

**DAL VOLUMEN AL LIBRO, DAL CODEX ALLO SCHERMO:
SAGGIO SULLE INTERRELAZIONI TRA I SUPPORTI DELLA SCRITTURA
E LE CONCEZIONI FISICO-FILOSOFICHE DELLO SPAZIO
NELLA STORIA DELLA CULTURA OCCIDENTALE¹**

Francisco Caruso & Roberto Moreira Xavier de Araújo

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF/CNPq
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150
22290-180 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

I. Introduzione

“*La pensée, lorsqu’elle se formule en système, implique une image ou, mieux, une conception du monde et se situe par rapport à elle*”, scrisse Koyré, convinto “*de l’unité de la pensée humaine, particulièrement dans ses formes les plus hautes*”¹.

Leggere e scrivere — in quanto rappresentazioni del pensiero e della conoscenza umana — sono, perciò, atti inseparabili dal *pensare*, che presuppongono, formalmente, una concezione spazio-temporale e, materialmente, l’esistenza di un supporto della scritta, che può essere: il *volumen*, il *codex*, il *libro* o lo *schermo del computer*. Viceversa, una data filosofia dello *spazio* e del *tempo* e un tipo particolare di mezzo per diffondere i testi scritti, vigenti in un certo periodo storico, creano, di per sé, dei vincoli sullo sviluppo del pensiero filosofico, scientifico, metafisico, artistico e religioso.

In mezzo alla diversità di sentieri che si biforcano a partire da questa intricata dipendenza (quasi circolare), possiamo prendere il cammino che converge ad una questione meno complessa, ma ugualmente affascinante: quando un particolare mezzo materiale per la scrittura notabilmente si sovrappone ad altri, in una certa epoca, questo fatto, in qualche modo, è frutto di cambiamenti profondi della concezione dello spazio e del tempo, oppure è esso che crea le basi di questi cambiamenti?

In realtà, qualunque tentativo di rispondere a questa domanda senza restringere ulteriormente la sua portata deve ponderare, innanzi tutto, la pluralità di tipi fondamentalmente diversi di esperienze spazio-temporali e, in seguito, cercare di analizzare l’impatto di tutti questi livelli di concezioni dello spazio e del tempo — *spazio e tempo organici* (o dell’azione), *spazio simbolico*, *spazio percettivo* e *spazio astratto*, utilizzando la nomenclatura di Cassirer² — sulle *forme della cultura umana*. Secondo Cassirer, l’analisi di queste forme di culture serve “*a scoprire il veritiero carattere dello spazio e del tempo nel nostro mondo umano*”.

Sebbene questo programma, in tutta la sua generalità, sia ovviamente inesequibile, è possibile, in certi casi, stabilire le relazioni storico-filosofiche tra alcuni aspetti di una cultura e la concezione spazio-temporale che vi è prevalente. È questo presupposto il punto di partenza di un’analisi più eseguibile, che pretende delineare quali sono, nel contesto della Storia della Cultura Occidentale, le principali interrelazioni tra i cambiamenti del supporto materiale della scrittura e lo sviluppo delle teorie dello spazio e del tempo. In questo saggio, però, ci restringiamo agli aspetti *fisico-filosofici delle teorie dello spazio*, anche se possono

* *Dialoghi: Rivista di Studi Italici*, vol. I, n. 1/2, pp. 135-158 (1997).

esserci importanti vincoli tra la *Storia della Scrittura*³ ed altre forme di spazi, percettivo e simbolico, come, ad esempio: lo spazio urbano, lo spazio geografico, lo spazio politico, lo spazio sacro, lo spazio grafico, lo spazio letterario *etc.*

Soffermiamo lo sguardo su quelli che sono, a nostro avviso, i quattro principali periodi della *Storia della Scrittura*: l'invenzione della *scrittura alfabetica*; l'introduzione del *codex*; l'invenzione della *stampa* e, infine, la diffusione dello *schermo*, metonimia del computer.

II. L'adozione della Scrittura Alfabetica dalla Filosofia Greca, lo Spazio Geometrizzato da Platone e il *Topos* di Aristotele

Nella Storia della Civiltà Greca due grandi fasi possono essere segnalate. La prima, predominata dalla oralità, è il mondo della poesia declamata, il mondo di Omero; la seconda, segnata dalla affermazione della scrittura, è l'universo della filosofia, l'universo di Platone. Sebbene questa divisione possa sembrare una mera semplificazione — poiché le trascrizioni alfabetiche dei testi di Omero possono essere viste come “*l'inizio di un rapporto tra l'orale e lo scritto, rapporto che si dimostrò fecondo*”⁴ —, ci rimette, in realtà, alla distinzione platonica tra *dóxa* e *episthē/mē*⁵, che ebbe un ruolo fondamentale nella disseminazione della parola scritta, per mezzo del *volumen*, come vedremo.

Eric Havelock afferma che la distinzione essenziale tra il discorso orale e quello scritto può essere riassunta nella caratteristica *concettuale* del secondo:

*“La parola illetterata favorì il discorso descrittivo della azione; la postletterata cambiò l'equilibrio in favore della riflessione. La sintassi del greco cominciò ad adattarsi ad una possibilità crescente di enunciare proposizioni, al posto di descrivere avvenimenti. Questa fu la traccia fondamentale del legato dell'alfabeto alle culture postalfabetiche”*⁶.

Dalla possibilità di costruire proposizioni subordinate e sillogismi risultò un progressivo cambiamento della sintassi del greco e uno sviluppo della logica nelle culture postalfabetiche. È di questa caratteristica essenziale della scrittura che si appropriò Platone, per segnare l'inizio della *valorizzazione della geometria*, e Aristotele, per segnare l'inizio della *formalizzazione della logica*: entrambi i processi contribuirono all'*universalizzazione delle lettere*.

Infatti, a partire dall'invenzione dell'alfabeto, la tradizione scritta gradualmente si oppone alla tradizione poetico-orale e assume un ruolo decisamente nuovo nella Cultura Greca con la filosofia di Platone, che costituisce il fondamento di una nuova visione dell'Uomo, del Mondo e della Cultura, strutturata a partir dalla Geometria, cioè, da una concezione radicalmente nuova dello spazio, che si contrappone alle rappresentazioni spaziali caratteristiche dei miti e delle pratiche religiose⁷. La Geometria, dato il suo carattere logico-formale (ipotetico-deduttivo), presuppone una sintassi adattata ad enunciare proposizioni; cioè, dipende dalla scrittura in quanto capacità di elaborare concetti. In realtà, il pensiero *more* geometrico, legato ad un ideale d'intelligibilità, trascende, nella cultura greca, il problema della *physis* e abbraccia, anche, il pensiero sociale e politico di allora⁸. Comunque, possiamo dire che, malgrado il ruolo centrale dei solidi regolari e della loro geometria nella filosofia platonica, la matematica greca trascurò la geometria dello spazio in favore della geometria del piano⁹. Infatti, lo stesso Platone lamentava questo fatto e, più tardi, negli *Elementi* di Euclide soltanto gli ultimi tre Libri, su un totale di tredici, furono dedicati alla geometria dello spazio. D'altra parte, vale la pena ricordare, con Max Jammer, che “*non è*

forse errato supporre che l'oscuro e vago linguaggio del *Timeo* contribuì ad impedire che il concetto di spazio divenisse un soggetto di ricerca strettamente matematica”¹⁰.

Platone intendeva identificare i corpi fisici con il mondo delle forme geometriche: i corpi sarebbero una regione di spazio vuoto limitata dai contorni geometrici¹¹. Il mondo perfetto delle idee, in cui la *physis* viene rappresentata, è il mondo della geometria: è la “prima geometrizzazione della fisica”. Questo punto è rilevante per la nostra analisi, come vedremo, sia perchè — sebbene la concezione platonica di spazio sia stata respinta da Aristotele — il *Timeo* verrà sostituito dalla *Fisica* soltanto nel dodicesimo secolo, sia perchè Galileo si ispira all'ideale geometrico di Platone.

Insomma, dal punto di vista epistemologico, il programma platonico di valorizzare la scienza, l'*episthēmē*, e di combattere l'opinione, la *dóxa*, porta, simultaneamente, alla sedimentazione del pensiero geometrico — il mondo delle *forme* — e alla critica severa della cultura orale, rappresentata e dai Sofisti e dai Poeti.

Il discorso scritto passa ad acquistare, dunque, uno *status* obbiettivo, tramite la stabilità del testo, immagine del pensiero originale; d'altra parte, introduce una componente soggettiva, cioè, la flessibilità dell'interpretazione, specchio dei lettori. Questa nuova *architettura del linguaggio* apre nuove e irreversibili prospettive per la filosofia, che vengono riflesse nella grande sintesi dell'Opera di Aristotele e, inoltre, nel susseguente insegnamento della filosofia e di altre conoscenze.

Aristotele fu, infatti, il primo a sistemare la conoscenza del mondo ellenico¹²; questo atto di mettere in ordine il pensiero classico era fortemente legato al suo ideale metafisico di Ordine — il *Kosmos*. Forse ispirato da questo ideale, e non per caso, lo Stagirita fu il primo intellettuale a riunire una collezione di libri e ad insegnare, tramite Demetrio di Falereo, discepolo di Teofrasto, il modo di organizzare una biblioteca al re dell'Egitto: la Biblioteca di Alessandria¹³. Questo, senza dubbio, ci induce a riconoscere che la biblioteca non è soltanto un elemento di preservazione dei testi, ma, soprattutto, uno strumento indispensabile alla riflessione e alla sistemazione della conoscenza.

D'altra parte, la logica compie un ruolo fondamentale nel sistema aristotelico. Infatti, per portare avanti il suo progetto, Aristotele ha dovuto abbandonare la dialettica platonica, che, dato il suo carattere essenzialmente critico, non è sufficiente alla costruzione di una conoscenza positiva. “*En vez de ella debe elaborarse un instrumento para el saber que muestre su eficacia en todos los aspectos y no sólo en el crítico; este instrumento u Organon es precisamente la logica*”¹⁴. La logica aristotelica può essere intesa, nel senso tecnico, come equivalente alla logica formale e, nel senso ampio, come una logica materiale. Quest'ultima, in certi aspetti, tange l'ontologia e può essere considerata una *via di accesso alla realtà*¹⁵. Non c'è da stupirsi, perciò, che la questione dello *spazio* venga soprattutto trattata dallo Stagirita, oltre che nella *Fisica*, anche nella *Logica*, più specificamente nelle *Categorie*¹⁶.

