirgli nove ingrandimenti con un campo visivo di alcuni primi d'arco ed un potere risolutivo di una decina di secondi d'arco. Infatti il tubo di piombo alle cui estremità Galileo pose due lenti entrambe piane da un lato e dall'altro una concava ed una convessa permetteva, avvicinando l'occhio alla lente concava di osservare gli oggetti tre volte più vicini e nove volte più grandi rispetto all'osservazione ad occhio nudo. Sembra che Galileo fabbricasse, infine, uno strumento con cui: "le cose lontane per suo mezzo appaiono quasi mille volte più grandi e oltre trenta volte più vicine" cfr. Galileo Galilei: "Sidereus Nuncius". In realtà, se Galileo avesse avuto, nella sua disponibilità, un simile strumento, avrebbe certamente compiuto, ad esempio, osservazioni esaustive sull'anello che circonda Saturno (dai disegni di Galileo si rileva che non era riuscito a distinguerlo nella sua interezza). L'enigma dell'anello di Saturno fu risolto, nel 1655, tredici anni dopo la morte di Galileo, da Cristiano Huyghens che probabilmente disponeva di un telescopio che si basava già sulla teoria della rifrazione (il cui principio è il cambiamento di direzione a cui è sottoposta la luce passando da un mezzo ad un altro).

<sup>9</sup> Il telescopio Kepleriano costruito nel 1611 è costituito da due lenti convergenti con lunghezza focale differente. La prima lente, obiettivo, fornisce un'immagine capovolta dell'oggetto, mentre la seconda, oculare, fornisce la visione ingrandita.

<sup>10</sup> Snell scopre la legge sulla rifrazione della luce nel 1621, ma solo nel 1703 i risultati delle sue ricerche vennero resi pubblici da Huyghens nella "Diottrica".

Il fenomeno fisico della rifrazione ha suscitato interesse fin dall'antichità, infatti già Claudio Tolomeo aveva osservato che:

- il raggio incidente ed il raggio rifratto sono situati in un piano perpendicolare alla superficie del mezzo di rifrazione



La tradizione vuole, anche, che i giovani conversi della cattedrale di Frauenburg, sostenessero che, durante la sua permanenza in Italia, il nipote del vescovo Lucas Watzenrode, certo Nicola Copernico, canonico, avesse messo a punto un sistema di lenti che consentiva di “vedere l’universo con le sue stelle sparse, racchiuso dentro un tondo di vetro” e mormoravano che, in Italia, avesse contribuito a perfezionare, certi strumenti che consentivano di “scorgere moltitudini di animalcula (organismi microscopici che assomigliavano ai gamberi), dentro una goccia d’acqua” o, ancor meglio, “miriadi di homunculi in una perla di seme maschile”<sup>11</sup>. Copernico fu in Italia dal 1497 al 1503 e frequentò le università di Bologna, Roma, Padova e Ferrara.

- *i raggi perpendicolari alla superficie non sono riflessi*
- *l’angolo di rifrazione dipende dalla densità del mezzo di rifrazione*
- *se  $i_1$  e  $i_2$  sono due angoli di incidenza e  $r_1$  e  $r_2$  gli angoli di rifrazione corrispondenti e se  $i_1 > i_2$  allora  $i_1/i_2 > r_1/r_2$*

<sup>11</sup> *Giovanni Rucellai (1475 - 1525) cugino di Papa Leone X (1475 - 1521) sembra abbia usato uno “specchio concavo” per studiare l’anatomia delle api, descritta poi nel poemetto “Le api”, probabilmente, proprio negli anni in cui Copernico era in Italia. Copernico, in Italia, si dedicò oltre che all’astronomia e alla matematica anche a studi di giurisprudenza, economia e medicina (anatomia), ma ci rendiamo conto che è veramente troppo poco per supporre che il cugino del Papa e il nipote del Vescovo si siano incontrati, anche se, certamente, Copernico si spostò da Bologna per recarsi a Roma, dove nell’anno 1500 tenne un ciclo di conferenze, ed è probabile che, in occasione del viaggio, abbia sostato a Firenze e nei pressi di questa città, nella sua villa di Quaracchi il Rucellai aveva i suoi splendidi alveari. Ci piace registrare ancora che circa trenta anni fa abbiamo avuto il piacere e la fortuna di poter frequentare la splendida casa di Federico Nomi, proprio negli anni in cui il noto economista si stava occupando di tradurre (per la prima volta - crediamo anche che sia rimasta unica - in italiano) un trattato di economia di Nicola Copernico: “Monete cudende ratio” ( la prima stesura del trattato è del 1507 ed il titolo era: “Trattato sopra la riforma monetaria nella reale Prussia “; nel 1519 C. ultima la redazione di una seconda stesura e nel 1528 licenzia il trattato nella stesura definitiva - per rimarcare che gli studi economici hanno interessato il nostro a lungo e non incidentalmente o per cause fortuite-). Ci è capitato così di sentire parlare di “oro assistito” e anche di un certo: “trattato dei cambi e del monte comune” di tale Pandolfo di Giovanni Rucellai, dedicato al Savonarola ( nel 1495 Savonarola aveva istituito il “Monte di Pietà”; evidentemente, una copia del manoscritto del Rucellai aveva superato il fuoco - devastante compagno dei libri di ogni tempo - per ben due volte: la prima durante il carnevale del 1497 era scampato infatti al “bruciamento delle vanità” e il 22 maggio del 1498 sopravvisse al rogo allestito in onore del frate cui qualche anno prima era stato dedicato perché sembra che Copernico conoscesse le teorie del Rucellai). Purtroppo non abbiamo più il conforto della grande erudizione del Nomi che avrebbe saputo certamente indicarci i documenti e, o i luoghi e i tempi di indagine. Restano, tuttavia, ci sembra, assonanze meritevoli di ulteriori approfondimenti.*

Gli storici, tuttavia, non hanno ancora individuato tracce di reperti copernicani o di apparati riconducibili al cannocchiale e o al microscopio. Nel 1490, non più apprendista e non ancora “maestro” il giovane Albrecht Dürer inizia il suo “viaggio di formazione” - praticamente obbligatorio all’epoca -. Lasciata Norimberga lo sappiamo soggiornare dal 1490 al 1494 in numerose località dell’Alto Reno e, fonti, non documentate, asseriscono abbia visitato anche i Paesi Bassi. In Italia e precisamente a Venezia il giovane Albrecht arriva sul finire del 1494. In questa città era una numerosa e ricca comunità tedesca di cui faceva parte, a pieno titolo, anche il veneziano Jacopo de’ Barbari. A Jacopo, squisito e raffinato cicerone, dobbiamo l’introduzione del Dürer alla monumentalità, alla razionalità e alla classicità dell’arte italiana e a Jacopo, il Dürer deve anche i primi rudimenti di teoria delle proporzioni e prospettiva<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> *La casa della ricca e influente società di mercanti tedeschi a Venezia il “Fondaco dei tedeschi” fu decorato con affreschi da Giorgione e Tiziano.*

*“Parimenti, in risposta al vostro desiderio di sapere quando ritornerò, perché i miei Signori possano prendere le loro disposizioni: sarò pronto fra dieci giorni a partire da oggi. Dopo di ciò andrò a Bologna, per amore dell’arte, dove mi insegneranno i segreti della prospettiva. Poi partirò di là fra otto o dieci giorni e ritornerò a Venezia. Da là io verrò col prossimo corriere. Oh, come rabbrividerò smanioso di sole; qui sono un gentiluomo, in patria un parassita”. Ultima lettera da Venezia di Albrecht Dürer all’amico Willibald Pirckheimer -13 Ottobre 1506. Certamente, a Venezia, durante il primo soggiorno, il Dürer conobbe Luca Pacioli che era amico di Jacopo dei Barbari e che aveva appena pubblicato la sua: “Summa de aritmetica, geometria, proporzioni e proporzionalità” (“per cagione della quale diventò nei suoi tempi grandemente famoso” cfr. B. Boncompagni: “Intorno alle vite inedite di tre matematici - Giovanni Dank di Sassonia, Giovanni de Lineriis e Fra Luca Pacioli da Borgo San Sepolcro -” scritte da Bernardino Baldi sta in: *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche* diretto da B. Boncompagni, anno XII -1879-).*

*Il Pacioli era personaggio assolutamente in vista e godeva certamente di fama e prestigio anche per aver già insegnato in Perugia, Zara, Firenze, Roma e Napoli e in Venezia; inoltre, era familiare dei ricchissimi mercanti Rompiasi di cui nel 1470 era stato precettore e che, certamente intrattenevano rapporti con la comunità d’oltralpe di cui Dürer era ospite. Nel 1506 il Dürer conosceva già perfettamente le regole della prospettiva e questo è ampiamente documentato dai suoi precedenti lavori ...chi andava dunque ad incontrare a Bologna? Crediamo fermamente che non sia lontano dal vero ipotizzare che, dopo i primi contatti del 1494/95 con il Pacioli, il frate avesse promesso al Dürer di mostrargli i manoscritti di Piero. Stando alla vita del frate, già citata, del Baldi il Pacioli nel 1504 insegnava nell’università di Bologna e siccome nel 1509 certamente il medesimo pubblica a Venezia il “De Divina Proporzione” è probabile che nel 1506 il religioso fosse ancora nel novero dei docenti bolognesi. Non pensiamo neppure che sia troppo lontano dal vero sostenere che, magari, il frate abbia sperato di riuscire a comprendere,*

Quella prospettiva, delle cui regole, il giovane Albrecht si impadronì immediatamente e di cui sarebbe divenuto il maggior teorico a nord delle alpi. Nella “Natività”, incisione firmata e datata 1504, la più antica composizione di Dürer nella quale siano applicate con perfetta coerenza le regole della prospettiva lineare, abbiamo identificato, oltre la finestra, tra i segni appena percettibili di un paesaggio sfumato, un’opera nell’opera. Nell’iconografia del “Natale” non potevano mancare un gregge e un pastore; averli rilevati non sorprende. Il



1 - A. Dürer, *Natività*, 1504, particolare del paesaggio oltre la finestra.  
Collezione Mineo Collini.

2 - A. Dürer *Malinconia*, 1512, particolare della veste.  
Collezione Grafica European Center of Fine Arts.

