

CARLO FELICE MANARA

Giuseppe Veronese
ed il problema del continuo geometrico

Estratto dai
« Rendiconti del Seminario Matematico e Fisico di Milano »
Vol. LVI (1986)



TIPOGRAFIA FUSI - PAVIA

9/1988

CARLO FELICE MANARA

**Giuseppe Veronese
ed il problema del continuo geometrico**

Estratto dai
« Rendiconti del Seminario Matematico e Fisico di Milano »
Vol. LVI (1986)



TIPOGRAFIA FUSI - PAVIA

9/1988

CARLO FELICE MANARA

dell'Università di Milano

GIUSEPPE VERONESE
ED IL PROBLEMA DEL CONTINUO GEOMETRICO

(Conferenza tenuta il 10 giugno 1986)

SUNTO. — I problemi riguardanti il concetto di « continuo geometrico » si sono presentati alla indagine dei matematici fino dagli inizi della Geometria razionale. Essi hanno dato luogo a ricerche fondamentali ed a discussioni appassionate nei secoli XVI, XVII, XVIII. Durante il Secolo XIX le vicende riguardanti i fondamenti della Matematica ed in particolare della Geometria attirarono di nuovo l'attenzione dei ricercatori sui problemi del continuo. Si deve a G. Veronese la costruzione di un sistema teorico in cui si introducono in modo esplicito dei segmenti infiniti o infinitesimi attuali, giungendo quindi ad una Geometria non-archimedeica.

Contro questa costruzione vennero elevate varie critiche; la polemica conseguente favorì il chiarimento dei concetti, permettendo l'accertamento della coerenza interna del sistema di Veronese.

1 - Non si è tanto lontani dal vero asserendo che il problema filosofico e scientifico del continuo geometrico è forse uno dei più antichi che abbia attirato l'attenzione dell'uomo, e provocato la sua indagine e la sua riflessione.

Infatti si potrebbe dire che il primo teorema che l'uomo abbia dimostrato, e precisamente la proposizione che va sotto il nome di Teorema di PITAGORA, ha delle conseguenze che riguardano la natura dell'ente comunemente chiamato « spazio geometrico ». La nostra utilizzazione di questa espressione deve essere interpretata come una concessione alle abitudini correnti: abbiamo infatti presente ciò che G. PEANO scriveva a proposito dello « spazio geometrico », inteso come un ente ben determinato, il quale possiede una

certa natura, che ne fonda le proprietà ⁽¹⁾.

Come è noto, una tra le conseguenze più importanti del teorema di Pitagora è l'accertamento della esistenza di coppie di segmenti tra loro incommensurabili, come il lato e la diagonale di uno stesso quadrato. E l'esistenza di coppie di segmenti incommensurabili tra loro porta come conseguenza anche la impossibilità di esistenza di un « atomo », di un « granello » di « spazio geometrico ».

L'importanza ed il significato di queste conseguenze del teorema di Pitagora sono testimoniate anche dalle notizie (molto probabilmente leggendarie) sulle conseguenze della scoperta pitagorica. Non intendiamo qui prendere posizione sulla validità di queste notizie, ma pensiamo sia legittima l'opinione di chi vede in queste leggende la prova della importanza che è stata attribuita dagli antichi alla proposizione pitagorica.

2 - Le conseguenze del teorema di Pitagora non sono le sole prove dell'interesse che il problema del continuo geometrico ha suscitato presso la civiltà scientifica greca; a questo proposito ci limitiamo a ricordare qui i celebri paradossi, che vengono richiamati con le espressioni ormai classiche: Paradosso di ACHILLE e della tartaruga, paradosso del moto.

E' noto che le discussioni provocate da questi e da altri paradossi ebbero un carattere genericamente filosofico, e le argomentazioni avanzate dalle varie parti non fecero appello a ragioni strettamente geometriche; tuttavia non si può negare che tali discussioni riguardassero la natura dell'ambiente spaziale in cui noi siamo immersi, e fossero originate dal tentativo di dare un fondamento razionale alle nostre sensazioni, e di fondare ogni nostra conoscenza su pochi principi, superando le pure apparenze sensibili.