Secondo Pierre Duhem, nell'*Organon*, Aristotele concepisce lo spazio come la somma totale di tutti i luoghi occupati dai corpi¹⁷. Nella *Fisica*, però, a rigore, viene sviluppata una teoria del “luogo”, del *topos*, o una teoria delle posizioni nello spazio. Il *topos aristotelico* viene definito su una intelaiatura filosofica ben precisa, che parte dall'ideale di *Kosmos* e dall'*horror vacui*, contempla la possibilità del *movimento* e ammette il *principio di impenetrabilità della materia*. La non accettazione di Aristotele del *vacuo* fa sì che la sua teoria del luogo si contrapponga a quelle atomista e platonica, entrambe incompatibili con la sua fisica.

Dopo aver eliminato la possibilità di interpretare il *topos* come “forma”, come “materia” oppure come “un tipo di estensione contenuta tra le estremità di un corpo”, Aristotele afferma che

“il luogo è (...) il limite, cioè, del corpo contenente (in quanto esso è contiguo al contenuto). E chiamo ‘contenuto’ un corpo che possa esser mosso mediante spostamento.”¹⁸

In un linguaggio moderno, questa definizione di *topos* corrisponde ad una superficie bidimensionale; per Aristotele, la tridimensionalità è un attributo soltanto dei corpi¹⁹.

Anche se si addice al concetto aristotelico di *topos* una discussione più dettagliata, non è l’obbiettivo di questo saggio; comunque, due punti meritano di essere enfatizzati.

Il primo è che, sebbene la dottrina aristotelica non abbia determinato una teoria generale dello *spazio*, essa costituì una chiara e precisa definizione del *luogo*, in contrapposizione ad altre dottrine sviluppate più tardi, come quella stoica, ad esempio, che considerarono lo spazio ampiamente esteso come un concetto più o meno intuitivo. È questo tipo di concezione vaga che dominerà le più diverse dottrine medioevali. In realtà, dopo Aristotele, soltanto Newton stabilì una chiara e precisa definizione dello *spazio*.

Il secondo punto è che lo Stagirita fu obbligato ad ammettere uno spazio non omogeneo, cioè, a definire un tipo particolare di luogo — il *luogo naturale* — delle cose, come conseguenza della sua concezione dinamica del *Kosmos*, che presuppone Dio come atto puro e *causa finalis*. I movimenti verso i luoghi naturali vengono, quindi, spiegati da una certa predestinazione cosmologico-teleologica; in questo modo, la teoria aristotelica del luogo dipende da Dio.

Questi legami di Platone ed Aristotele furono di massima importanza per l’ulteriore sviluppo delle teorie dello *spazio*.

Un altro legato ugualmente importante risulta dallo stabilimento di un *stato mentale letterato* con riflessi diretti sulla funzione del *volumen*. Sono, infatti, i filosofi che, intorno alla critica severa della *cultura orale* operata da Platone e sull’impatto della grande sintesi compiuta da Aristotele, contribuirono a cambiare lo *status* del *Libro*: “*support d’archivage voué à préserver la littéralité des textes des défaillances de la mémoire humaine, le livre est aussi reconnu comme source d’information et de réflexion, lieu d’élaboration du savoir, vecteur de l’enseignement*”²⁰. Sulle nuove prospettive della riflessione filosofica, Christian Jacob aggiunge ancora:

“*Plus généralement, la réflexion philosophique se déploie désormais sur l’horizon des savoirs anciens ou contemporains, mobilisable par la lecture, se prêtant à la citation, au commentaire et à la critique, dans un nouvel espace et une nouvelle temporalité intellectuels.*”²¹

Il *volumen* — per estensione, la biblioteca — diventa, perciò, uno spazio di raccolta di autori diversi e, addirittura, di argomenti diversi, in una nuova temporalità; al diacronismo dei discorsi orali si contrappone il sincronismo dei testi scritti²². Machiavelli, ad esempio, in una lettera a Francesco Vettori, del 12 dicembre 1513, parla del suo piacere in dialogare con gli autori d’altri tempi, chinato sui *testi antichi*²³. La relazione tra autori e libri passa ad essere considerata diversamente, attribuendosi al *libro*, e non all’*autore*, il posto centrale dell’insegnamento:

“*Books are the teachers, not their authors. The conversation is held with books, not their authors. In them the author is present. This apparent presence is expressed by pictures of authors common in medieval manuscripts.*”²⁴

Insomma, l'invenzione della scrittura alfabetica rappresentò un drastico cambiamento nelle tecniche di comunicazione che se ripercosse su vari aspetti della cultura, dal momento in cui permise il sistema di Platone e la sintesi di Aristotele; ma, oltre a ciò, segnò una notevole rivoluzione nel modo di pensare. In effetti, la tradizione orale e poetica, prealfabetica, caratterizzata dalla *paratassi* — denominata genericamente da Havelock di “*stato mentale orale*” —, “*costituiva il principale ostacolo al razionalismo scientifico, all'uso dell'analisi, la classificazione della esperienza, alla sua nuova sistemazione nella sequenza di causa ed effetto. Ecco perché la disposizione mentale poetica costituisce per Platone l'arcinemico*”²⁵. È questo *stato mentale orale* che Platone associa alla *dóxa*, considerata un impedimento al discorso scientifico — all’*episthē/mē* —, associato alla cultura alfabetica, all’*ipotassi*.

In altre parole, possiamo sintetizzare i cambiamenti di questo ricco periodo della Storia della Cultura Occidentale utilizzando le stesse parole con cui Koyré si riferisce alla Rivoluzione Scientifica del Seicento, la quale implica e necessita “*la refonte (...) de notions fondamentales, celles du mouvement, de l'espace, du savoir et de l'être.*”²⁶

In questo modo, si vede che un progetto di ricerca la cui pretesa è capire il vero significato delle dottrine platonica e aristotelica dello spazio, senza tener conto dei grandi cambiamenti nelle forme di pensiero, relazionati all'invenzione della scrittura alfabetica, è un progetto predestinato all'insuccesso.

III. Il Codex e la Verticalità

Il *codex*, sebbene ci siano registri di alcune apparizioni isolate già nel primo secolo d.C., fu diffuso soltanto a partire dal terzo secolo²⁷ ed ebbe un significato molto particolare per il cristianesimo, come supporto materiale della Bibbia.

Ci sono studiosi che attribuiscono l'adozione del *codex* ai cristiani solo per motivi di ordine economico²⁸, il che ci sembra un modo di minimizzare l'impatto del cambiamento della mentalità di allora su questa scelta, come vedremo in questa sezione.

Infatti, si conosce un'altra tesi, ben fondata, secondo la quale:

*“Forse (...) qualche (...) personaggio prominente nell'antica cristianità (...) non importa il proposito ultimo della sua ispirazione, sarà riuscito (...) ad immaginare un formato diverso per i manoscritti cristiani delle scritture, che li distinguesse tanto dal ruolo di pergamena del giudaismo come dal ruolo di papiro del mondo pagano (...) imponendo il suo uso alla totalità della cristianità (...). Possibilmente fu un tentativo deliberato degli antichi cristiani di differenziare le sue scritture da altre forme letterarie, per segnarli come libri sacri”*²⁹.

Úrsula Katzenstein, nel suo *L'Origine del Libro*, ad esempio, concorda che questo “tentativo deliberato” è *più plausibile*, poiché

*“accade quasi simultaneamente alla grande irruzione di attività critica tra i saggi ebrei, che portò alla standardizzazione della Bibbia ebraica”*³⁰.

L'opposizione del cristianesimo al paganesimo non è puntuale; il cristianesimo nasce come una nuova *Weltanschauung*, che trascende al colto, alla vita morale e alla spiritualità e dà luogo ad un generico *stato mentale religioso*, che sarà la forma dominante del pensiero nell'Occidente nei secoli seguenti. Questo nuovo stato mentale permea la filosofia, la scienza

e la metafisica e, dunque, necessariamente, cambia il modo di concepire lo spazio e il tempo, con riflessi anche nel modo di pensare la tecnica³¹.

Inventare il *codex* fu la soluzione di un problema tecnico; appropriarsi del *codex* fu un atto decorrente da una comprensione diversa del testo e dell'uomo, il quale, una volta realizzato, aprì nuove prospettive nel modo di scrivere e di leggere il libro³² e, soprattutto, cambiò la struttura di organizzazione del pensiero. Si modificò, infatti, il modo per cui uno può accedere al testo (si introduce l'accesso aleatorio), dato essenziale per rendere il *codex* un supporto materiale privilegiato per gli scritti cristiani, poiché rese possibile una lettura sinottica dei vangeli³³.

Dal momento in cui il codice (*codex*) sostituisce il ruolo (*volumen*) — dove il testo è disposto su una superficie bidimensionale continua — viene permesso l'accesso aleatorio. Con i fogli rilegati in modo tale che per sfogliarli è necessaria una terza dimensione, il *codex* si lega e ci rimanda al *problema dello spazio, della sua dimensionalità³⁴ e della verticalità*.

In generale, c'è stata, per un lungo periodo, una notevole influenza di argomenti teologici nelle concezioni fisiche dello spazio, come ci insegna Max Jammer:

“indipendentemente dalla metafisica e dalla stessa fisica, la teologia dimostrò di essere un importantissimo fattore nella formulazione delle teorie fisiche dello spazio e del tempo da Filone fino all'era newtoniana e anche oltre”³⁵.

Inoltre, non ci sono dubbi

“che una tradizione religiosa continua e chiaramente riconoscibile esercitò un potente influsso sulle teorie fisiche dello spazio dal primo fino al diciottesimo secolo”³⁶.

Per quanto riguarda il tema di questo saggio, è importante badare, innanzi tutto, ad una caratteristica particolare ed essenziale delle idee giudaico-cristiane intorno allo *spazio*: la identificazione tra spazio e Dio³⁷.

Due furono i grandi sistemi del tardo Medio Evo che influenzarono il pensiero scientifico: lo *stoicismo* e il *neo-platonismo*. *“Lo stoicismo giunge ad essere una delle espressioni più mature del mondo greco-romano e delle più vicine al cristianesimo; di cui si può dire costituisca in questi tratti un presentimento e una preparazione”³⁸.* Oltre all'enorme impatto sul pensiero scientifico-filosofico degli ultimi tre secoli a.C., le idee stoiche furono riprese e modificate nei primi secoli d.C. dai pensatori ebrei e cristiani. Per quanto riguarda lo spazio, esso viene concepito a partire dalla dottrina del *pneuma*, identificato con lo spirito divino, tramite il concetto di onnipresenza. Questo tipo di identificazione, ricorrente nel Medio Evo, può essere trovato nell'opera di diversi filosofi ellenistici, tra cui il massimo esponente del giudaismo alessandrino, Filone d'Alessandria³⁹.