---

*attraverso il giovane tedesco, qualche, apparentemente oscuro, passaggio degli scritti di Piero (Pacioli volava un po' più in basso sia di Piero – commette una quantità infinita di errori quando ne ripropone i testi cfr. M.D. Davies “Piero della Francesca’s mathematical treatises”- sia del giovane tedesco. Erà però dotato a sufficienza per comprendere che il giovane amico aveva ali simili a quelle del vecchio maestro. D’altro canto chi, a Bologna, avrebbe potuto arricchire il sapere di Dürer? Verso l’opera di chi il maestro d’oltralpe mostrava simile deferenza?*

“Maestro” di Norimberga però, questa volta, non usa la lente per acuire la finezza del segno inciso. L’uso della lente serve ora al Dürer per inserire, tra le righe di un paesaggio lontano, la visione di una scena che è propria e caratteristica di chi accosta all’occhio l’oculare dello strumento che, oggi, usiamo definire “cannocchiale”. La finestra con l’arco a tutto sesto, oltre la quale si stagli il paesaggio, non può essere, del resto, che un riferimento fortemente simbolico al “foro” dell’oculare. Ad ogni buon conto, a fornire supporto all’interpretazione che noi oggi diamo della visione inserita nella “Natività” nel 1504 penserà lo stesso autore qualche anno dopo. Nel 1512 il Dürer realizza infatti il capolavoro assoluto della sua opera di incisore: “La Malinconia”. In questa incisione al di là delle innumerevoli e più o meno sofisticate chiavi di interpretazione, che non è il caso di elencare, ci appare evidente il richiamo alla “Astronomia” della misteriosa entità che appare nel cielo in alto a sinistra. Fiumi di inchiostro sono serviti, nella enorme bibliografia riferita al Dürer, per identificare ed interpretare i misteriosi oggetti presenti nella raffigurazione, ma nulla, ora, ci può distrarre dalla troppa assonanza che ha la “cosa” parzialmente occultata dallo strascico della veste di “Malinconia”, in basso a destra, con un “cannocchiale”. Dürer si è occupato di studi di ottica e della realizzazione di particolari strumenti? Di certo sappiamo che il grande di Norimberga vedeva bene “tra le pieghe del paesaggio” e, da oggi, ci è cara l’idea che, nelle astrazioni che colpiscono i geni o durante la depressione malinconica, descritta da Marsilio Ficino, che assale chi troppo a lungo ha affaticato l’intelletto, Albrecht Dürer abbia potuto vedere un paesaggio lontano...”ben oltre la collina”.

\*Roberto Manescalchi

È nato nel 1954 a Sansepolcro, dove ha frequentato il Liceo scientifico “Piero della Francesca”. Nel 1980 ha pubblicato un saggio sul *politico di S. Maria della Misericordia*, incluso nella *Bibliografia* ufficiale su Piero edita dall’Università della Pennsylvania. Ha studiato a lungo gli scritti teorici di Piero. Nel 2004 ha scoperto la “bottega” di Leonardo in locali attigui alla Santissima Annunziata a Firenze (cfr. A. DEL MEGLIO – R. MANESCALCHI, *Tracce d’antichità del convento della SS. Annunziata nei locali dell’Istituto Geografico Militare*, I.G.M., Firenze, 2005). Ha recentemente scoperto, nel coro della Chiesa di S. Francesco a Sansepolcro, un frammento di affresco che evoca il nome di Giotto (Cfr. *Caterina. La Santa Ritrovata*, Aboca Museum Edizioni, Sansepolcro, 2006). È direttore del “Grafica European Center of Fine Arts”. È stato tra i fondatori del “Centro Studi e Documenti di Architettura e Storia dell’Arte Heliopolis”, che ha anche diretto dal ’75 all’81.

**Olivo Ganganelli\***

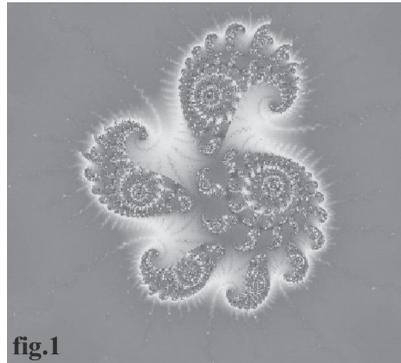
## **Generazione di forme tramite pc**

Con questo mio intervento so di rivolgermi a giovani studenti, con conoscenze matematiche e informatiche molto diversificate; per questo motivo terrò la presentazione su un piano prevalentemente qualitativo, illustrando i risultati più che le procedure, mentre per queste fornirò solo qualche spunto, sufficiente però ai più interessati per scavare da soli, guidati dalla propria curiosità e dai consigli dei propri insegnanti. Vi può incoraggiare il fatto che, per questa presentazione, ho rielaborato un lavoro sviluppato da un gruppo di studenti di classe quarta dell'Indirizzo Scientifico-Tecnologico.

### **Frattali?**

Parlando della generazione di forme geometriche, il pensiero di molti andrà sicuramente ai frattali, di cui la fig.1 mostra un esempio. Del resto i programmi disponibili su computer permettono di generarne una varietà pressochè infinita, con forme misteriose e splendidi colori, che promanano un fascino indiscutibile. Fascino estetico, tanto sfuggenti quanto la natura e la fantasia, fascino matematico, che si esprime attraverso l'autosimilarità, la struttura fine, l'irregolarità, la dimensione non intera (frattale dal latino *fractus*).

Oggi però non parleremo di frattali ma semplicemente di una formula, la superformula di Gielis che, in coordinate polari, assume la più semplice e classica delle forme:  $\mathbf{r} = \mathbf{r}(\mathbf{f})$ , nella quale, al variare dell'angolo  $\mathbf{f}$ , varia il raggio  $\mathbf{r}$  e, di conseguenza, varia il punto  $\mathbf{P}=(\mathbf{r}; \mathbf{f})$ , descrivendo appunto una curva nel piano.



**fig.1**

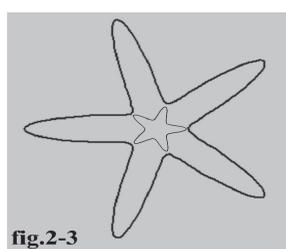
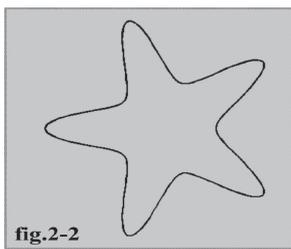
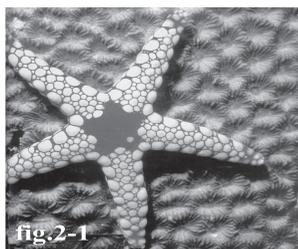
### **La SuperFormula della natura di Johan Gielis.**

Mentre i frattali sono del tutto nuovi sia dal punto di vista concettuale che dal punto di vista algoritmico, la SuperFormula, di cui ci interesseremo, rientra

completamente nei canoni della matematica classica, risultandoci perciò del tutto familiare, come l'equazione della retta o l'equazione dell'ellisse. E con altrettanta familiarità la Superformula di Gielis ci permette di descrivere una enorme varietà di forme, presenti in natura oppure del tutto fantastiche, dal quadrato alla circonferenza, dalla spirale esagonale alla forma di foglie o fiori.

Cominciamo quindi col mostrare qualcuna di tali forme, messe a confronto con le corrispondenti in natura.

La fig.2-1 mostra una stella marina delle Seychelles, fotografata nell'Oceano Indiano.



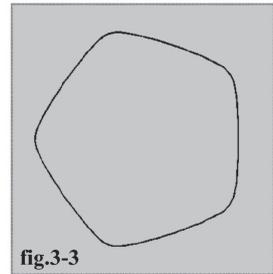
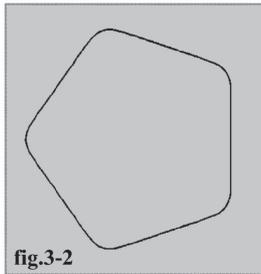
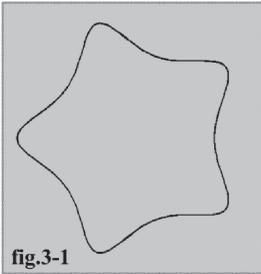
La forma corrispondente al cuore della stella, generata tramite la SuperFormula, è mostrata nella fig.2-2, mentre la forma esterna della stella è mostrata dalla fig.2-3. Ma come è possibile ottenere forme così vicine a quelle reali? Il modello matematico è del tutto simile a quello che molti di voi hanno sicuramente applicato per tracciare un'ellisse, per esempio con un foglio di lavoro Excel. L'equazione dell'ellisse simmetrica rispetto agli assi contiene due parametri, **a**, **b**, cambiando i valori dei quali possiamo modificare la lunghezza dei due semiassi, ottenendo tante ellissi di grandezza diversa. Allo stesso modo, la SF contiene sei parametri, **a**, **b**, **m**, **n<sub>1</sub>**, **n<sub>2</sub>**, **n<sub>3</sub>**, che noi possiamo modificare, ottenendo una particolare figura per ciascun insieme di valori assegnato ai sei parametri. Ma allora dove sta la differenza? Semplice e grande! L'equazione dell'ellisse genera solo ellissi, la SF non genera solo stelle, ma anche tante altre forme, quadrati o esagoni, foglie, fiori o strutture di cristalli, basta assegnare ai sei parametri gli opportuni valori.

Per una verifica successiva i valori dei parametri nella fig.2-2 sono: **a=b=10**, **m=5**, **n<sub>1</sub>=2**, **n<sub>2</sub>=n<sub>3</sub>=7** mentre quelli della fig.2-3 sono **a=b=10**, **m=5**, **n<sub>1</sub>=1,2**, **n<sub>2</sub>=n<sub>3</sub>=7**.

Queste forme sono state ottenute modificando soltanto il parametro  $n_1$ . La stella possiede cinque punte, corrispondenti al valore 5 del parametro  $m$ ; un po' come un pentagono cui vertici sono le punte e i lati sono incurvati verso il centro.

Osservate bene: la fig.2-2, che riproduce il cuore della stella col valore  $n_1=2$ , mentre la fig.2-3 riproduce la forma esterna della stella, con i lati del "pentagono" ancora più incurvati, per  $n_1=1,2$ .

L'intuizione ci dice che, mentre il parametro  $m=5$  determina il numero dei vertici, il parametro  $n_1$  influisce sulla curvatura dei lati. Come verifica mostriamo qualche altra forma.



Nella fig.3-1, in corrispondenza al valore  $n_1=5$ , potete osservare che i lati del "pentagono" sono meno curvi rispetto alle stelle della fig.2-2 e della fig.2-3, mentre nella fig.3-2 il "pentagono" è proprio un pentagono, con i lati rettilinei, ottenuto per  $n_1=11$ .

Infine la fig.3-3 rappresenta un "pentagono" con i lati ricurvi verso l'esterno, in corrispondenza ad  $n_1=15$ .

Che cosa ne dite? Non è interessante avere ottenuto questi risultati usando una sola formula e variando un solo parametro? La vostra sorpresa sarà ancora più grande sapendo che la SF è stata scoperta, tra il 1997 e il 2003, non da un matematico, ma da un naturalista, il professore belga Johan Gielis, docente presso l'Università di Nijmegen, in Olanda, nella ricerca di modelli matematici capaci di rappresentare le forme della natura.

### Ma come è fatta questa formula?

Nel 1997 il botanico Johan Gielis compì il passo decisivo, che gli consentì di superare il risultato ottenuto nel secolo precedente dal matematico francese

Gabriel Lamé (1795-1870), il quale trovò un'unica formula, capace di descrivere il quadrato, il cerchio e una serie di figure chiamate supercerchi.

Gielis, generalizzando la formula di Lamé, ottenne la formula seguente:

$$(1) \quad r(\phi) = \left( \left| \frac{1}{a} \cos\left(\frac{m}{4}\phi\right) \right|^{n_2} + \left| \frac{1}{b} \sin\left(\frac{m}{4}\phi\right) \right|^{n_3} \right)^{-1/n_1}$$

Come vedete, si tratta di una equazione in coordinate polari  $\mathbf{r} = \mathbf{r}(\mathbf{f})$ , che contiene sei parametri  $\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{m}, \mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2, \mathbf{n}_3$ , ai quali si assegnano valori reali non nulli, escluso  $\mathbf{m}$  che può assumere anche il valore 0. Una volta assegnati ai sei parametri i rispettivi valori, facciamo variare l'angolo  $\mathbf{f}$  tra 0 e  $n*2p$ , più in generale tra  $\mathbf{f}_1$  e  $\mathbf{f}_2$ ; in corrispondenza varia il raggio  $\mathbf{r}$  e quindi varia il punto  $\mathbf{P}=(\mathbf{r}; \mathbf{f})$ , descrivendo una delle tante curve che la formula è in grado di generare. Per ottenere effettivamente queste curve potete implementare la tabulazione della formula in un foglio di lavoro Excel, trasformando le coordinate polari in coordinate cartesiane, e poi giocare alla generazione di forme del mondo animale, vegetale o minerale, oppure del mondo della fantasia.

### Circonferenze e poligoni: variazioni sul tema SuperFormula.

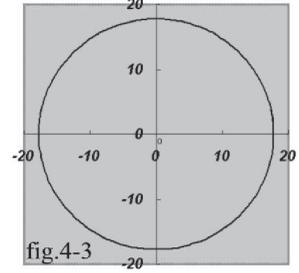
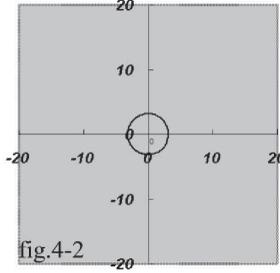
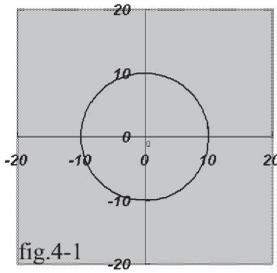
Abbiamo osservato che con  $\mathbf{m}=5$  la SF (1) genera un pentagono con lati rettilinei o curvilinei, a seconda dei valori di  $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2, \mathbf{n}_3$ . Però i grafici visti fin qui sono matematicamente muti, essendo privi di un riferimento cartesiano che ne consenta una corretta comprensione e valutazione.

Perciò, d'ora in poi, lavoreremo nel rettangolo  $[-20; 20] \times [-20; 20]$ , scegliendo i valori dei parametri in modo che le forme generate siano visibili nel nostro rettangolo. Inoltre assumiamo il **parametro m** come **esploratore della SF** nella generazione di famiglie di forme, in base al numero dei vertici.

Considerando la circonferenza come una forma senza vertici poniamo nella SF  $\mathbf{m}=0$ , e assumiamo i valori  $\mathbf{a}=\mathbf{b}=10, \mathbf{m}=0, \mathbf{n}_1=\mathbf{n}_2=\mathbf{n}_3=50$ . Il risultato è quello mostrato nella fig.4-1.

Attenti però, non fatevi ingannare e osservate bene la SF: per  $\mathbf{m}=0$  il termine fra parentesi quadra vale  $(1/\mathbf{a})^{n_2}$ , quindi il raggio è  $\mathbf{r}=\mathbf{a}^{n_2/n_1}$ ; il che vuol dire che

i valori di  $\mathbf{b}$  e  $\mathbf{n}_3$  non influiscono sul valore di  $\mathbf{r}$  il quale, dato  $\mathbf{a}$ , dipende solo dal rapporto  $\mathbf{n}_2/\mathbf{n}_1$ .



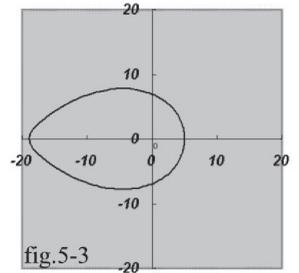
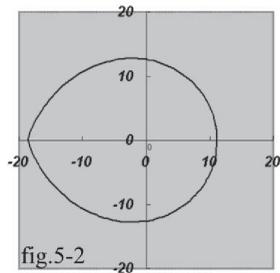
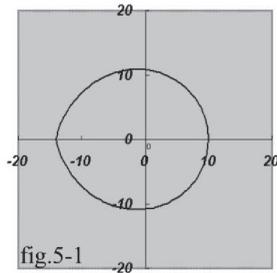
Le fig. 4-1, 4-2 e 4-3 permettono di verificare questo risultato.

Infatti nella fig.4-1 abbiamo posto  $\mathbf{m}=0$ ,  $\mathbf{a}=10$ ,  $\mathbf{n}_1=\mathbf{n}_2=50$ , pertanto risulta  $\mathbf{r}=\mathbf{a}=10$ ;

nella fig.4-2 invece i valori sono  $\mathbf{m}=0$ ,  $\mathbf{a}=10$ ,  $\mathbf{n}_1=100$ ,  $\mathbf{n}_2=50$ , per cui  $\mathbf{r}=\mathbf{a}^{50/100}=\mathbf{a}^{1/2}=\sqrt{10} \gg 3,2$ ;

infine nella fig.4-3 abbiamo preso  $\mathbf{n}_1=4$ ,  $\mathbf{n}_2=5$ , quindi  $\mathbf{r}=10^{5/4}=10^{1.25} \gg 17,8$ .

Del tutto diversa è la situazione per  $\mathbf{m}=1$ ; in questo caso tutti i parametri tornano ad influire sulla forma generata, che deforma la circonferenza introducendo un vertice (una cuspid).

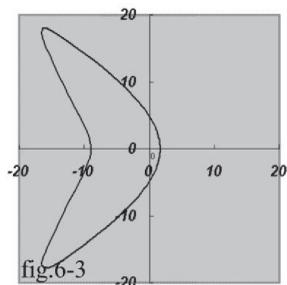
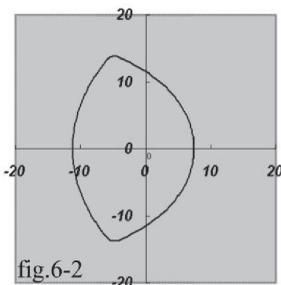
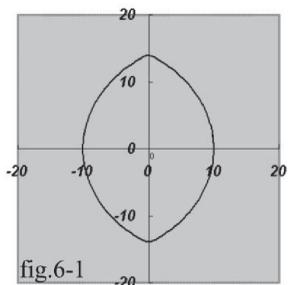


Per  $\mathbf{a}=\mathbf{b}=10$ ,  $\mathbf{m}=1$ ,  $\mathbf{n}_1=\mathbf{n}_2=\mathbf{n}_3=50$  si ottiene la fig.5-1, mentre per  $\mathbf{a}=\mathbf{b}=5$ ,  $\mathbf{m}=1$ ,  $\mathbf{n}_1=40$ ,  $\mathbf{n}_2=\mathbf{n}_3=60$  si ottiene la fig.5-2, con una cuspid evidentemente più marcata. Nella fig.5-3 la forma assomiglia molto ad una goccia e si ottiene con i seguenti valori  $\mathbf{a}=\mathbf{b}=1,5$ ,  $\mathbf{m}=1$ ,  $\mathbf{n}_1=10$ ,  $\mathbf{n}_2=\mathbf{n}_3=40$ .

Passiamo ora al valore **2** per il parametro **m**. Ormai siamo certi di ottenere una circonferenza deformata da due vertici.

Riprendiamo l'insieme di partenza ma con  $m=2$ ,  $a=b=10$ ,  $n_1=n_2=n_3=50$  ed ecco la fig.6.1, simmetrica rispetto agli assi.

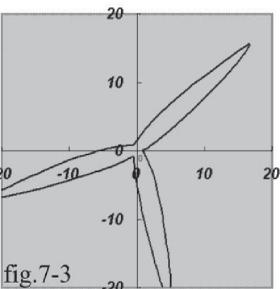
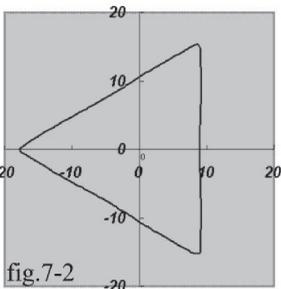
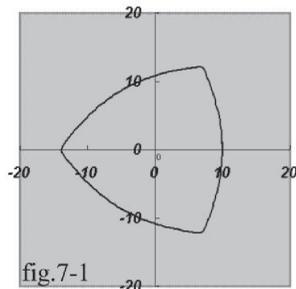
La fig.6-2 è simmetrica solo rispetto all'asse x, e proviene dai valori  $a=b=5$ ,  $m=2$ ,  $n_1=40$ ,  $n_2=50$ ,  $n_3=60$ . Infine la fig. 6-3, che somiglia ad un boomerang, ottenuto prendendo  $a=b=1,2$ ,  $m=2$ ,  $n_1=10$ ,  $n_2=30$ ,  $n_3=120$ .



Il parametro **m** come esploratore finora è veramente stato bravo; dunque seguiamolo fiduciosi e vediamo che cosa succede.

Poniamo dunque  $m=3$  e, per gli altri parametri, i soliti valori iniziali:  $a=b=10$ ,  $m=3$ ,  $n_1=n_2=n_3=50$ .

La fig.7-1 ci mostra un triangolo, anche se con i lati curvilinei, ma questa per noi non è più una novità; abbiamo già incontrato all'inizio il pentagono a lati curvilinei.



E ora lati rettilinei: basta prendere  $a=b=3$  e poi modificare  $n_1=50$ ,  $n_2=n_3=100$ .



Ultimo triangolo:  $a=b=1$ ,  $m=3$ ,  $n_1=10$ ,  $n_2=200$ ,  $n_3=50$ , ed è la fig.7-3. Si noti come i lati sono curvati verso l'interno e la figura è ruotata rispetto alle due precedenti in ragione del rapporto  $n_2/n_3$ . Potete provare con questi ulteriori valori:  $n_2=50$ ,  $n_3=200$ ;  $n_2=80$ ,  $n_3=80$ .

### Come si può ottenere la SF?

Usando uno strumento come la SF viene da chiedersi: ma come avrà ragionato l'autore per costruire un così bel modello? E noi, a posteriori, non potremmo trovare un percorso che ci permetta di ottenerlo?

Proviamo a ragionare sul parametro  $m$ , aiutandoci con un pizzico di intuizione. Con  $m=4$  dovremmo ottenere quadrati, rettangoli, in generale quadrilateri. Qualcuno di voi però ricorda sicuramente che l'ellisse possiede quattro "vertici", e sicuramente conosce l'equazione:

$$(2) \quad \boxed{\left| \frac{x}{a} \right|^2 + \left| \frac{y}{b} \right|^2 = 1}$$

che rappresenta l'ellisse simmetrica rispetto agli assi. Introduciamo ora le coordinate polari:

$$(3) \quad \boxed{\begin{aligned} x &= r \cos \phi \\ y &= r \sin \phi \end{aligned}}$$

sostituendo  $x$  e  $y$  nella (2), dopo di che, con qualche passaggio otteniamo l'equazione polare dell'ellisse:

$$(4) \quad \boxed{r = \left( \left| \frac{1}{a} \cos \phi \right|^2 + \left| \frac{1}{b} \sin \phi \right|^2 \right)^{-1/2}}$$

Questa formula è molto simile alla SF (1), anzi, guardando meglio, ci accorgiamo che ne è un caso particolare ottenibile per  $m=4$ , e  $n_1=n_2=n_3=2$ .