Un notevole esempio di confluenza di concezioni stoiche e giudaico-cristiane intorno alla natura dello spazio è la discussione compiuta dal filosofo greco Giamblico — uno degli esponenti del neoplatonismo siriano, vissuto all'incirca del 300 d.C. — come ci fa notare Shmuel Sambursky⁴⁰.

Intorno a questa identificazione tra spazio e Dio, si sono sviluppate, nel Medio Evo, idee intuitive sullo spazio. Sebbene non pretendessero spiegare il *movimento*, esse hanno avuto il merito di toccare una questione non trattata da Aristotele, e cioè, quella di una teoria generale dello spazio continuo (il *pneuma*, per gli stoici). Ricordiamo che Aristotele si limitò a stabilire una dottrina del *topos*, dove Dio compare come *causa finalis* del movimento ma non come causa dello spazio. Questa identificazione è, perciò, una risposta ad una questione

non formulata da Aristotele, che ebbe grande ripercussione sullo sviluppo delle teorie dello spazio.

Infatti, l'impatto di questa associazione nella fisica medioevale marcò, in modo speciale, lo sviluppo delle teorie meccaniche e, nel Seicento e nel Settecento, culminò nell'affermazione che lo spazio è nient'altro che un attributo di Dio, o addirittura identico a Dio. Ad esempio, per Henry More, lo spazio è l'estensione divina, mentre per Isaac Newton lo spazio assoluto è il *sensorium* di Dio.

È degno di nota che, contrariamente alla teologia ebraica, nella filosofia greca il termine *luogo* praticamente non fu mai associato a Dio⁴¹.

A questo punto è necessaria una digressione sullo spazio simbolico cristiano. Nell'Antichità greco-romana e in quella cinese⁴² lo spazio era bidimensionale; l'orientamento spaziale di queste culture privilegiava l'opposizione tra destra e sinistra. Fu il Cristianesimo che molto presto adottò la *verticalità*, cioè, privilegiò il sistema *alto-basso*, ispirato alla resurrezione e all'ascensione di Cristo, oltre che nell'ascesa delle anime. Il mondo e lo spazio simbolico cristiani diventano, quindi, tridimensionale. Nel Medioevo, come ci insegna Jacques Le Goff,

*“... ce système orientera, à travers la spatialisation de la pensée, la dialectique essentielle des valeurs chrétiennes. / Monter, s'élever, aller plus haut, voilà l'aiguillon de la vie spirituelle et morale tandis que la norme sociale est de demeurer à sa place, là où Dieu vous a mis sur la terre, sans ambitionner d'échapper à sa condition et en prenant garde de ne pas s'abaisser, de ne pas déchoir”*⁴³.

Questi cambiamenti essenziali nelle categorie spazio-temporali dell'immaginario cristiano portarono, inoltre, secondo Le Goff, ad un lento ma importante processo di credenza nel Purgatorio⁴⁴ — il *terzo luogo*. Ampliare la geografia dell'aldilà fu una operazione di grande portata per i cristiani, poiché, in ultima analisi, l'inclusione del Purgatorio tra l'Inferno e il Paradiso rappresentò l'adozione del concetto di *intermediario* che corrisponde, dal punto di vista delle strutture logiche, a mutazioni profonde di realtà sociale e mentale nel Medio Evo⁴⁵. Si può dire, quindi, metaforicamente, che il mondo cristiano è tridimensionale non solo dovuto all'importanza attribuita all'asse *alto-basso* nell'immaginario medioevale, ma anche perché, nel Medio Evo cristiano, la logica binaria viene sostituita da quella terziaria.

Tuttavia è importante notare, con Paul Zumthor, che allora l'immaginario spaziale non si esauriva in questo asse verticale. Infatti,

*“molti [movimenti] si producono in virtù di immagini archetipiche riducibili a figure geometriche semplici, il cerchio e la sfera, il triangolo e il quadrato; o, secondo schemi che concretizzano queste ultime, la ruota, la croce, la scala; oppure sotto forma di un'immagine elaborata, come l'albero. Tradizioni molto antiche sopravvivono alla base di un tale sistema di pensiero e di rappresentazione.”*⁴⁶

Sebbene le forme geometriche semplici abbiano contribuito alla formazione di archetipi medioevali, non possiamo trascurare affatto il crescente interesse per la Geometria negli ultimi secoli di questo periodo, associato, in una prima fase, allo sviluppo di una tecnologia tra l'undicesimo e il quattordicesimo secoli, notabilmente: l'invenzione del mulino a vento e di artefatti meccanici mossi da forza idraulica, perfezionamenti nautici e tessili, l'invenzione dell'orologio e la costruzione delle cattedrali. In una fase seguente, ci sarà una ripresa d'interesse per questa branca della Matematica nel mezzo artistico ed accademico, e nella pittura del Rinascimento Italiano⁴⁷, e nell'astronomia, attraverso Copernico, Keplero e

Galileo⁴⁸. Non per caso, nel Quattrocento, il libro *Gli Elementi della Geometria* di Euclide figurava tra le opere più ricercate dagli studiosi⁴⁹.

Non dobbiamo, però, in questa analisi, perdere di vista che “*la enunciazione orale e la parola scritta sono tutte due atti, o rappresentano atti, che mirano a comunicare. Ma l’atto essenziale della comunicazione non ha luogo prima che la parola sia udita e lo scritto sia letto*”⁵⁰. Per quanto riguarda l’essenza e il significato di questo atto ultimo della comunicazione e della cultura, il Medio Evo rappresentò, senza dubbi, un lungo periodo di transizione tra l’enunciazione orale e la parola scritta. Infatti, mentre l’Europa dell’alto Medio Evo veniva caratterizzata da alcuni ambienti isolati, soprattutto monastici, in cui la pratica della scrittura quasi si limitava a testi latini dottrinari, dopo il tredicesimo secolo, ci fu una significativa moltiplicazione dei centri di produzione letteraria, accompagnata da una diversificazione dei testi scritti, in particolare, nella sfera del potere e del diritto, non meno che delle dottrine. Possiamo riferirci a questo momento storico con le parole di Zumthor:

“*la civiltà piegava lentamente verso uno stato nuovo, in cui si sarebbe istaurata per parecchi secoli una egemonia rigorosa della scrittura, ormai sola detentrica efficace della potenza, del sapere e della poesia...*”⁵¹.

Un’altra caratteristica della fine del Medio Evo è che lo *stato mentale religioso* svanisce lentamente e incomincia a dar luogo ad un nuovo stato mentale che preparerà la strada al Rinascimento e alla Rivoluzione Scientifica⁵². D’altra parte, le nuove prospettive di organizzazione del pensiero medioevale, alleate agli sviluppi tecnici, economici e sociali, confluirono ad una riorganizzazione del lavoro e dello studio, attraverso il perfezionamento delle capacità lavorative, il differenziamento (o la specializzazione) dei mestieri e la creazione delle Università in Europa⁵³.

Tra le conquiste tecniche raggiunte verso la metà del Quattrocento, si trova l’insieme di mezzi materiali indispensabili all’invenzione della stampa, come accade in Europa, come si vedrà nella prossima sezione. A ciò si sovrappone, come risultato di questo nuovo ambiente culturale e intellettuale, l’aumento della domanda di libri che allora si raffigurava: questa era l’intelaiatura alle soglie della stampa.

Un’altra caratteristica importante della cultura giudaico-cristiana che, in qualche modo, si collega alla storia del libro è l’adozione della linearità del *tempo* (in contrapposizione al tempo ciclico egemonico nell’Antichità Greca). Questo fatto, legato all’idea di un giudizio finale, cambia, ad esempio, la concezione di cos’è la *Storia* e cioè, di come scriverla e di come leggerla.

Insomma, lo *stato mentale religioso* che ha dominato il suddetto sfondo culturale del Medio Evo cristiano viene riflesso nell’adozione del codice, in opposizione al ruolo, e rispecchia una nuova concezione fisico-filosofica dello *spazio* (identificato con Dio) e del *tempo*, in un periodo in cui codesti concetti non potevano assolutamente dissociarsi dalle influenze del pensiero *more* religioso.

Con il passar del tempo, il *codex* acquista un significato del tutto particolare: oltre a suscitare un rispetto superstizioso presso i letterati durante il Medio Evo⁵⁴, il *Libro* divenne il simbolo per eccellenza del rapporto tra uomo e Dio nella *Weltanschauung* cristiana. Infatti, in questo periodo fu usuale affermare che Dio offre salvezza all’uomo attraverso due libri: quello dell’*Escrittura* e quello della *Natura*⁵⁵. Dante, ad esempio, nella *Divina Commedia*, consacra una bella metafora⁵⁶ a questo grande Libro dell’universo, attraverso il quale, con la grazia di Dio e con la forza dell’amore, egli potè percepire l’ordine della essenza divina o, secondo Tommaseo, il mondo quasi come un commento della divinità:

*Oh abbondante grazia ond'io presunsi
ficcar lo viso per la luce eterna,
tanto che la veduta vi consunsi!*

*Nel suo profondo vidi che s'interna
legato con amore in un volume
ciò che per l'universo si squaderna:
sustanze e accidenti e lor costume,
quasi conflati insieme, per tal modo
che ciò ch'io dico è un semplice lume⁵⁷.*

Ritenere che la Scrittura e la Natura procedono entrambe dal Verbo di Dio e che lo spazio si identifica con Dio è una tipicità del pensiero medioevale; riflessi delle loro interrelazioni culturali si rispecchiano ancora nei secoli seguenti, come lo constatiamo, rispettivamente, in Galileo⁵⁸ e in Newton.

Questa doppia eredità culturale, in cui Libro e Spazio sono orme di Dio, si sfumò molto lentamente. Nella prossima sezione si ribadisce che il vero impatto dell'invenzione e della diffusione della stampa sulla formazione delle successive concezioni fisico-filosofiche dello spazio, a partire del Rinascimento, deve essere rivalutato alla luce della persistenza della suddetta eredità nel nuovo stato mentale che incominciava a raffigurarsi.