A questo punto possiamo anche immaginare che cosa avvenne. Nel 1818 Gabriel Lamé ha l'idea di generalizzare l'equazione dell'ellisse e propone la sua "superellisse" con l'equazione che segue:

$$(5) \quad \left| \frac{x}{a} \right|^n + \left| \frac{y}{b} \right|^n = 1$$

la quale poi, sostituendo le coordinate polari (3) si trasforma nell'equazione:

$$(6) \quad r = \left( \left| \frac{1}{a} \cos \phi \right|^n + \left| \frac{1}{b} \sin \phi \right|^n \right)^{-1/n}$$

Ed è a questo punto che arriva, dopo quasi due secoli, Johan Gielis, il quale pensa di generalizzare gli esponenti nella (6), togliendo la restrizione della formula di Lamé, che li vuole tutti e tre uguali, e introduce al posto di  $n$  i tre esponenti distinti  $n_1, n_2, n_3$ , nonché il fattore  $m/4$  negli argomenti delle due funzioni goniometriche.

Gielis ottiene così, nel 1997 quella che egli chiama la SuperFormula:

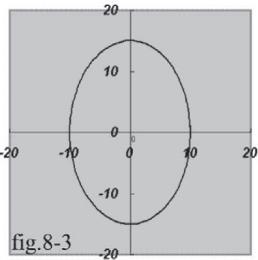
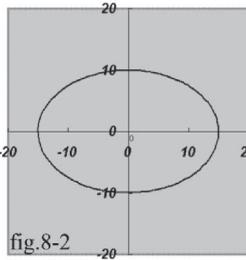
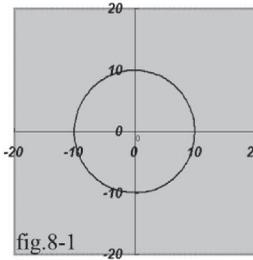
$$(7) \quad r(\phi) = \left( \left| \frac{1}{a} \cos\left(\frac{m}{4}\phi\right) \right|^{n_2} + \left| \frac{1}{b} \sin\left(\frac{m}{4}\phi\right) \right|^{n_3} \right)^{-1/n_1}$$

che poi è la (1). In essa  $f$  varia tra 0 e  $2\pi n$ ,  $n$  da stabilire, più in generale tra due valori opportuni  $f_1$  e  $f_2$ .

**Una nuova famiglia per  $m=4$ : ellissi, quadrati, rettangoli.**

L'equazione polare dell'ellisse, la (4), a questo punto non è che un caso

particolare della SF (7): basta porre  $m=4$ ,  $n_1=n_2=n_3=2$  e la SF traccia solo ellissi, basta assegnare ai due semiassi  $a$ , e  $b$  i valori che ci interessano.



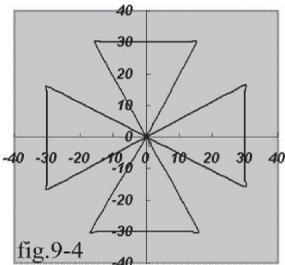
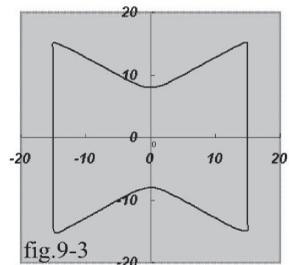
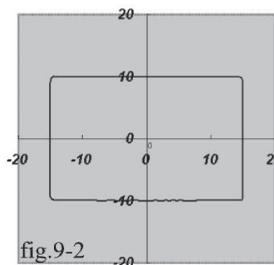
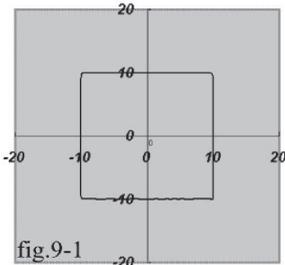
Per  $a=b=10$  si ottiene la circonferenza di raggio  $r=10$ , mostrata nella fig.8-1; per  $a=15$  e  $b=10$  si ha l'ellisse della fig.8-2; infine per  $a=10$  e  $b=15$  l'ellisse della fig.8-3.

Variando  $n_1, n_2, n_3$ , otterremo ovviamente quadrilateri con i soliti lati rettilinei o curvilinei.

Le figure che seguono ce li mostrano in modo essenziale.

La fig.9-1 mostra un quadrato, ottenuto per i soliti valori iniziali:  $a=b=10$ ,  $m=4$ ,  $n_1=n_2=n_3=50$ ;

mentre la fig.9-2 mostra un rettangolo ottenuto per  $a=15$ ,  $b=10$ ,  $m=4$ ,  $n_1=n_2=n_3=50$ .



La fig.9-3 mostra un rettangolo con due lati opposti curvilinei, ottenuto triplicando il valore di  $n_3$  e diminuendo  $b$ , precisamente:

$a=15$ ,  $b=2$ ,  $m=4$ ,  $n_1=n_2=50$ ,  $n_3=150$ .

Infine la fig.9-4 mostra una forma della stessa famiglia, ma un po'...degenere, ottenuta per  $a=b=30$ ,  $m=4$ ,  $n_1=n_2=n_3=200$ .

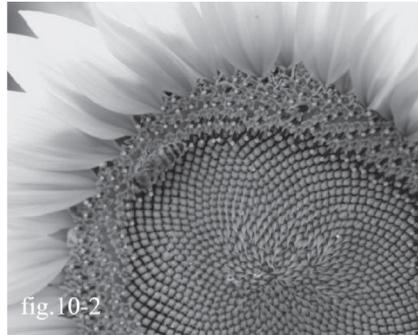
Ormai avete imparato “come si fa” e potete procedere da soli per  $m=5, 6, \dots$ , avendo cura di scovare le infinite stranezze che si nascondono dietro ai sei parametri (¥<sup>6</sup> vi dice qualcosa?).

**Girasoli e margherite: intreccio di spirali.**

La fig.10-1 è la foto di una margherita; osservandola attentamente noterete che i flosculi del cuore sono disposti secondo due serie di spirali, una in senso orario e l’altra in senso antiorario.

Una disposizione simile hanno i semi del girasole, come mostra la fig.10-2

Precisamente si tratta di spirali logaritmiche. Questo tipo di spirale è la curva più presente in natura, dalla disposizione dei flosculi della margherita, dei semi del girasole, delle scaglie della pigna all’ avvolgimento della conchiglia del Nautilus.



Tutto ciò non sfugge certamente a un botanico come Gielis, il quale nel 2003 riesce a fare in modo che la sua SF possa descrivere anche queste forme. Egli ottiene questo risultato facendo quello che, a volte, avete fatto anche voi col vostro insegnante, e cioè moltiplicando la funzione che esprime il raggio  $r$  per una opportuna funzione-fattore  $F(f)$ , che ne modifichi il valore, secondo l’andamento voluto. I risultati sono straordinari e, il più delle volte, imprevedibili, come vedremo. La versione definitiva della SF di Gielis è dunque la seguente:

$$(8) \quad r(\phi) = F(\phi) \left( \frac{1}{a} \left| \cos\left(\frac{m}{4}\phi\right) \right|^{n_2} + \frac{1}{b} \left| \sin\left(\frac{m}{4}\phi\right) \right|^{n_3} \right)^{-1/n_4}$$

Le possibilità offerte da questa formula sono impensabili e potete sbizzarrirvi

con Excel, tabulandola, oppure, senza bisogno di tabulazione esplicita, con Derive o un altro programma di matematica.

A questo punto possiamo generare le spirali della margherita: basta assumere la funzione  $F(f)=e^{0,1f}$  e, per gli altri parametri, ripetere quelli della circonferenza  $a=b=10$ ,  $m=4$ ,  $n_1=n_2=n_3=2$ . La fig.11-1 mostra il cuore della margherita, con la struttura delle spirali contrapposte (21 orarie e 34 antiorarie). 21 e 34 sono due termini adiacenti della successione di Fibonacci ( $21/34=1,619..$ =circa al Numero aureo). La fig.11-2 contiene la spirale generata con i valori sopra riportati, mentre la fig.11-3 abbozza l'intreccio di due spirali. Tenete presente che anche la forma dei floscoli è riproducibile tramite la SF.

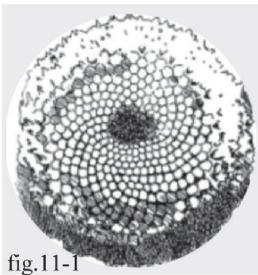


fig.11-1

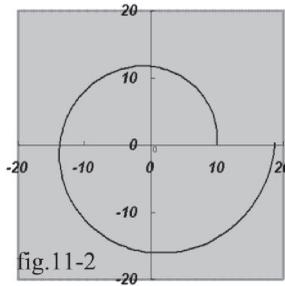


fig.11-2

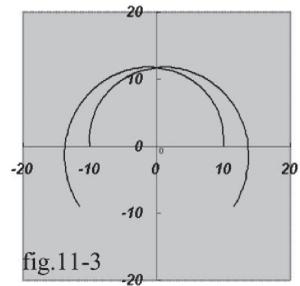


fig.11-3

così detta “intelligenza della specie”, fra tutte le infinite forme geometriche, abbia preferito proprio questa, che accoppia alla massima efficienza il minimo impiego di materiale. La natura conosce bene i processi di ottimizzazione.

### Esagoni e spirali.

Un'altra forma geometrica che ottimizza lo spazio è l'esagono, e proprio forma esagonale hanno le celle di alveare delle api, di cui è mostrata una porzione

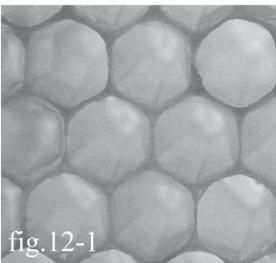


fig.12-1

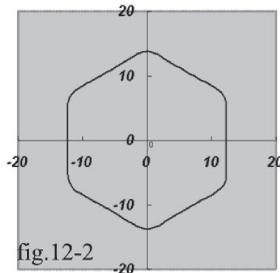


fig.12-2

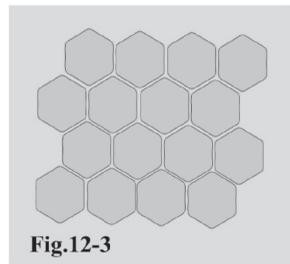


Fig.12-3

in fig.12-1. Può la SuperFormula riprodurre tale forma, con relativo smusso dei vertici?

La domanda ormai appare retorica e la fig.12-2 ne è la riprova. In essa i valori dei parametri sono:

**a=b=150, m=6, n<sub>1</sub>=12, n<sub>2</sub>=n<sub>3</sub>=6**, mentre la funzione-fattore è **F(f)=1**.

Gli esagoni della fig.12-3 sono ottenuti per **a=b=15, m=6, n<sub>1</sub>=12, n<sub>2</sub>=n<sub>3</sub>=6, F(f)=1**.

Le margherite o i girasoli combinano cerchi e spirali per disporre i loro semi, i cristalli di grafite combinano esagoni e spirali. Osservate la fig.13-1 che, appunto, rappresenta un cristallo di grafite con struttura a spirale di Archimede, con passo costante.

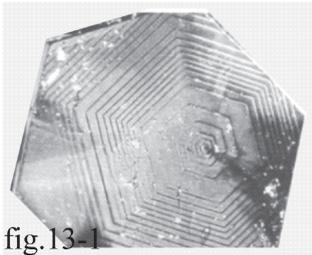


fig.13-1

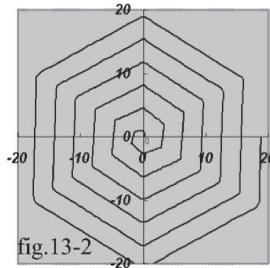
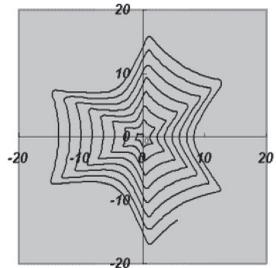


fig.13-2

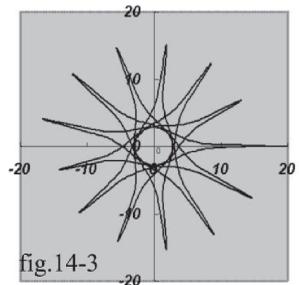
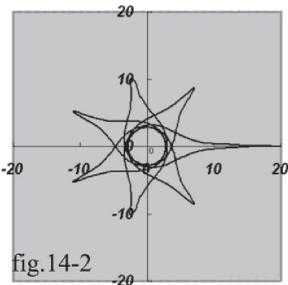
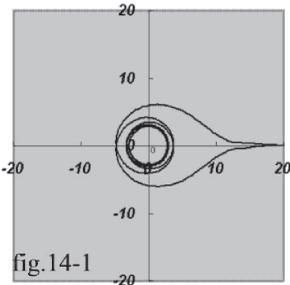


La fig.13-2 mostra la spirale della grafite ottenuta con la SF in corrispondenza ai valori **a=b=1, m=6, n<sub>1</sub>=70, n<sub>2</sub>=n<sub>3</sub>=30, F(f)=0,5\* f**, con **f** che varia da 0 a 10p. La fig.13-3 mostra infine una forma ottenuta come variante della precedente per **a=b=0,5, m=6, n<sub>1</sub>=50, n<sub>2</sub>=70, n<sub>3</sub>=40, F(f)=0,5\*f**, con **f** che varia da 0 a 10p.

### Conclusione

L'unica conclusione possibile è...nessuna conclusione. Piuttosto proponiamo alcuni esempi del tutto fantasiosi, ottenuti con valori di **m** non interi; si perde così l'idea di vertice, però si guadagna quello che vi mostrano le successive figure..

La fig.14-1: si ottiene per **m=1/6**, ed **a=b=20, n<sub>1</sub>=n<sub>2</sub>=n<sub>3</sub>=0,3, F(f)=1**, con **f** che varia da 0 a 12p.



La fig.14-2 si ottiene cambiando solo  $m=7/6$ , mentre la fig.14-3 è determinata da  $m=13/6$ .

La fantasia della SuperFormula è veramente inesauribile!

\*Olivo Ganganelli

È laureato in Scienze Matematiche presso l'Università degli Studi di Firenze.

Per qualche anno ha insegnato Matematica e Fisica nell'Istituto Professionale e nel Liceo Scientifico di Umbertide e poi, dal 1969, Matematica e Laboratorio presso l'I.T.I.S. Franchetti di Città di Castello, Indirizzo Informatico e Indirizzo Scientifico Tecnologico. Nel corso di questa lunga attività di docente ha coltivato ricerca e sperimentazione in didattica della matematica e, più in generale, in didattica delle discipline con l'uso del computer, avendo introdotto l'uso del computer nell'apprendimento della matematica fin dal 1975. Negli anni '80 ha collaborato con il Ministero della Pubblica Istruzione, come direttore dei corsi di aggiornamento per gli insegnanti di matematica negli Istituti Tecnici, commerciali e industriali, corsi residenziali organizzati dalla Direzione per l'Istruzione Tecnica. A corredo dei corsi furono pubblicati tre volumi dal titolo "Matematica e Laboratorio". Proprio da questi corsi prese l'avvio il Piano Nazionale per l'Informatica.

Il prof. Ganganelli, negli anni successivi, ha collaborato in corsi e progetti con il Provveditorato agli Studi di Perugia, con l'IRRSAE Umbria, e con molte scuole dell'Umbria, della Toscana e del Lazio, tenendo corsi sull'uso del computer nella didattica e sviluppando modelli di apprendimento supportati dalle TIC (Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione). Inoltre ha progettato e sviluppato oggetti di apprendimento basati su tali modelli. Alcuni risultati sono contenuti nel volume "La mente e la macchina" pubblicato dall'IRRSAE Umbria nel 2001. Tuttora collabora col Ministero dell'Istruzione e dell'Università come esperto nei corsi di formazione on line per docenti.





**Istituto Liceo Artistico “G. Giovagnoli”**

## **L’arte del restauro tra scienza e tecnologia**

**SEZIONE ARTE DEL LEGNO E RESTAURO DEL MOBILE  
ANTICO-ANGHIARI**

**Crocifisso di S. Martino di Tifi, Caprese Michelangelo, restauro eseguito negli anni scolastici 2004-2005 e 2005-2006 dai seguenti allievi:**

**Sonia Chiribini (V AL), Gloria Casi (V AL), Lorenzo Tofanelli (V AL), Stefania Puletti (III AL), Cristina Savona – Seri Valentina (IV AL).**

**Documentazione fotografica: prof. Enrico Papini.**

**Intaglio: prof. Dejaco Antonio.**

**Restauro: prof. Giovanni Valbonetti.**

**Integrazione pittorica: prof. Marisa Meoni.**

**Consulenza scientifica: prof. Giorgio Cestelli .**

**Riflettografia: Thierry Radelet.**

**Dotazione e identificazione specie legnosa: Dr Peter Matthaes.**

### **INTRODUZIONE (Prof. M. Rita Olivieri)**

Nella cultura contemporanea e nell’arte di oggi è forte la relazione fra le arti e le scienze, comprendendo in quest’ultimo termine le discipline che vanno dall’ottica alla fisica, alla chimica, fino alla tecnologia più avanzata; contemporaneamente le arti che risultano dal connubio con le scienze sono vicinissime alla filosofia, come già notava Goethe nella *Teoria dei colori*: “non si può chiedere al fisico [colui che studia l’essenza dei colori] di essere un filosofo, ma ci si può attendere da esso che abbia sufficiente formazione filosofica per operare una netta distinzione tra sé e il mondo e per riavvicinarsi di nuovo ad esso in un senso superiore” [J. W. Goethe, *La teoria dei colori*, Il Saggiatore, Milano, 1979, p.177].

Arte, scienza e filosofia-antropologia sono i grandi ambiti che raccolgono i “saperi” di questo convegno; in relazione ad essi vari sono i temi che avremmo potuto presentare, perché normalmente studiati e approfonditi nell’iter di studi

della nostra scuola. In essa arte, scienza ed anche estetica fanno parte di un processo conoscitivo globale, esemplificate in discipline quali l'educazione visiva, con le teorie sulla percezione e sui colori, il disegno geometrico, il disegno computerizzato, il restauro dei metalli preziosi, dei manufatti lignei, del tessuto.

Avremmo potuto presentare, dunque, molteplici esperienze e argomenti relativi alle tematiche del convegno, ma abbiamo preferito un'esperienza di restauro, nella quale il procedimento scientifico è indispensabile, fondamentale e riconoscibile chiaramente nelle varie fasi e non solo a livello teorico. Nel restauro, meglio che in altre situazioni artistiche, oltre ad un sapere scientifico è necessario un approccio filosofico che guidi coerentemente l'azione del ripristino.

Secondo Cesare Brandi: *Il restauro costituisce il momento metodologico del riconoscimento dell'opera d'arte nella sua consistenza fisica e nella sua duplice polarità estetica e storica, in vista della sua trasmissione al futuro.* [C. Brandi, *Teoria del restauro*, Einaudi, Torino, 1977, copertina]. L'esperienza che vi trasmettiamo riguarda il restauro di un crocifisso depresso, sul quale sono state effettuate indagini diagnostiche attraverso moderne tecniche strumentali. La dotazione di un laboratorio di diagnostica chimico-fisica, in fase di allestimento nella sede di Anghiari, permetterà di affrontare le problematiche del restauro in modo sempre più scientifico.

## **IL PROGETTO DI RESTAURO (Prof. Giorgio Cestelli)**

Per secoli si è parlato di intervento sulle opere d'arte in termini di riparazione dei danneggiamenti subiti da queste per effetto del tempo, delle condizioni ambientali sfavorevoli o dell'azione dell'uomo; frequenti sono stati anche gli adattamenti delle stesse ai mutamenti del gusto artistico verificatisi nel corso del tempo. In Italia è stata sempre viva la consapevolezza della necessità di conservare le opere dei grandi maestri; a tal fine si sono formate scuole di restauro, legate alle diverse realtà e tradizioni regionali, improntate sia a criteri di grande prudenza, sia di apertura nei confronti delle innovazioni provenienti da paesi stranieri. Nel Novecento la lunga tradizione di restauro non meramente antiquariale ha raggiunto una sintesi con l'istituzione dell'Istituto Centrale per il Restauro di Roma e dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze. Questi due Centri pubblici, di alto livello, diretti da Cesare Brandi e da Umberto Baldini, hanno



permesso all'Italia di raggiungere nella teoria e nella pratica del restauro posizioni di primato nel mondo, e di svolgere un ruolo da protagonista nel dibattito culturale legato alle problematiche del settore.

A partire dagli anni Settanta, grazie anche all'esperienza maturata in Italia e all'estero, si è cominciato a parlare di *conservazione preventiva e manutenzione programmata* come azioni alternative al restauro.

La *conservazione* viene intesa come insieme di pratiche volte a eliminare, o quanto meno a mitigare, le cause del degrado e, quindi, a dilazionare e limitare gli interventi di restauro.

All'estero, ed in particolar modo nel mondo anglosassone, viene affrontata e codificata in modo pragmatico e normativo, attraverso pubblicazioni destinate in primo luogo ai conservatori per definire linee d'azione e standard museali.