IV. L'invenzione della Stampa, la Geometrizzazione dello Spazio di Galileo e lo Spazio Assoluto di Newton

L'invenzione e lo sviluppo della stampa, verso la metà del Quattrocento, fu possibile grazie alla confluenza di quattro fattori già disponibili dalla tecnologia medioevale: la facilità di avere della carta in quantità abbondante; l'invenzione di un inchiostro a base di olio, in grado di essere applicato alle superficie metalliche, da cui doveva passare alla carta sotto pressione; la disponibilità di materiali e metodi per la fusione di tipi metallici e riproduzione in metallo di blocchi di legno; l'esistenza di un torchio da stampa.

È opportuno notare che il Medio Evo fu un periodo fecondo per le invenzioni tecnologiche⁵⁹ e, nella varietà di elenchi che cercano di classificarle secondo il loro grado di importanza, elaborati da tanti uomini di cultura, troviamo, invariabilmente, la *stampa* tra le prime. Per citare un esempio, come scrisse Francesco Bacone: le tre invenzioni, la stampa, la polvere e la bussola, hanno cambiato completamente la faccia del mondo e lo stato delle cose dappertutto⁶⁰.

Più di qualunque altra impresa, la *stampa* segna la linea divisoria tra la tecnologia medioevale e quella moderna⁶¹. Il suo impatto sulla democratizzazione del sapere, sulla diffusione della Bibbia, sulla Riforma e, infine, sulla formazione di un nuovo spirito critico — quello dell'uomo dei tempi moderni — fu innegabile. Intorno a questo strumento si appresta un nuovo orizzonte per le lettere, classiche o meno. Nel Cinquecento, infatti, la stampa diede un importante contributo agli umanisti, attraverso la diffusione di edizioni nuove o riviste di classici greci e latini; fu un mezzo indispensabile per le letterature nazionali, oltre a contribuire alla foggia dell'unità delle lingue, come accade, ad esempio, con il tedesco e l'inglese⁶². Per rendere chiara l'idea del contributo quantitativo della stampa, c'è solo pensare a quello che successe in Germania nei trenta anni dopo la divulgazione delle novantacinque tesi di Lutero. La stampa tedesca si dedicò quasi esclusivamente a diversi tipi di pubblicazioni, pro o contro la Riforma, e le edizioni della Bibbia tradotta da Lutero superarono il milione di esemplari⁶³; ciò è stato possibile grazie all'invenzione della *stampa*.

D'altra parte, alla diffusione dei libri, particolarmente la Bibbia, contribuì molto l'evoluzione della tecnica di fabbricazione di questo nuovo supporto della scrittura. Per avere una idea, una Bibbia nel formato *codex*, in pergamena, poteva pesare circa cinque chili. L'utilizzazione della carta possibilità una significativa riduzione del suo peso, fatto che, alleato ad un incremento significativo nella produzione di libri, permise che la Bibbia venisse svincolata dallo spazio sacro delle chiese e dei monasteri e diventasse un oggetto presente nello spazio familiare. Questo fatto rese possibile una nuova forma di lettura del *Libro delle Scritture* — meno oppressiva e, dunque, più favorevole alla libertà di interpretazione —, con riflessi anche nel modo di leggere il *Libro della Natura*⁶⁴.

È degno di nota che l'invenzione della stampa è contemporanea ad una tendenza di geometrizzare la pittura, evidente nell'opera dei rinascimentali Masaccio, Piero della Francesca, Antonio Pollaiuolo, Raffaello ed altri, segnata dalla prospettiva. Ciò riflette una nuova propensione da rappresentare il mondo nello spazio pittorico, dove la tela non è più soltanto un supporto di un'arte simbolica bidimensionale, ma qualcosa che può dar vita e significato allo spazio percettivo tridimensionale. Questo movimento rispecchia un nuovo tipo di rapporto dell'uomo con il mondo, presagio di rottura con il pensiero medioevale, che non deve essere inteso come un fatto culturale isolato; in realtà, preannunzia l'inizio di ciò che possiamo chiamare la "seconda geometrizzazione della fisica" (la prima avviene con Platone).

Nel frontespizio della edizione del 1543 dell'opera maggiore di Copernico sul movimento delle stelle fisse e dei pianeti, per esempio, si premette un'avvertenza: nessuno non allenato in geometria, deve entrare in quel libro⁶⁵. Analogamente, nel frontespizio della prima opera a stampa di Keplero, del 1596, si legge:

*“Prodromo delle dissertazioni cosmografiche, contenente il mistero cosmografico sulle meravigliose proporzioni delle sfere celesti e sulle ragioni proprie e genuine del numero, della grandezza e dei movimenti periodici dei cieli, mistero dimostrato mediante i cinque solidi regolari della geometria da Giovanni Keplero”*⁶⁶.

Più tardi, Galileo lancia le basi del metodo scientifico moderno, associando, in modo indissolubile, la conoscenza empirica e quella matematica, in particolare la geometria. Riferendosi all'universo come un grandissimo Libro, Galileo scrisse a proposito del ruolo della geometria:

*“La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, a conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola: senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto”*⁶⁷.

La geometria, dunque, per Galileo, è il linguaggio del Libro della Natura.

Non possiamo qui dimenticare Cartesio, il fondatore della geometria analitica. La sua estrema concezione geometrica del mondo, comprendendo la materia, fa sí che nel suo sistema l'*estensione*, e non la massa, sia la proprietà fondamentale della materia, il che, in ultima analisi, non gli permise di fondare una teoria quantitativa della fisica.

Newton, al contrario di Galileo e di Cartesio, ritiene che la matematica, e in particolare la geometria, non è un sistema di proposizioni puramente ipotetiche, deducibile logicamente da assiomi e definizioni; la geometria, per Newton, al contrario, non è altro che una speciale branca della meccanica⁶⁸. Le motivazioni che gli aprirono la via del calcolo delle flussioni, e i vincoli tra la prima legge della meccanica e la geometria, esemplificano il modo con cui, in Newton, la teoria del movimento e la matematica si intrecciano.

Parallelamente a questa scalata del pensiero geometrico, nacque una crisi nella Scienza. Dal momento in cui Copernico annuncia che la Terra non è più al centro del Mondo, viene introdotta una inconsistenza: mentre il mondo terrestre (sublunare) continua ad essere descritto dalla fisica aristotelica, la nuova astronomia è antiaristotelica. Questa crisi si collega alla questione dello spazio fisico e la sua soluzione richiede l'unificazione della fisica e dell'astronomia. Fu Newton a risolverla, spiegando la dinamica dei corpi celesti e terrestri attraverso una teoria universale della gravitazione⁶⁹ — la base della rivoluzione newtoniana nella scienza —, introducendo il concetto di *spazio assoluto* e adoperando un nuovo sistema esplicativo causale.

Un aspetto basilico importante del sistema newtoniano, come abbiamo accennato, è l'essenza assoluta dello spazio, che assieme al tempo assoluto sono, secondo Koyré,

“... *réalités que Newton acceptait sans hésiter — puisqu’il pouvait les appuyer sur Dieu et les fonder en Dieu ...*”⁷⁰.

Costruendo la sua fisica intorno al concetto di spazio assoluto, Newton riuscì finalmente a conciliare una teoria del movimento con l'identificazione dello spazio con Dio, cosa che nessuna teoria fisica medioevale fu in grado di raggiungere. Ma se Dio non è più la causa del moto è necessario introdurre un altro concetto, quello di *forza*; ciò corrisponde all'adozione di un nuovo sistema esplicativo basato sulla *causa efficiens*⁷¹.

Da Copernico a Newton, tuttavia, è ricorrente l'interferenza di Dio sulle regole del mondo. Tanto per citare due esempi, Keplero attribuiva la tridimensionalità dello spazio alla santissima trinità⁷² e Newton ricorreva a Dio come artefice dell'ordine, come una specie di orologiaio, che di tanto in tanto regola la macchina del mondo.

Concezioni diverse di Dio fa sì che Leibniz e Kant non possano accettare quest'orologiaio. Kant, per esempio, attribuisce a Dio la possibilità di creare il fondamento del reale e delle sue leggi (intese come le condizioni iniziali del mondo), che, a sue volte, creano l'ordine e la bellezza⁷³. Per quanto riguarda, però, la comprensione fisica del mondo, è il meccanicismo che dominerà lo scenario scientifico-filosofico fino all'inizio del ventesimo secolo⁷⁴.

Riassumendo, abbiamo finora enfatizzato l'impatto della stampa sulla diffusione della Bibbia, sulla Riforma e sulla disseminazione della *parola scritta*. Tuttavia, non possiamo dimenticare che diversi campi della conoscenza tecnico-scientifica — geometria, architettura, geografia e scienza della vita — hanno tratto buon profitto della possibilità di riprodurre *immagini*⁷⁵. Dal punto di vista di George Sarton, secondo Elizabeth Eisenstein, “*it was not the 'printed word' but the 'printed image' which acted as a 'savior for Western science'*”. Abbiamo, inoltre, badato alla contemporaneità di questi fatti e l'inizio di un lungo periodo ove la geometria viene valorizzata, prima nell'arte e, in seguito, nella scienza e nella filosofia. Il Rinascimento fu testimone anche di una crisi dell'unità della scienza, segnata da una fisica ancora aristotelica e una astronomia copernicana. Tutto ciò, in ultima analisi, portò alla Rivoluzione Scientifica in Europa⁷⁶ e alla introduzione dello spazio assoluto — il *sensorium* di Dio. Questa concezione di spazio trionfò su tutti i fronti. Durante il diciottesimo secolo, furono compiuti dei tentativi per dimostrare la necessità *logica* di tale concetto⁷⁷. Il problema di dimostrare l'esistenza *empirica* dell'*etere*⁷⁸, cioè dello spazio assoluto, fu, invece, una sfida alla fisica del diciannovesimo secolo.

Che cosa possiamo, invece, affermare riguardo il significato della stampa nel contesto della storia della scienza?

Tenendo presente la piccola circolazione dei testi scientifici, come il *De revolutionibus*, e il numero ridotto di persone in grado di capirli⁷⁹, uno può concludere che

l'impatto della stampa sul pensiero scientifico sia stato insignificante. Alcuni studiosi, addirittura, attribuiscono un impatto iniziale negativo, considerata la quantità di materiale divulgato, che oggi possiamo chiamare pseudoscientifico⁸⁰. Eppure, dal momento in cui la stampa rese disponibile dati empirici, tabelle astronomiche e matematiche agli astronomi e, in particolare, a Copernico, essa acquista un nuovo significato, una nuova dimensione, poiché può essere considerata uno strumento della rivoluzione copernicana, dalla quale si deve far risaltare, per quanto riguarda lo scopo di questo lavoro, il suo intrinseco legame con il problema dello spazio.

Un altro sguardo può ancora essere lanciato su questo punto, nel senso di confermare l'esistenza di un vincolo tra l'opera di Copernico e la stampa: ci riferiamo alle ampie relazioni, sul piano della storia delle idee, segnalate da Koyré, che collegano la rivoluzione copernicana e la Riforma protestante⁸¹.

Nel lento processo, che caratterizza il Rinascimento, in cui lo *stato mentale religioso medioevale* fu scosso e apparve una nuova orientazione, sia per lo sviluppo del pensiero teologico che del pensiero filosofico-scientifico, è degno di rilievo il contributo di un nuovo supporto della scrittura. L'invenzione della stampa ebbe, in ultima analisi, un ruolo nella storia della scienza e nella storia delle religioni, dal momento in cui contribuì a preparare la transizione dal pensiero medioevale al pensiero moderno. Però, per quanto riguarda il veritiero e definitivo cambiamento dello *stato mentale*, siamo d'accordo con la tesi di Randall, Jr., per cui *lo stato mentale moderno* ("*the modern mind*", nelle sue parole) non ebbe influenze dirette né dal Rinascimento né dalla Riforma, ma fu una conseguenza della rivoluzione scientifica del Seicento e del Settecento⁸².

Il superamento della crisi introdotta da Copernico, ad opera di Newton, ristabilì la fiducia nella Scienza e nella Ragione e aprì la via all'Illuminismo, segnato dall'Enciclopedismo, dalla sintesi filosofica di Kant (filosofo del newtonesimo) e dal *Système du Monde* di Laplace; si instaura, in questo modo, un nuovo ordine dei libri, delle idee e del mondo materiale. Nella sfera della *polis*, troviamo tracce dello spirito illuministico e di quel nuovo ordine nella riforma universitaria di Humboldt e nell'utopia repubblicana dell'equilibrio ed indipendenza dei poteri. L'orologio è il simbolo e la metafora di questa nuova *Weltanschauung*. Non è, perciò, da stupirsi che, in questo periodo, sorga l'uomo macchina de La Mettrie e prosperi la costruzione degli automi.

Dobbiamo, infine, ribadire che *l'invenzione della stampa* non ebbe impatto immediato, come il *codex*, sulla teoria dello spazio e le sue interconnessioni con altri tipi di sapere. Infatti, abbiamo stabilito in quale misura la stampa fu utile al contributo di Copernico e ricordato che, sebbene il problema dello spazio occupasse una posizione centrale nel suo lavoro, soltanto la rivoluzione newtoniana portò ad una profonda revisione delle concezioni spazio-temporali, passati due secoli dalla realizzazione di Gutenberg. In più, dal momento in cui la nuova *Weltanschauung* viene dominata dal meccanicismo di Newton e dei newtoniani, riaffermando *l'identificazione tra spazio e Dio*, si può argomentare che *questa caratteristica* basilica della concezione spaziale, diffusa nel periodo di vigenza del *codex*, non viene abbandonata che alla soglia del Novecento. Ciò significa che, sebbene sia vero che, per la Rivoluzione Scientifica del Seicento, fu necessaria la riformulazione di nozioni fondamentali come quelle "del movimento, dello spazio, del sapere e dell'essere" (Koyré), è pur vero che in nessun momento, che va dall'invenzione della stampa e dalla nascita di uno spirito non conformista all'instaurazione di un nuovo *stato mentale scientifico*, la divinizzazione dello spazio viene abbandonata.

Vediamo, in seguito, come l'abolizione dello spazio assoluto crea alcune delle condizioni essenziali per l'introduzione di un nuovo e potente mezzo di supporto della scrittura: il computer.

V. Lo schermo, le Geometrie non Euclidee, la Relatività, la Meccanica Quantistica e i Frattali

Al contrario di ciò che accade con la stampa, l'invenzione del computer fu successiva ad una rivoluzione nel concetto di spazio, che risultò, in certo senso, dagli sviluppi di due aree della fisica — legate ai fenomeni elettromagnetici e di emissione di radiazione dai corpi neri — e di una area specifica della matematica, la geometria non euclidea.

Se, dal punto di vista dalla storia della fisica, la *sintesi newtoniana* caratterizza il tardo Seicento e il Settecento, non è forse sbagliato affermare che l'espressione maggiore dell'Ottocento fu la *teoria elettromagnetica* di Maxwell, che unifica l'elettricità, il magnetismo e l'ottica. Una difficoltà di principio per andare oltre ed unificare le teorie meccaniche e elettromagnetiche avviene dal fatto che la prima è basata sul concetto di *massa*, mentre la seconda sul concetto di *campo*; in altre parole, una enfatizza la *causa efficiens* (la forza) e l'altra, la *causa formalis* (l'equazione differenziale del campo). A rigore, un tale cambiamento nella struttura causale rimonta allo studio della propagazione del calore fatta da Fourier⁸³. Questo problema non è estraneo al nostro lavoro poiché è nella descrizione del calore, inteso come qualcosa che si propaga nel continuo — e che non può essere descritto nell'ambito delle teorie meccaniche —, che troveremo, nel diciannovesimo secolo, l'origine di un nuovo stile di fare scienza: l'idea che le *cause primarie* anche se sconosciute, sono soggetti a *leggi semplici e costanti*, che possono essere scoperte dall'osservazione, il cui studio, secondo Fourier, costituisce l'obbiettivo della filosofia naturale⁸⁴. Il legato scientifico che permise le sintesi di Maxwell (teoria elettromagnetica) e di Planck (teoria quantistica del corpo nero) fu in gran parte costruito su questa ipotesi⁸⁵. Esattamente fra questi due risultati, Lord Kelvin vede le due uniche nuvole nel cielo azzurro della fisica classica⁸⁶. Egli, però, non ha intraveduto che la dissipazione delle nuvole potesse dar luogo ad una rivoluzione scientifica — una rottura epistemologica, nel senso bachelardiano —, basata su due nuove teorie: la relatività e la meccanica quantistica.

Per quanto riguarda specificamente il concetto newtoniano di spazio, è ben noto che le discussioni precedenti intorno al suo carattere assoluto e euclideo non furono considerate nell'Illuminismo. Infatti, lo spazio assoluto viene accettato da Lagrange, Laplace e Poisson come una ipotesi di lavoro e non come un problema⁸⁷. Un esempio estremo di questo tipo di atteggiamento, come sottolinea Max Jammer, si trova nella voce *espace* dell'*Encyclopédie* di Diderot e d'Alembert dove si legge: “... si può notare (...) quanto questo oscuro problema [filosofico dello spazio] sia inutile alla geometria e alla fisica”.

Dal punto di vista della matematica, se la *geometria analitica* di Cartesio fu il simbolo del Seicento, l'invenzione delle *geometrie non euclidee* marca l'Ottocento.

Kant, nel suo primo scritto⁸⁸, immagina una geometria, ancora non esistente, capace di sistemare i *diversi tipi di spazio*:

“Una scienza di tutti questi possibili generi di spazio sarebbe senza dubbio il più grande imprendimento che una comprensione finita potrebbe occuparsi nel campo della geometria.”

Gauss, Lobachevskij, Bolyai e Riemann, al creare le geometrie non euclidee, in certo senso, diedero vita a questo sogno di Kant. Ne segue da questa invenzione un notevole effetto⁸⁹ sul concetto di spazio nella fisica⁹⁰ e nell'arte⁹¹.

Parallelamente a questi progressi nella matematica, si è diffuso, nella comunità colta, il dibattito sul problema del soggetto, in nuovi termini, a partire dalla nozione kantiana, introdotta nella Critica della Ragione Pura, dell'*io trascendentale* — un soggetto epistemologico, capace di conoscere. Il problema del soggetto ci rimanda a quello dell'osservatore, tanto nella relatività quanto nel cubismo. Esce di scena l'osservatore privilegiato di Newton e, di conseguenza, lo spazio e il tempo assoluti. Quindi è il momento in cui l'identificazione tra spazio e Dio viene persa. In questo senso, la caduta del sistema newtoniano è un riflesso del *désenchantement du monde*, della morte di Dio.

Su questo stesso sfondo culturale si sviluppa, anche, la meccanica quantistica, che pone le basi di una nuova descrizione fisica del microcosmo. Non è il caso di discutere qui la teoria in dettagli, ma soffermiamoci, soltanto, su due punti. Il primo è la questione epistemologica dell'osservatore e delle osservabili nella meccanica quantistica; il secondo, più tecnico, è la sua formulazione matematica, che dipende da una nozione generica di spazi astratti (gli spazi di Hilbert) con un numero infinito di dimensioni.

Il progetto einsteiniano di geometrizzare la gravitazione viene più tardi esteso alla descrizione delle altre interazioni fondamentali della natura, attraverso le cosiddette *teorie di gauge*⁹². Possiamo affermare, quindi, che con Einstein ebbe inizio la “terza geometrizzazione della fisica” e che questa tendenza filosofico-scientifica abbraccia la descrizione dei processi fisici elementari⁹³.

Insomma, nasce nel ventesimo secolo una nuova *Weltanschauung*, basata sulla teoria della relatività e sulla meccanica quantistica. Queste due teorie furono essenziali allo sviluppo dell'elettronica e, dunque, si collegano all'invenzione del computer moderno.

D'altra parte, l'idea di costruire una macchina calcolatrice rimonta al progetto degli automi del Settecento, ma non è nostro scopo discutere qui la preistoria del computer⁹⁴. Due aspetti, però, devono essere sottolineati. L'architettura del calcolatore ideata da John von Neumann rende possibile il passaggio dal semplice automatismo alla programmazione; cioè, la macchina viene dotata da una memoria estesa e da un cervello artificiale in grado di effettuare operazioni logiche di calcolo e di trattamento dell'informazione, grazie ad algoritmi previamente inseriti nella sua memoria⁹⁵. Si crea, così, una nuova relazione tra l'uomo e la macchina⁹⁶. Il secondo punto, rilevante al tema di questo saggio, è il fatto che al computer sia stato abbinato lo schermo — finestra aperta su un nuovo universo digitale —, dispositivo essenziale alla democratizzazione del computer che ne segue.