Inoltre questa conservazione, attuata su intere raccolte di opere d'arte, viene preferita perché più economica rispetto ad azioni effettuate sui singoli manufatti, i quali, non subendo danneggiamenti, mantengono inalterato il loro valore ed anche il loro prezzo: non si deve dimenticare che all'estero i musei e le maggiori raccolte d'arte sono gestiti da singoli privati o da fondazioni.

In Italia la problematica inerente questo tema vede la contrapposizione dei fautori della conservazione, spesso intesa come alternativa al restauro, con i sostenitori del restauro a tutti i costi.

Il confronto tra queste posizioni, se da un lato ha alimentato polemiche, dall'altro ha condotto alla definizione di un *progetto integrato* che lega tra loro la *conservazione*, la *manutenzione programmata* e il *restauro*.

Schematizzando, il *progetto di conservazione preventiva* prescrive come le opere d'arte debbano essere conservate in condizioni ambientali favorevoli; il *progetto di manutenzione programmata* definisce gli interventi di controllo periodici e pianificati, che possono consistere anche in normali spolverature, volti a prevenire i fenomeni di degrado; il *progetto di restauro*, infine, si attua per recuperare gli inevitabili danni provocati dal tempo. Quest'ultimo, a sua volta, si articola in una sequenza di fasi interconnesse: prima la conoscenza dei materiali acquisita attraverso indagini diagnostiche e la ricerca storico-artistica, poi la pianificazione dell'intervento, quindi il progetto di manutenzione programmata e quello di ricollocazione.

A questo si affianca la comunicazione dei dati relativi al progetto e la possibilità di vedere l'azione nel momento in cui viene effettuata, sia attraverso forme multimediali che mostre a intervento compiuto.

Tutte queste fasi richiedono l'apporto delle diverse discipline scientifiche; in particolare, l'attività iniziale di ricerca riceve un notevole contributo dalle indagini diagnostiche strumentali.

## **IL CROCIFISSO DEPOSTO DELLA CHIESA DI SAN MARTINO DI TIFI A CAPRESE MICHELANGELO (Prof. Giovanni Valbonetti)**

### **La tipologia dei crocifissi deposti e il crocifisso di Tifi**

Nel Medioevo le celebrazioni delle principali feste cristiane si traducevano in vere e proprie rappresentazioni sacre con uso di simulacri, immagini, macchine, e la partecipazione di attori. Ancora oggi in alcune regioni italiane come la Sardegna, la Sicilia, l'Umbria e i territori limitrofi, queste manifestazioni persistono soprattutto in occasione dei riti pasquali.

In particolare, nel Venerdì Santo si celebrano le processioni del Cristo morto, nel corso delle quali un suo simulacro, di norma un Cristo ligneo snodabile, viene staccato dalla croce e deposto nel sepolcro: anche nel nostro territorio si conservano crocifissi di questo genere che arrivano fin al XIX secolo.

La storia dei crocifissi snodabili risale al XIV secolo, quando tali sculture lignee iniziano a diffondersi in Umbria, soprattutto in terra di Assisi e nel folignate, rispondendo ad esigenze devozionali e di rappresentazione sacra: in questo contesto la deposizione di un crocifisso snodabile è il più alto memoriale della Passione di Cristo.

Il Crocifisso della chiesa di San Martino di Tifi in Caprese Michelangelo rientra in questa tipologia. La sua datazione è riconducibile al XVIII secolo, intorno al 1730; è costituito da legno di tiglio, tela, corda e ferro, con misure di 250 x 110 cm. ed è in uno stato di conservazione mediocre.

Come è possibile riscontrare dalle immagini, quando l'opera è stata consegnata all'Istituto d'Arte per il restauro risultava quasi completamente integra nella parte lignea, eccetto alcune dita, metà del piede sinistro, parte della testa e del polpaccio; si rilevavano anche delle sconessioni nei punti di incollaggio. La Croce appare ridimensionata ed è sicuramente più recente del Cristo.

Lo stato di preparazione era mediamente buono, ma si riscontravano cadute di colore, più evidenti sotto le braccia, dovute all'esposizione a fonti di calore.



*Crocifisso deposto della chiesa di S. Martino di Tifi (Caprese Michelangelo) prima e dopo il restauro*

L'adesione tra preparazione e film pittorico era pessima per l'eccesso di colla impiegato che aveva causato la presenza di craquelure su ventre, braccia e gambe. L'opera è composta dal Cristo in 12 parti, dalla croce in 4 pezzi, da chiodi di metallo e perni di legno per gli snodi.

Per il restauro del manufatto sono state eseguite delle indagini non invasive, tali da non compromettere ulteriormente lo stato già degradato dell'opera. Queste sono ascrivibili alla metodica diagnostica più avanzata applicata ai manufatti artistici dorati o policromi; in particolare si è trattato di riflettografia in infrarosso e in falso colore, fluorescenza U.V. e osservazione a luce radente.

Nell'incarnato della figura si è rilevata la presenza di un film superficiale giallastro, su cui sono stati effettuati saggi di pulitura con acetone, riscontrandovi la presenza di olio, i cui accumuli, possibile causa dello sfogliamento del colore,

erano presenti soprattutto nel ginocchio sinistro, sia sullo strato pittorico che sulla preparazione.

Dalle indagini diagnostiche è emerso che la preparazione è molto spessa, mentre la pellicola pittorica è molto fine; in alcune parti, con osservazione a



*Il Cristo deposto: tronco, braccia e frammento della gamba sinistra*



*Particolare con saggi di pulitura*



*Particolare della spalla destra con evidenti lesioni e sollevamenti*

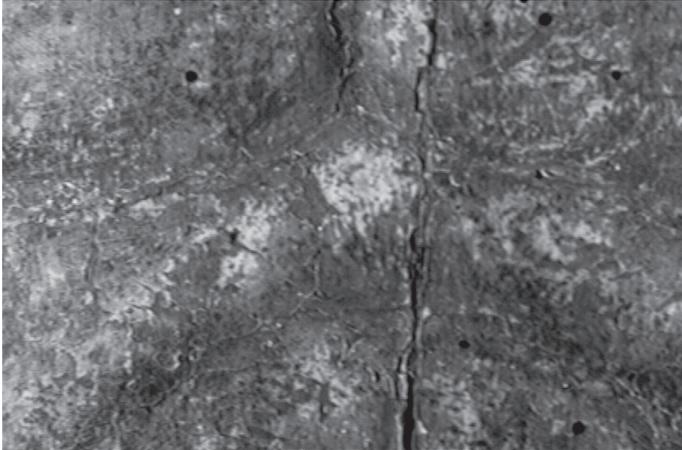
luce radente, si nota che il sollevamento della pittura ha strappato la preparazione.

Il pigmento blu del perizoma ha una granulosità grossolana ed è trasparente all'infrarosso, quindi non può essere azzurrite, ma è pasta vitrea colorata e



*Vista del tronco in UV: sono evidenti le cadute di colore (bianco) e la fluorescenza dovuta alle stesure di olio di lino*

macinata; vi si notano anche tracce delle decorazioni in oro applicate con missione a olio.



*Particolare del costato in UV: sono visibili le lacune di colore (chiaro) e le cadute di colore preparazione (viola – nero)*



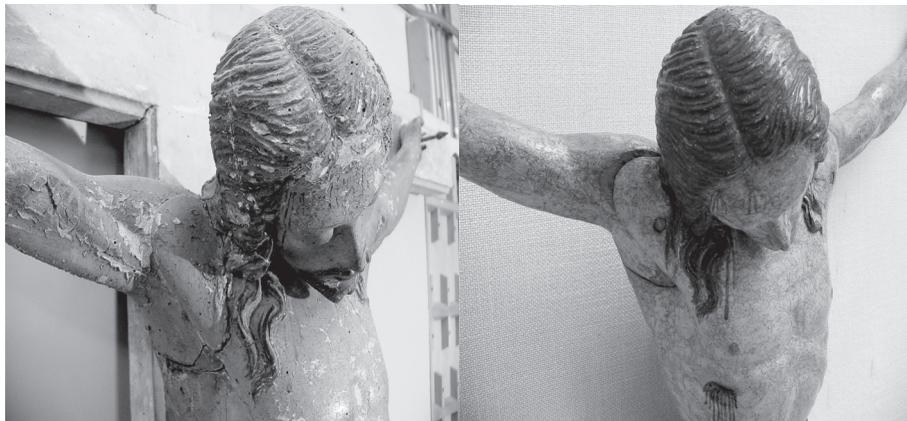
*Volto del Cristo in fluorescenza UV: le parti bianche corrispondono alle aree con caduta del colore, le zone brune sono date dal pigmento e dal collante*

Il pigmento del sangue sulle braccia sembra diverso da quello riscontrato sul ventre: invece che arancione, in falso colore, esso appare più verdastro ed è meno trasparente agli infrarossi: la conclusione dedotta è che c'è stata aggiunta di una terra rossa.

Il colore della barba è un rosso scuro che all'infrarosso appare opaco, mentre in falso colore risulta verde: ciò denota la presenza di ossido di ferro.

La pittura della croce è celeste e risulta opaca agli infrarossi: l'azzurro è stato mescolato con nero e bianco di piombo.

Effettuando l'indagine U.V. su tre diverse lacune abbiamo notato tre tipi di fluorescenza dovuti ai diversi materiali utilizzati: quella gialla si ha dove sono presenti pigmento e collante; quella bianca dove si hanno lacune di colore; quella viola-nero dove la caduta del colore è totale e parziale è la caduta della preparazione.



*Vista prima e dopo l'intervento*

### **Riflessioni sul restauro del crocifisso (Studentessa Sonia Chiribini, classe V AL)**

L'esperienza del restauro del Cristo deposto della chiesa di San Martino di Tifi in Caprese Michelangelo ha impegnato un numero ristretto di studenti delle classi IV e V AL dell'anno scolastico 2004/2005 e delle classi III e V AL di questo anno scolastico; io vi ho preso parte in entrambi i periodi.

Già prima dell'avvio dei lavori ho provato un grande entusiasmo per l'opportunità che mi si presentava di mettere in pratica un procedimento di restauro che conoscevo solo a livello teorico.

Quando il professore Giovanni Valbonetti ci ha presentato l'opera appena ritirata dalla chiesa di provenienza, ho notato l'evidente stato di degrado e quanto ne fosse compromessa la struttura a causa della cattiva conservazione; subito mi sono resa conto che sarebbe stato molto difficile recuperare l'opera in tutta la sua bellezza, ma non mi sono scoraggiata.

In realtà un'operazione di restauro così impegnativa rappresentava per me e per i miei compagni un'occasione di sfida e di grande apprendimento. Via via che il lavoro procedeva sotto la guida dell'insegnante dovevamo affrontare fasi estremamente complesse che necessitavano di attenzione e precisione costanti: non ci era permesso di sbagliare!

Spesso le nostre previsioni, sia a livello di tempi che di soluzioni per il recupero, erano smentite da imprevisti che arrivavano puntualmente a intralciare il processo, costringendoci a ripensamenti sui modi, sulle indagini da compiere o su una particolare tonalità di colore da trovare.