La sostituzione, o meglio, la tendenza di sostituire il mondo di carta dall'universo digitale, visto dallo schermo, è stata il punto di partenza della riflessione di diversi autori⁹⁷; se ne risulterà o meno una rivoluzione, soltanto la storia ce lo dirà. Se il computer verrà effettivamente a sostituire il libro, risulterà un nuovo ordine dell'immaginario spaziale, con riflessi, ancora sconosciuti, sulle forme di pensiero contemporaneo, come segnala, ad esempio, Roger Chartier: “*l'universo dei testi elettronici significherà, necessariamente, un allontanamento dalle rappresentazioni mentali e dalle operazioni intellettuali legate specificamente alle forme che il libro ebbe per diciassette o diciotto secoli. Nessun ordine dei discorsi è, infatti, separabile dall'ordine dei libri che gli è contemporaneo*”⁹⁸.

Anche se non ci sono ancora segni che il libro venga a trovare lo stesso destino del *volumen* e del *codex* — anzi, è noto che il computer ha aumentato la quantità di testi scritti su carta — alcuni cambiamenti significativi nella cultura sono stati introdotti dal calcolatore.

Nei labirinti delle reti⁹⁹, nell'universo digitale dell'internet, un nuovo tipo di accesso aleatorio cambia la relazione dell'uomo con il testo e favorisce la soggettività e il frazionamento della lettura. Fa, inoltre, rinascere il sogno della *bibliotheca universalis*, adesso senza muri¹⁰⁰.

Le nuove tecnologie digitali permettono anche una nuova trattazione e diffusione delle immagini, particolarmente notevoli nella medicina e nella fisica, e anche nei campi dell'arte e della comunicazione¹⁰¹.

Si apre così, nell'universo dei *media*, la via del *video clip* — che scheggia lo spazio-tempo —, simbolo di una società, in cui l'ordine, la memoria e la connessione causale dei fatti sono sottovalutati. A ciò corrisponde, nella scienza, l'interesse per i sistemi complessi — del caos e della geometria dei frattali¹⁰² — e l'abbandono del programma cartesiano, forse presagio della formazione di una nuova mentalità, di uno *stato mentale postmoderno*.

In questo mondo, scosso dai sopraddetti cambiamenti culturali, intravediamo oggi un paradosso che riguarda l'interrelazione del supporto della scrittura e l'immaginario spaziale: mentre identifichiamo una tendenza verso il predominio dell'immaginario *frattale*, associato allo *schermo*, il supporto materiale dominante è il *libro*.

VI. Considerazioni finali

Nel suo libro sulla scrittura, Olson afferma che “*i due periodi di radicale cambiamento culturale, ai quali la scrittura è stata associata, sono, innanzitutto, lo sviluppo della cultura classica greca e, poi, il rinascimento europeo, che culmina nella Riforma protestante e nell'inizio della scienza moderna*”, e si domanda anche: “*se è vero che ci sia stato un ruolo della scrittura e del suo uso in queste trasformazioni culturali, quale fu esso? Che cosa c'è nella scrittura che la renda capace di contribuire a questi cambiamenti? E, infine, la scrittura ha contribuito veramente a questi cambiamenti concettuali, o è stata responsabile solamente della sua disseminazione e preservazione?*”¹⁰³.

Il nostro approccio in questo saggio mira ad illuminare questioni simili a quelle di Olson, con due importanti diversità d'impostazione: una riguarda l'oggetto della ricerca e l'altra gli aspetti culturali esaminati. Prima di tutto, siamo convinti che il cammino per tale chiarimento deve partire, e non diversamente, dallo studio dei processi di cambiamenti del supporto della scrittura, e non dalla scrittura di per sé. Secondo, cercare di capire l'impatto di questi processi sulla cultura, *lato sensu*, è un progetto molto ambizioso, per cui abbiamo preferito snellire la nostra analisi, attenendoci alle trasformazioni delle concezioni fisico-filosofiche dello spazio, esaminando anche la possibilità di trovare influenze delle rivoluzioni nel concetto di spazio sui supporti della scrittura. Oltre a queste due differenze, è necessario dilungarci sull'analisi di altri due momenti fondamentali nella storia del libro: il *codex* e lo *schermo*.

Alla luce dell'analisi compiuta in questo saggio, possiamo affermare che esiste una correlazione tra la supremazia di un supporto della scrittura e le concezioni fisico-filosofiche dello spazio.

I quattro momenti considerati, possono essere raggruppati a due a due: al primo gruppo, *appartengono la scrittura alfabetica e la stampa* (gruppo I); al secondo, *il codex e lo schermo* (gruppo II). Riepiloghiamo, ora, le caratteristiche essenziali di questi due gruppi.

Nel gruppo I, la prevalenza del mezzo di supporto della scrittura creò le basi per una riformulazione posteriore delle teorie fisico-filosofiche dello spazio, che ebbe luogo molto tempo dopo. Infatti, l'intervallo di tempo tra i due cambiamenti fu di circa tre secoli rispetto alla *scrittura alfabetica* e di circa due secoli rispetto a quello della *stampa*. Soltanto nei due momenti di questo gruppo, i cambiamenti introdotti nella forma di pensiero furono coronati dallo stabilimento di teorie precise dello spazio, di grande impatto per gli sviluppi futuri: la teoria del *luogo* di Aristotele e la teoria dello *spazio assoluto* di Newton, rispettivamente.

Nel caso del gruppo II, l'introduzione del nuovo mezzo di supporto della scrittura risultò da cambiamenti profondi della concezione di spazio, con una differenza essenziale: nel caso del *codex* abbiamo, soprattutto, una trasformazione nell'immaginario spaziale; nel caso dello *schermo* il mutamento di basi avviene proprio nella concezione fisico-filosofica dello spazio. Mentre quest'ultima è assolutamente necessaria per la viabilità del computer, la tecnica di fare il *codex* non dipende affatto dalla prima trasformazione. Infine, in questi due casi, l'intervallo di tempo trascorso è molto ridotto rispetto a quello dell'altro gruppo, cioè soltanto alcune decine d'anni.

Tutti questi cambiamenti sembrano far parte di movimenti culturali più ampi. Capirli nella loro ampiezza richiede, però, oltre allo studio delle interrelazioni tra *scrittura* e *spazio-tempo*, la considerazione molto più attenta di fattori economici, sociali, religiosi, artistici *etc.* La consapevolezza di queste limitazioni non fu sufficiente ad impedirci di fare delle considerazioni sullo *stato mentale* dei periodi in cui ebbero luogo le trasformazioni del supporto della scrittura. Ovviamente, non pretendiamo di abbozzare qui una filosofia della cultura, ma soltanto di coordinare alcune osservazioni sparse in questo saggio, con l'obiettivo di enfatizzare la rilevanza del problema fisico-filosofico dello spazio e del tempo nella storia della cultura. A proposito, possiamo ora rispondere alla seconda domanda di Olson: "Che cosa c'è nella scrittura che la rende capace di contribuire a questi cambiamenti [culturali]?". È la sua *spazialità*, cioè, l'interrelazione tra i supporti della scrittura e le concezioni fisico-filosofiche dello spazio. Torniamo adesso al problema degli stati mentali.

Entrambi i periodi del gruppo I sono accompagnati da movimenti illuministici, che possono essere intesi come una risposta ad una intensa dicotomia del pensiero. Nel caso della *scrittura alfabetica*, la *ragione*, rappresentata da uno *stato mentale scritto/filosofico*, viene privilegiata a detrimento del pensiero *mitico/poetico* (legato alla tradizione *orale*), caratteristico di uno *stato mentale prealfabetico*. Nel caso della *stampa*, la dicotomia è tra lo *stato mentale religioso*, eredità dal Medio Evo, e lo *stato mentale moderno/scientifico*. Dobbiamo, inoltre, far risaltare l'esistenza di una relazione tra gli ideali illuministici e gli ideali democratici, segnati, in due momenti storici, dalla democrazia greca e dalla Rivoluzione Francese.

Per quanto riguarda il gruppo II, qualunque analisi comparativa di questo tipo si scontra con un problema, non trascurabile: non possiamo prevedere l'evoluzione di quello che abbiamo chiamato lo *stato mentale postmoderno*, caratteristico della nostra epoca di scienza, tecnologia, e, negli ultimi anni, misticismo crescente; ci limiteremo, perciò, ad un unico commento.

Abbiamo visto che l'invenzione e del *codex* e dello *schermo* ha a che vedere con Dio. Infatti, il *codex* è simbolo di una *Weltanschauung* che trascende al colto, alla vita morale e alla spiritualità e dà luogo ad una divinizzazione dello spazio e ad un generico *stato mentale religioso*, ad una cultura teocentrica. Le concezioni fisiche che, in ultima analisi, diedero luogo allo *schermo*, integrano una *Weltanschauung* che toglie Dio dal mondo.

In questo mondo fugggevole che ci circonda, di grandi e veloci cambiamenti, è difficile prevedere il futuro della scienza, della tecnologia e, in particolare, del computer. Ci auguriamo che, qualunque sia il destino di questo supporto digitale della scrittura e l'aspetto delle future biblioteche, non si perda il piacere della lettura. Solo la preservazione del *Libro* e di questo piacere può assicurarci l'esistenza di quello che José Mindlin chiama "mondo di libertà intellettuale"¹⁰⁴. A noi, bibliofili, non ci resta che ribadire quanto il piacere del testo e della lettura sia legato alla *verticalità* del libro, nonostante riconosciamo l'utilità dello *schermo*, degli ipertesti e della navigazione negli oceani di *bit* e nelle reti digitali.

FRANCISCO CARUSO
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas &

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

ROBERTO MOREIRA XAVIER DE ARAÚJO
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

¹ Alexandre Koyré, *Études d'histoires de la pensée scientifique*, Paris, Édition Gallimard, 1973, p. 12.

² Ernst Cassirer, *Antropologia Filosófica*, São Paulo, Editôra Mestre Jou, 1972.

³ M. Cohen, *La Grande Invention de l'Écriture et son Évolution*, Paris, Imprimerie Nationale, 1958; I.J. Gelb, *A Study of Writing*, Chicago, Univ. Chicago Press, second edition, 1963; D. Diringer, *The Alphabet: A Key to the History of Mankind*, New York, Funk & Wagnalls, third edition, 1968; J.T. Hooker (org.), *Reading the Past: Ancient Writing from the Cuneiform to the Alphabet*, London, British Museum Press, 1993. Il lettore interessato in una analisi comparativa delle tradizioni orale e scritta, diversa da quella implicita in questo saggio, può rivolgersi al libro di David R. Olson, *The World on Paper — The Conceptual and Cognitive Implications of Writing and Reading*, Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1994.

⁴ Eric A. Havelock, *The Literate Revolution in Greece and its Cultural Consequences*, Princeton University Press, 1982. Edizione brasiliana: *A Revolução da Escrita na Grécia e suas Conseqüências Culturais*, São Paulo, UNESP/Paz e Terra, 1994, p. 17.

⁵ Eric A. Havelock, *Preface to Plato*, Cambridge MA, Harvard University Press, 1963, capitolo X. Traduzione brasiliana, *Prefácio a Platão*, Campinas, Editora Papirus, 1996, p. 197.

⁶ Eric A. Havelock, *A Revolução da Escrita na Grécia e suas Conseqüências Culturais*, capitolo I, p. 16 (edizione brasiliana); cf. anche capitolo VIII.

⁷ Jean-Pierre Vernant: *As Origens do Pensamento Grego*, São Paulo, Difel, 3a. edição, 1981; *Mito & Pensamento entre os Gregos*, Rio de Janeiro, Paz e Terra, edição revista e aumentada, 1990. Cf. anche Jean-Pierre Vernant & Pierre Vidal-Naquet, *La Grèce ancienne: l'espace et le temps*, Paris, Éditions du Seuil, 1991.

⁸ *Ibidem*.

⁹ Federigo Enriques, *L'évolution des idées géométriques dans la pensée grecque: point, ligne, surface*, Paris, Gauthier-Villars, 1927.

¹⁰ Max Jammer, *Storia del Concetto di Spazio*, Milano, Feltrinelli, 1981.

¹¹ Platone, *Timeo*, 55 sgg.

¹² “Ante todo, Aristóteles desarrolla su pensamiento en extensión, no sólo por su afán de abarcar todos los saberes, sino porque, a diferencia de su maestro, atiende particularmente a las dificultades que plantea en la explicación del mundo la contradicción entre la necesidad de estudiar lo individual y contingente y el hecho que solamente un saber de lo universal puede ser un saber verdadero. Tal es el tema alrededor del cual gira todo el pensamiento aristotélico, que quiere ser ciencia de lo que es en verdad sin sacrificar en ningún momento lo concreto y cambiante”. Cf. “Aristóteles”, in José Ferrater Mora, *Diccionario de Filosofía*, Madrid, Alianza Editorial, 1982, p. 206.

¹³ Strabone, *Geografia*, XIII.1.54, C 608, apud Christian Jacob, “Lire pour écrire: navigations alexandrines”, in Marc Baratin et Christian Jacob (Eds.), *Le Pouvoir des Bibliothèques: La Mémoire des Livres en Occident*, Paris, Albin Michel, 1996, pp. 47-83.

¹⁴ José Ferrater Mora, *idem*.

¹⁵ *Ibidem*.

¹⁶ Lo spazio viene anche trattato nel *De Caelo* e nel *De Incessu Animalium*, soprattutto per quanto riguarda la discussione della sua dimensionalità.

-
- ¹⁷ Pierre Duhem, *Le Système du Monde*, Paris, Librairie Scientifique Hermann, 1913-1917, vol. 1, p. 197.
- ¹⁸ Aristotele, *Fisica*, IV, 212a, 5.
- ¹⁹ Il problema della *dimensionalità* nell’Opera di Aristotele sarà trattato dagli autori in un altro arti-colo: “O movimento e o espaço em Aristóteles: do *topos* bidimensional imóvel às seis dimensões que definem os animais”.
- ²⁰ Christian Jacob, *op. cit.*, p. 48.
- ²¹ *Ibidem*. La sottolineatura è nostra.
- ²² Christian Jacob, *op. cit.*, p. 53.
- ²³ Nicolò Machiavelli, *Lettere*, editore F. Gaeta, vol. 3 delle *Opere*, Torino, 1984.
- ²⁴ Jan-Dirk Müller, “The Body of the Book: The Media Transition from Manuscript to Print”, in Hans U. Gumbrecht and K. Ludwig Pfeiffer (Eds.), *Materialities of Communication*, Stanford, Stanford Univ. Press, 1994, p. 39.
- ²⁵ Eric A. Havelock, *op. cit.*, capitolo III, traduzione brasiliana, *Prefácio a Platão*, Campinas, Editora Papyrus, 1996, p. 63.
- ²⁶ Alexandre Koyré, *op. cit.*, p. 13.
- ²⁷ Guglielmo Cavallo, “Testo, libro, lettura”, in Guglielmo Cavallo, Paolo Fedeli e Andrea Giardina (eds.), *Lo spazio letterario di Roma antica*, vol. II, *La circolazione del testo*, Roma, Salerno Editrice, 1989, pp. 307-341; — “Libro e cultura scritta”, in *Storia di Roma*, vol. 4, *Caratteri e Morfologie*, Torino, Einaudi, 1989, pp. 693-734.
- ²⁸ Leo Deuel, *Testament of Time*, London, Secker & Warburg, 1966, *apud* Úrsula E. Katzenstein, *A origem do Livro: da Idade da Pedra ao advento da impressão tipográfica no Ocidente*, São Paulo, Editora HUCITEC e Instituto Nacional do Livro, 1986, p. 37.
- ²⁹ Úrsula E. Katzenstein, *op. cit.*, p. 37.
- ³⁰ C.V.A. Lampe, *The Cambridge History of the Bible*, vol. 2, N. Press Cambridge, 1969, p. 72 (*apud* Katzenstein, *op. cit.*).
- ³¹ Lynn White, Jr., *Medieval Religion and Technology*, Berkeley, The University of California Press, 1986.
- ³² Guglielmo Cavallo, “Du volumen aux codex: la lecture dans le monde romain” in Guglielmo Cavallo & Roger Chartier (Eds.), *Histoire de la Lecture dans le Monde Occidentale*, Paris, Éditions du Seuil, pp. 79-107.
- ³³ Bernhard Siegert, “The Fall of the Roman Empire”, in Hans U. Gumbrecht and K. Ludwig Pfeiffer (Eds.), *Materialities of Communication*, Stanford, Stanford Univ. Press, 1994, pp. 303-318. In realtà, Bernhard Siegert va oltre e afferma: *The Christian church was apparently the form of power most favoured by the codex. (...) Christianity is the introduction of control into writing. / The Christian takeover of power coincided with a takeover of all media* (p. 314-5).
- ³⁴ Francisco Caruso & Roberto Moreira Xavier, “On the physical problem of spatial dimensions: an alternative procedure to stability arguments”, *Fundamenta Scientiae* 8 (1987) pp. 73-91.
- ³⁵ Cf. Max Jammer, *Storia del Concetto di Spazio*, Milano, Feltrinelli, 1981, capitolo secondo.
- ³⁶ Max. Jammer, *ibidem*.
- ³⁷ Max. Jammer, *ibidem*.

-
- ³⁸ Centro di Studi Filosofici di Gallarate, *Dizionario delle Idee*, Firenze, G.C. Sansoni Editore, 1977, p. 1158.
- ³⁹ S. Sambursky, *The Physical World of Late Antiquity*, London, Routledge & Kegan Paul, 1987.
- ⁴⁰ S. Sambursky, *op. cit.*, pp. 4-5.
- ⁴¹ Max Jammer, *ibidem*.
- ⁴² Marcel Granet, *Il Pensiero Cinese*, Milano, Adelphi Edizioni, seconda edizione, 1987.
- ⁴³ Jacques Le Goff, *La Naissance du Purgatoire*, Paris, Éditions Gallimard, 1981.
- ⁴⁴ Secondo Le Goff fu intorno al 1170 che il sostantivo *purgatorium* viene impiegato per la prima volta. Egli stabilì che le origini del termine rimonta all'aggettivo *purgatorius* usato nelle antiche espressioni *ignis purgatorius*, *locus purgatorius*, *poena purgatoria*. Un'esposizione più colloquiale di questo punto si trova in Jacques Le Goff, *Une Vie pour l'Historie (entretiens avec Marc Heurgon)*, Paris, Éditions La Découverte, 1996.
- ⁴⁵ Jacques Le Goff, *ibidem*.
- ⁴⁶ Paul Zumthor, *La Misura del Mondo: la rappresentazione dello spazio nel Medio Evo*, Bologna, Il Mulino, 1995, p. 20.
- ⁴⁷ Miriam Schild Bunim, *Space in Medieval Painting and the Forerunners of Perspective*, New York, AMS Press, 1970.
- ⁴⁸ I. Bernard Cohen, *La Rivoluzione nella Scienza*, Milano, Longanesi & C., 1988.
- ⁴⁹ Douglas C. McMurtrie, *The Book: The Story of Printing and Bookmaking*, New York, Oxford University Press, 1965.
- ⁵⁰ Eric A. Havelock, *A Revolução da Escrita, op. cit.*, capitolo 2, p. 58.
- ⁵¹ Paul Zumthor, *op. cit.*, p. 356.
- ⁵² I. Bernard Cohen, *op. cit.*; Paolo Rossi, *La Nascita della Scienza Moderna in Europa*, Bari, Editori Laterza, 1997.
- ⁵³ Jacques Verger, *Les Universités au Moyen Âge*, Paris, Presses Universitaires de France, 1973.
- ⁵⁴ Paul Zumthor, *idem*, p. 359.
- ⁵⁵ Lynn White, Jr., "Natural Science and Naturalistic Art in the Middle Ages", in *American Historical Review*, **52** (1947), pp. 421-435, ristampato in *Medieval Religion and Technology, op. cit.*
- ⁵⁶ Il libro di Hans Blumentberg, *Die Lesbarkeit der Welt*, Frankfurt-am-Main, Suhrkamp, 1981, è citato da Roger Chartier, in *A Ordem dos Livros*, Brasília, Ed. UnB, 1994, come opera fondamentale sulle diverse accezioni della metafora del libro nella filosofia occidentale.
- ⁵⁷ Dante Alighieri, *La Divina Commedia*, Paradiso XXXIII, 82-90. Edizione a cura di Siro A. Chimenz, Torino, UTET, 1966, p. 935. L'enfasi è nostra.
- ⁵⁸ Paolo Rossi, *op. cit.*, pp. 114-18.
- ⁵⁹ Lynn White, Jr., *op. cit.*; Charles Singer, E.J. Holmyard, A.R. Hall & Trevor I. Williams (eds.), *History of Technology*, Oxford, Clarendon Press, 1956, vol. 2; Bertrand Gilles, *Histoire des techniques*, Paris, Encyclopédie de la Pléiade, 1978; Maurice Dumas, *Histoire générale des techniques*, Paris, PUF, 1979.