Il percorso didattico diventava per noi tutti coinvolgente, in particolare per me, che mi sono trovata a trascorrere interi pomeriggi per reintegrare le cadute di colore del corpo del Cristo usando la tecnica del tratteggio, la quale richiede particolare fermezza della mano nell'uso del pennello, affinché l'integrazione non risulti una macchia compatta e sia possibile riconoscere la parte restaurata da quella originale.

Dopo avere terminato questa fase non rimaneva che applicare uno strato protettivo costituito da resina dammar sciolta in etere di petrolio. A questo punto il lavoro poteva considerarsi concluso.

Per me questa esperienza è stata importante ed è riuscita a darmi molte soddisfazioni: mai avrei creduto che vedere il Cristo restaurato mi potesse far sentire così gratificata e fiera per aver contribuito, con la guida dell'insegnante di restauro, Giovanni Valbonetti, a riportare alla luce una così bella opera d'arte e a restituire ai fedeli di San Martino di Tifi il Crocifisso che per molte generazioni è stato oggetto di devozione.

## Liceo Città di Piero\*

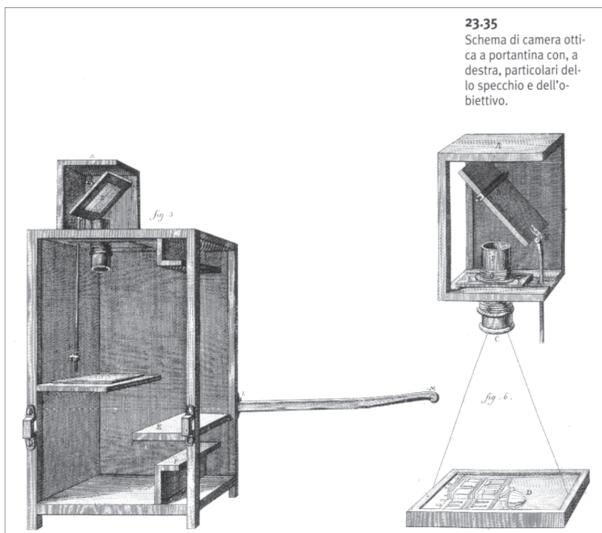
### Il Vedutismo tra arte e tecnica

Come il '500 è stato il secolo della Riforma Luterana, il '600 è stato il secolo della Contro-riforma Cattolica. La predicazione dei nuovi ordini religiosi dei Gesuiti e dei Filippini era un mezzo per divulgare la dottrina religiosa e per diffondere tra i fedeli le idee controriformistiche e non poteva non influenzare la produzione

artistica. L'arte assume quindi in questo periodo un ruolo determinante e fa da tramite, per sensibilizzare e toccare con efficacia e immediatezza l'animo semplice dei fedeli. Il '600 artistico deve sapere sedurre e commuovere, al fine di conquistare il gusto non più attraverso l'armonia e la razionalità rinascimentale, ma piuttosto suscitando forti emozioni; solo nel corso del '700 questa concezione sarà superata e si affermerà un'arte influenzata dalla cultura illuministica e quindi più razionale.

Con la definizione di "vedutismo" si è soliti indicare un particolare genere pittorico nel quale si rappresentano vedute prospettiche di paesaggi o di città. Queste possono essere di fantasia, come avveniva di solito in epoca rinascimentale e barocca, o riprese dal vero, come sempre più frequentemente si verifica nel corso del XVIII secolo.

In questo periodo, la cultura illuminista ha dato nuovo impulso allo studio della geometria e dell'ottica, il che ha consentito evidenti progressi anche nel campo della prospettiva e delle sue applicazioni. Il vedutismo settecentesco concentra pertanto la propria attenzione su soggetti architettonici cittadini, nei quali, meglio



che nei paesaggi, potevano essere messe in evidenza tecniche rappresentative tendenti a una restituzione sempre più scientificamente vicina al vero. Non è dunque un caso che proprio nel XVIII secolo giunga alla massima diffusione la cosiddetta camera ottica che, nota già verso la fine del Cinquecento, viene comunque perfezionata in modo tale da diventare di uso molto semplice e generalizzato.

La camera ottica è, per certi aspetti, l'antenata della nostra macchina fotografica in quanto, tramite un sistema di lenti mobili (obiettivo), proietta al proprio interno l'immagine capovolta del soggetto sul quale viene puntata. Solo che al posto della moderna pellicola vi è, in relazione ai modelli, o una lastra di vetro smerigliato o il foglio da disegno sul quale ricalcare l'immagine riflessa.

Il modello più completo di camera ottica consiste in una specie di portantina, trasportabile da due addetti per mezzo di stanghe. Alla sommità della camera uno specchio, regolabile dall'interno per mezzo di un'asta metallica, proietta, su un foglio di carta, tramite un obiettivo, la veduta da riprodurre. Il vedutista, da parte sua, entra all'interno della camera e si siede al buio sul un ripiano. L'immagine che gli appare proiettata sul foglio, è la proiezione prospettica esatta del soggetto riflesso dallo specchio attraverso l'obiettivo, per cui, ricalcandola, egli sarà sicuro di aver ottenuto la rappresentazione più scientificamente simile all'originale.

Un secondo modello di camera ottica che, per la sua maneggevolezza potremmo definire da passeggio, consiste invece in una cassetina di legno di dimensioni non superiori a quelle di una grossa scatola da scarpe.

Non diversamente da una moderna macchina fotografica, tale camera era dotata frontalmente di un obiettivo che, una volta puntato sul soggetto, lo rifletteva su uno specchio interno inclinato di 45 gradi che, a sua volta proiettava di nuovo il soggetto capovolto su un vetro smerigliato. Ponendo un foglio di carta sottile sul vetro e coprendosi con un panno nero, per attenuare il riverbero della luce esterna, era possibile ricalcare per trasparenza l'immagine prospettica del soggetto prescelto.

L'erudito settecentesco Francesco Algarotti scrive al riguardo che, non entrando nella camera ottica e «altro lume fuorché quello della cosa che si vuoi ritrarre, la immagine ne riesce di una chiarezza e di una forza da non dirsi. Niente vi ha di più dilettevole a vedere e che possa essere di più utilità, che un tal quadro. E lasciando stare la giustezza dei contorni, la verità nella prospettiva e nel chiaroscuro, che né trovarsi potrebbe maggiore né concepirsi, il colore è di un vivo e di un pastoso insieme che nulla più».

Tale entusiastica descrizione, del resto, possiamo sperimentarla ogni volta che avviciniamo l'occhio al mirino di una macchina fotografica.

L'immagine che ci si presenta è la perfetta riproduzione prospettica della realtà che stiamo inquadrando. Se solo immaginassimo di poter disporre di un mirino più



grande, tale da consentirci di appoggiarvi sopra un foglio trasparente, saremmo anche noi in grado di ricalcare una prospettiva che, in ogni sua parte, sarebbe senza dubbio più vicina alla perfezione di quella costruibile geometricamente da qualsiasi artista.

A questo punto non è difficile comprendere come l'adozione generalizzata della camera ottica abbia mutato, se non addirittura sconvolto, il modo di dipingere del XVIII secolo.

Infatti, la perfezione della rappresentazione e la relativa semplicità del procedimento per ottenerla hanno fatto sì che l'attenzione degli artisti si concentrasse sempre di più su ciò che, in precedenza, era stato spesso tralasciato. Ci riferiamo alle architetture dal vero, per esempio, che per la prima volta assumono la dignità di veri e propri soggetti artistici.

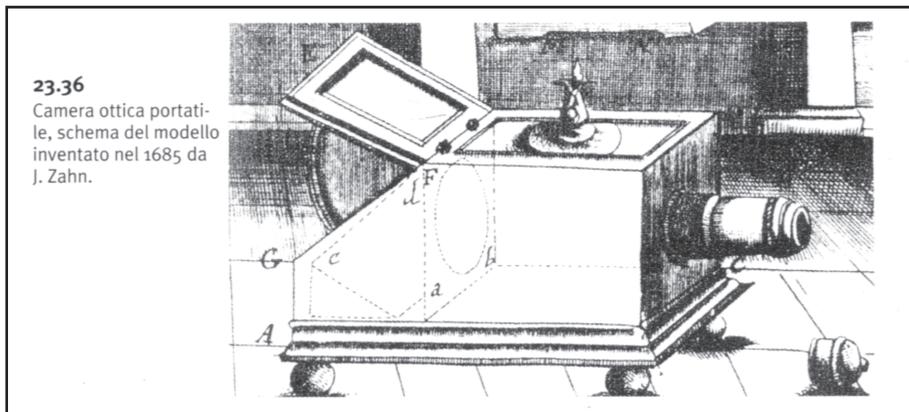
È così, perciò, che case, strade, chiese, piazze e rovine cessano di essere semplici sfondi sui quali si svolgono le azioni dei personaggi principali, ma diventano esse stesse protagoniste autonome.

Affinché ciò avvenga, si abbandonano le finzioni ottiche e i trucchi scenografici cari alla tradizione barocca e si privilegiano visioni prospettiche il più aderenti possibile alla realtà. In questo modo il vedutismo, forte dell'ausilio tecnico delle camere ottiche, sale alla ribalta come uno dei generi più richiesti. Ciò è vero soprattutto per quel che riguarda Venezia che, nonostante l'ormai rovinoso declino politico ed economico verso il quale si era avviata, continua a essere uno dei centri più frequentati dalla mondanità intellettuale di tutta Europa e una veduta della città diventa il souvenir, tra i più preziosi, da acquistare alla

fine di un viaggio. La particolare struttura della città, ricca di colori e di scorci imprevedibili, favorisce, insieme al crescente diffondersi della cultura illuministica, lo sviluppo di una vera e propria scuola veneziana di vedutismo. Ad essa non appartengono solo artisti come il Canaletto o il Guardi ma anche una vasta schiera di imitatori di minor talento, che comunque contribuì a fare del vedutismo uno dei generi pittorici più diffusi e apprezzati del secolo.

La camera ottica è l'anticamera della macchina fotografica. Difatti la prima ripresa venne realizzata nel 1827 dal francese Nicéphore Niépce. Si trattava di una camera ottica che al posto del vetro smerigliato aveva un lastra di peltro di 165x205mm.