⁶⁰ “We should note the force, effect, and the consequences of inventions which are nowhere more conspicuous than in those three which were unknown to the ancients, namely, printing, gunpowder, and the compass. For these three have changed the appearance and state of the whole world”, Francis Bacon, *Novum organum*, Aphorism 129.

⁶¹ Abbott Payson Usher, *A History of Mechanical Inventions*, Revised Edition, New York, Dover Edition, 1988, Chapter X.

⁶² H.J. Martin, “Livre” in *Encyclopaedia Universalis*, Paris, Encyclopaedia Universalis France, 1968, vol. 10.

⁶³ *Ibidem*.

⁶⁴ Cf., ad esempio, il capitolo 8 del libro di David R. Olson, *The World on Paper — The Conceptual and Cognitive Implications of Writing and Reading*, Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1994.

⁶⁵ Nicholas Copernicus, *Complete Works*, vol. II, edited by Jerzy Dobrzycki, Polish Scientific Publishers and The Macmillan Press, 1978.

⁶⁶ Frontespizio ristampato in Kepler, *Dissertatio e Narratio*, a cura di E. Pasoli e G. Tabarroni, Torino, Bottega d’Erasmus, 1972.

⁶⁷ Galileo, *Il Saggiatore*, 6^o, Milano, Istituto Editoriale Italiano, s/d, pp. 44-5.

⁶⁸ Max Jammer, *op. cit.*, p. 86.

⁶⁹ I. Bernard Cohen si riferisce alla costruzione da parte di Newton della dinamica celeste come un esempio notevole che rafforza l’idea che “molto spesso la rivoluzione intellettuale non è completata finché lo scienziato non ha sviluppato compiuta-mente le sue idee sulla carta.”, *op. cit.*, pp. 55-6.

⁷⁰ Alexandre Koyré, *Études d’Histoire de la Pensée Philosophique*, Paris, Gallimard, 1971, p. 269.

⁷¹ F. Caruso & R. Moreira Xavier, “Causa efficiens versus causa formalis: origens da discussão moderna sobre a dimensionalidade do espaço”, *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, série 3, v. 4, n. 2, 1994, pp. 43-64.

⁷² *Apud* Wolfgang Pauli, “The Influence of Archetypal Ideas on the Scientific Theories of Kepler”, nei suoi *Writings on Physics and Philosophy*, edited by Charles P. Enz & Karl von Meyenn, Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 1994, p. 232.

⁷³ Come questa ed altre idee del giovane Kant si intrecciano e determinano la sua concezione di spazio fu trattato da F. Caruso & R. Moreira Xavier in: “Sull’influenza di Cartesio, Leibniz e Newton nel primo approccio di Kant al problema dello spazio e della sua dimensionalità”, da pubblicarsi nella rivista *Epistemologia*, Genova.

⁷⁴ Cf., ad esempio, Ludovico Geymonat, *Storia del Pensiero Filosofico e Scientifico*, Milano, Aldo Garzanti Editore, 1977.

⁷⁵ Elizabeth L. Eisenstein, *The Printing Revolution in Early Modern Europe*, Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1983. Trattasi da una versione abbreviata di *The Printing Press as an Agent of Change: Communications and Cultural Transformations in Early Modern Europe*, Cambridge, Cambridge University Press, 1979.

⁷⁶ Paolo Rossi, *op. cit.*

⁷⁷ Max Jammer, *op. cit.*, Capitolo 5, p. 111 e sgg.

⁷⁸ Edmund Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, London/New York, Nelson, 1951-53, ristampato dall’American Institute of Physics, 1987.

⁷⁹ Due caratteristiche con cui gli editori di opere scientifiche devono confrontarsi fino adesso.

⁸⁰ Elizabeth L. Eisenstein, *op. cit.* (1983), p. 185.

-
- ⁸¹ A. Koyré, *Études d'Histoire de la Pensée Philosophique*, *op. cit.*
- ⁸² John Herman Randall, Jr., *The Making of the Modern Mind*, New York, Columbia University Press, fiftieth anniversary edition, 1976, p. 142.
- ⁸³ Roberto Moreira Xavier de Araújo, “Bachelard e o Livro do Calor: o Nascimento da Física Matemática na Época da Articulação Causal do Mundo”, *Revista Filosófica Brasileira*, vol. 6 (1993), pp. 100-113.
- ⁸⁴ J.B.J. Fourier, *La Théorie Analytique de la Chaleur*, 1822, in G Darboux, *Oeuvres*, Paris, Édition Gauthier-Villars, tome I, 1888 e tome II 1890. Traduzione inglese in *Great Books*, vol. 45, Chicago, Enc. Britannica, 1952, p. 169.
- ⁸⁵ Edmund Whittaker, *op. cit.*; Jedi Z. Buchwald, *From Maxwell to Microphysics: Aspects of Electromagnetic Theory in the Last Quarter of Nineteenth Century*, Chicago, The Univ. Chicago Press, 1985; Thomas S. Kuhn, *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912*, Oxford, Clarendon Press, 1978.
- ⁸⁶ *Philosophical Magazine*, **6 S**, vol. 2 (1901), pp. 1-2, *apud* F. Cajori, *A History of Physics*, revised edition, Macmillan Co., 1929. Una terza nuvola fu introdotta più tardi da Sommerfeld. *Cf.* Arnold Sommerfeld, *Thermodynamics and Statistical Mechanics*, New York, Academic Press, 1956, p. 233.
- ⁸⁷ Max Jammer, *op. cit.*, p. 122.
- ⁸⁸ I. Kant, *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte und Beurtheilung der Beweise, deren sich Herr von Leibniz und andere Mechaniker in dieser Streitsache bedient haben, nebst einigen vorhergehenden Betrachtungen, welche die Kraft der Körper überhaupt betreffen*, Königsberg, 1747; ristampato in: Kant *Werke*, Band 1, *Vorkritische Schriften*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 1983. Una traduzione in inglese di parte di questa opera è stata fatta da J. Handyside e pubblicata in: *Kant's inaugural dissertation and the early writings on space*, Chicago, Open Court, 1929, ristampata da Hyperion Press, 1979.
- ⁸⁹ Richard J. Trudeau, *The Non-Euclidean Revolution*, Boston, Basel, Berlin, Birkhäuser, 1987.
- ⁹⁰ Max Jammer, *op. cit.*, capitolo quinto.
- ⁹¹ Linda Dalrymple Henderson, *The Fourth Dimension and Non-Euclidean Geometry in Modern Art*, Princeton, N.J., Princeton Univ. Press, 1983.
- ⁹² K. Moriyasu, *An Elementary Primer for Gauge Theory*, Singapore, World Scientific, 1983; C. Nash & S. Sen, *Topology and Geometry for Physicists*, London, Academic Press, 1983.
- ⁹³ Paul Davies (ed.), *The New Physics*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989.
- ⁹⁴ Per lo studio di questo periodo si veda: Philippe Breton, *Histoire de l'Informatique*, Éditions La Découverte, Paris, 1987; Bertrand Gilles, *op. cit.*; Maurice Daumas, “Les calculateurs mécaniques”, *op. cit.*, tome 5.
- ⁹⁵ Philippe Breton, *op. cit.*, capitolo 4.
- ⁹⁶ Philippe Breton, Alain-Marc Rieu & Franck Tinland, *La Techno-science en question: éléments pour une archéologie du XXe. Siècle*, Seyssel, Éditions Champ Vallon, 1990.
- ⁹⁷ David Jay Bolter, *Writing Space: The Computer, Hypertext, and the History of Writing*, Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1991; Michel Peroni, *De l'écrit à l'écran*, Paris, Bibliothèque publique d'information, Centre Georges Pompidou, 1991; Jacques Anis & Jean-Louis Lebrave (eds.), *Texte et ordinateur: les mutations du lire-écrire*, La Garenne-Colombes, Éditions de l'espace européen, 1991; Geoffrey Nunberg, “The Place of books in the Age of Electronic Reproduction”, *Representations* **42**, Special Issue, ristampato in *Future Libraries*, 1993, pp. 13-37 (*cf.* nota 100); Jean-François Gilmont, *Le Livre, du manuscrit à l'ère électronique. Notes de bibliologie*, seconda edizione, Liège, Éditions du CEFAL, 1993; Roger Chartier, “Le message écrit et ses réceptions: du codex à l'écran”, *Revue des Sciences Morales et Politiques*, no. 2, pp. 295-309 (1993); *cf.* anche il *post scriptum* del libro di Roger Chartier, *A Ordem dos Livros* (traduzione brasiliana di

L'Ordre des Livres: Lecteurs, Auteurs, Bibliothèques en Europe entre XIVE et XVIIIe siècle, Aix-en-Provence, Alinéa, 1992), Brasília, UnB, 1994; e, dallo stesso autore, *Forms and Meanings: Texts, Performances, and Audiences from Codex to Computer*, Philadelphia, The University of Pennsylvania Press, 1995.

⁹⁸ Roger Chartier, *A Ordem dos Livros*, *op. cit.*, p. 106.

⁹⁹ Un'analisi ampia dell'impatto sociale ed economico delle reti è eseguito da Manuel Castells, *The Rise of the Network Society*, Malden, MA, and Oxford, Blackwell Publishers, 1996.

¹⁰⁰ R. Howard Bloch & Carla Hesse, *Future Libraries*, Berkeley and Los Angeles, Univ. of California Press, 1995.

¹⁰¹ Martin Lister (ed.), *The Photographic Image in Digital Culture*, London, Routledge, 1995. Traduzione spagnola, *La imagen fotográfica en la cultura digital*, Barcelona, Paidós, 1997.

¹⁰² Benoît B. Mandelbrot, *Gli oggetti frattali: forma, caso e dimensione*, Torino, Giulio Einaudi editore, 1987.

¹⁰³ David R. Olson, *op. cit.*, capitolo 3.

¹⁰⁴ José Mindlin, *Uma Vida entre Livros: Reencontros com o Tempo*, São Paulo, Edusp & Companhia das Letras, 1997.