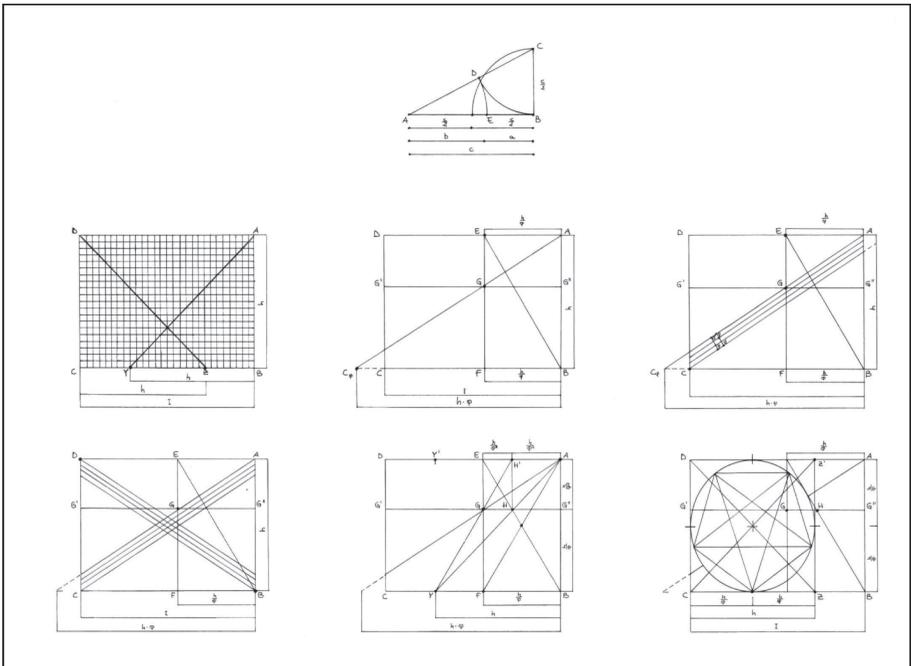
La fotografia richiese otto ore di esposizione e rappresenta il panorama visibile dal laboratorio di Niépce, essa costituisce il primo esempio di ripresa diretta dal vero senza alcun intervento umano.



\*Il lavoro di ricerca è stato svolto dalla classe IV C del Liceo scientifico . Sono intervenuti Mirko Capocchetti e Marta Chiasserini. Docente coordinatore: Prof. A. Maria Varna.

## Ottica e Commensuratio

Piero compose due opere sulla teoria e sulla pratica della prospettiva: il *De prospettiva pingendi* e il *Libellus de quinque corporibus regularibus*: la prima, dedicata a Federico da Montefeltro, si trova nella Biblioteca Palatina di Parma, ed è un'opera sistematica sulla prospettiva; del resto, Piero ci fornisce una chiara e sintetica esposizione di cosa intendesse per prospettiva nell'incipit dei libri I e III: "La pictura contiene in se tre parti principali, quali diciamo essere disegno, communsuratio et colorare. Commensuratio diciamo essere essi profili et contorni proporzionalmente posti nei luoghi loro. De le quali tre parti intendo tractare solo de la commensurazione, quale diciamo prospettiva. Me pare de dovere mostrare quanto questa scientia sia necessaria alla pictura. Dico che la prospectiva sona nel nome suo commo dire cose vedute da lungi

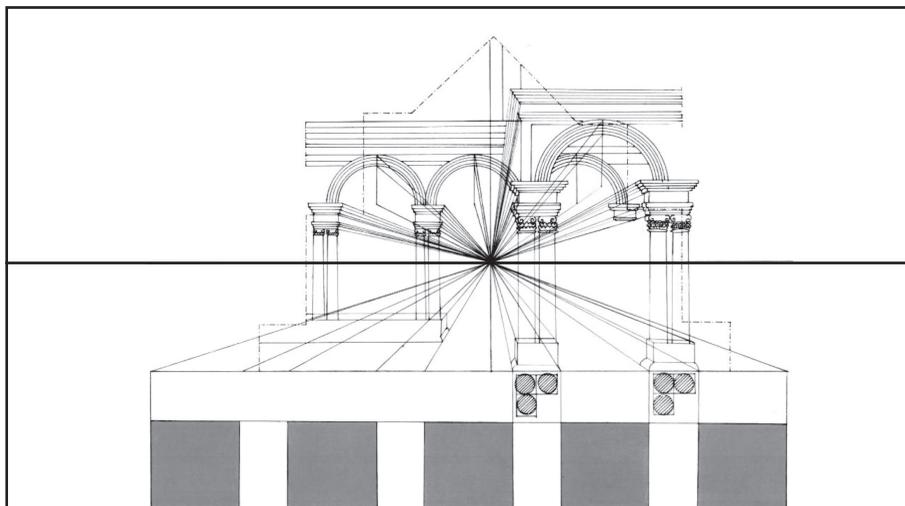


rapresentate socto certi dati termini con proporzione, secondo la quantità de le distante loro senza de la quale non se po' alcuna cosa degradare giustamente”.

Come è possibile rilevare dal *Libellus*, la formazione culturale di Piero è essenzialmente matematica, nutrita dall'applicazione dei teoremi geometrici. In questo trattato espone le regole per la misurazione dei corpi che, secondo lui, possono essere riconducibili ai cinque corpi regolari: cubo, piramide, ottaedro, dodecaedro, icosaedro.

Una teoria molto pubblicizzata sostiene che i pittori del XV sec. avessero raggiunto un nuovo grado di realismo servendosi di lenti e specchi. È facile intuire come funziona la proiezione con gli specchi su una tela. Uno specchio concavo proietta un'immagine capovolta di un soggetto su uno schermo posto ad una certa distanza da uno specchio. Immaginiamo uno specchio concavo come sezione di una sfera: la distanza focale di uno specchio così ottenuto è pari alla metà del raggio.

La distanza focale è la distanza tra lo specchio e il punto in cui si incontrano i raggi luminosi riflessi. Con semplici calcoli è possibile trovare la relazione che esiste tra il soggetto, lo specchio e l'immagine proiettata, e così stabilire dettagli sulla posizione della superficie riflettente e sulla relativa distanza focale.



\*Il lavoro di ricerca è stato svolto dalla classe IV B (a.s. 2005/05) del Liceo scientifico. Sono intervenuti: Matteo De Bennassuti, Laura Pamdolfi e Alice Peverini. Docenti referenti: Professoressa Marinella Acquisti e Nicoletta Cosmi.

**SERIE QUADERNI DELLA VALTIBERINA TOSCANA**

- Q. n. 1 *Multimedialità e didattica*. Atti del Seminario svoltosi a Sansepolcro l'8 maggio 1998, L'Artistica, Lama, 1999
- Q. n. 2 *Ogniuomo*. Traduzione e adattamento teatrale (24 marzo 1999) di Luisanna Alvisi: dall'opera *Everyman* di Anonimo inglese della fine del XV secolo, L'Artistica, Lama, 2000
- Q. n. 3 *Scuola e territorio*. Atti del Convegno svoltosi a Sansepolcro il 6 e il 7 aprile 2000, L'Artistica, Lama, 2001
- Q. n. 4 *Amintore Fanfani e l'età del Centro-sinistra*. Atti del Convegno svoltosi a Sansepolcro il 20 e 21 gennaio 2000, Stab. Arti Grafiche, Sansepolcro, 2001
- Q. n. 5 *Scuola, mercato e nuove tecnologie*. Atti del Convegno svoltosi a Sansepolcro, il 4 e 5 aprile 2001, L'Artistica, Lama, 2002
- Q. n. 6 *Arriva l'Euro*. Atti del Seminario svoltosi a Sansepolcro il 6 dicembre 2001, L'Artistica, Lama, 2002
- Q. n. 7 *Project Comenius, Building together a Europe of peace and democracy*, Stab. Arti Grafiche, Sansepolcro, 2003
- Q. n. 8 *Giorgio Alberti, Francesco, Giotto, Dante e le origini del genio italico*, Stab. Arti Grafiche, Sansepolcro, 2003
- Q. n. 9 *Giovani e Adulti: prove d'ascolto*. Atti del Convegno svoltosi a Sansepolcro il 5 e il 6 aprile 2002, Stab. Arti Grafiche, Sansepolcro, 2003
- Q. n. 10 *Per un sistema formativo integrato. Scuola dell'autonomia ed Enti locali*, Seminario svoltosi ad Arezzo il 24 gennaio 2003, L'Artistica, Lama, 2003
- Q. n. 11 *Luisanna Alvisi Fabbri, Ragazza Ebraica*, Musical in 1 atto, con un saggio sull'identità ebraica di R.G. Salvadori e una testimonianza di Angelica Livné Calò, L'Artistica, Lama, 2004
- Q. n. 12 *Vittorio Gazerro, Insegnare lingua italiana. Plurilinguismo in contesti multimediali. Il caso Svizzera*, L'Artistica, Lama, 2004
- Q. n. 13 *Ecologia del paesaggio*, a cura di Massimo Barbagli, L'Artistica, Lama, 2004
- Q. n. 14 *Enzo Papi, Insegnare per educare. Il mondo in classe*, L'Artistica, Lama, 2005
- Q. n. 15 *Orientare perché*, a cura di Matteo Martelli, L'Artistica, Lama, 2005
- Q. n. 16 *Mario Pancrazi, Fra Luca Pacioli e il fascino delle «matematiche»* a cura di Francesca Buttazzo, L'Artistica, Lama, 2005
- Q. n. 17 *A scuola di poesia*, a cura di A. M. Blasi e F. Romolini, L'Artistica, Lama, 2006
- Q. n. 18 *Democrazia e informazione*, a cura di Matteo Martelli, L'Artistica, Lama, 2006
- Q. n. 19 *Le Scienze, le Arti*, a cura di Matteo Martelli, L'Artistica, Lama, 2007

**VARIE**

1. *Una testimonianza per Piero*. Annuario del Liceo Scientifico “Piero della Francesca”, a.s. 1990/1991, Stab. Arti Grafiche, Sansepolcro, 1991
2. *Progetto Giovani '93. Un foglio in libertà alla ricerca di interpreti*, ITC “Fra Luca Pacioli”, a.s. 1991/1992, L' Artistica, Lama, 1992
3. *Nello spazio d Piero*, a c. di Pino Nania, Stab. Arti Grafiche, Sansepolcro, 1993
4. *Seminarium*, Annuario dell' ITC “Fra Luca Pacioli”, a.s. 1993/1994, L' Artistica, Lama, 1994
5. *PEI - ANNUARIO*, Liceo Scientifico “Piero della Francesca”, a.s. 1994/1995, Stab. Arti Grafiche, Sansepolcro, 1995
6. *1947 - 1997, Cinquant'anni di Liceo Scientifico Statale in Sansepolcro*, a.s. 1996/1997, Stab. Arti Grafiche, Sansepolcro, 1997
7. *Il diploma e poi?* Atti del Convegno sul post-diploma tenutosi a Sansepolcro l' 11 e il 12 aprile 1997, L' Artistica, Lama, 1998
8. *Regolamento d' Istituto - Liceo “Città di Piero”*, Compugraf, Sansepolcro, 2000; L' Artistica, Lama, 2003
9. *Carta dei Servizi - Liceo “Città di Piero”*, Compugraf, Sansepolcro, 2000; L' Artistica, Lama, 2003
10. *Cinquant'anni di liceo a Sansepolcro*. Annuario del Liceo “Città di Piero”, a.s. 2003/2004, L' Artistica, Lama, 2004
11. “Bibliomedia”, nn. 0,1,2,3,4,5,6,7,8 - CTS Grafica, Cerbara Città di Castello (PG); 2001-2002-2003-2004-2005 - N. 9 - 10 - 11 - 12 - L' Artistica, Lama, 2005-2006-2007.
12. *Le ragioni della memoria. Viaggio ad Auschwitz*, a cura di Matteo Martelli, Stab. Arti Grafiche, Sansepolcro, 2005