In questo ordine di idee quindi le discussioni sui paradossi ricordati, e sugli altri che vi si riattaccano, possono essere considerate come una manifestazione di quella sete di conoscere che presso

(1) Scrive G. Peano [20 bis]: « In quasi tutti i trattati moderni si introduce per primo il concetto di "spazio", dicendo che esso non si definisce, ma gli attribuiscono le proprietà di essere omogeneo, illimitato, infinito, immobile, divisibile, ecc., proprietà queste parimenti non definite. Ritenendo pertanto il concetto di spazio fondamentale per la Geometria, ne viene che non si potrebbe scrivere un trattato di questa scienza in una lingua che per avventura manchi di tali parole. Quindi non si potrebbe scrivere di Geometria nella lingua d'Euclide e di Archimede, ove appunto manca la parola corrispondente al termine "spazio", nel senso in cui lo si usa nei moderni trattati ».

i Greci, fra tutti gli altri popoli dell'antichità, raggiunse delle vette di altezza ammirevole; si veda a questo proposito ciò che ne scrive T. L. HEATH (2).

3 - Lasciando le discussioni di carattere filosofico e ritornando alla considerazione dei problemi strettamente geometrici, vorremmo ricordare che, nell'ammirabile trattato degli ELEMENTI di EUCLIDE furono presto scoperti dei « nei »; e diversi tra questi riguardano dei problemi logici più o meno strettamente collegati con il continuo.

Il primo di questi « nei » può essere individuato addirittura nella proposizione 1 del I libro, laddove Euclide costruisce il triangolo equilatero di dato lato.

Come è noto, tale costruzione viene fatta intersecando due circonferenze, che hanno ciascuna come raggio il lato assegnato e che hanno i loro centri negli estremi del segmento considerato.

Si giunse presto ad osservare che non è detto in alcun luogo del trattato euclideo che due circonferenze come quelle ora descritte debbano incontrarsi. E' chiaro infatti che, in un insieme di punti come quelli del « geopiano », il triangolo equilatero non può esistere; ma tale triangolo non esiste neppure nel piano cartesiano costituito dai punti che hanno entrambe le coordinate razionali, punti che tuttavia formano un insieme ovunque denso.

Pertanto potremmo dire che la proposizione euclidea che abbiamo citato si basa su una pretesa « evidenza » che ha il suo fondamento nelle esperienze, eseguite o immaginate, nelle costruzioni con il compasso o con strumenti equivalenti, ma che non ha fondamento rigorosamente razionale, almeno secondo le esigenze della nostra mentalità attuale.

(2) Scrive T. L. Heath [9]: «... it was the Greeks who first made mathematics a science. As Kant once wrote, "a light broke upon the first man who demonstrated the property of the isosceles triangle (whether his was Thales or what you will)"; since which time, thanks to "that wonderful people the Greeks", mathematics has travelled "the safe road of a science". The Greeks in fact laid down the first principles in the shape of the indemonstrable axioms or postulates to be assumed, framed the definitions, fixed the terminology and invented the methods ab initio; and this they did with such unerring logic that, in the centuries which have since elapsed, there has been no need to reconstruct, still less to reject as unsound, any essential part of their doctrine ».

Non intendiamo addentrarci nella analisi della vasta letteratura filosofica relativa ai paradossi eleatici; rimandiamo, per es., a quanto ne scrive F. Enriques [5, 6].

Pensiamo sia interessante osservare che soltanto la maturazione critica relativamente recente ha messo in evidenza la necessità della analisi della reciproca posizione di due curve « continue » del piano, con un filone di ricerche topologiche che hanno la loro origine nella problematica del celebre teorema detto « di Jordan » ⁽³⁾.

4 - Un secondo « neo » che fu rilevato nella trattazione euclidea (da G. SACCHERI e R. SIMSON) è costituito dalla dimostrazione della proposizione 18 del libro IV degli ELEMENTI, laddove si dimostra la proprietà detta del « componendo » per le proporzioni tra grandezze. Invero è stato osservato che nella argomentazione euclidea si fa implicito riferimento alla grandezza quarta proporzionale dopo tre grandezze date; grandezza la cui esistenza non è stata nè dimostrata nè postulata.

Effettivamente si osserva che, quando si abbia a che fare con segmenti, il quarto proporzionale dopo tre dati si costruisce fondandosi sul noto teorema detto « di Talete ». Ma tale costruzione non può essere invocata quando si tratta di grandezza qualunque. Effettivamente la esistenza di una grandezza cosiffatta può essere garantita soltanto con un postulato di esistenza, che faccia appello ad una proprietà di continuità delle grandezze della classe considerata. E i tentativi fatti da G. SACCHERI [22] per cancellare il « neo » di Euclide, ed altri più recenti di cui si ha notizia (per esempio il tentativo di DE MORGAN ricordato da T. L. Heath [8]) mettono viepiù in evidenza la necessità ineliminabile di enunciare un postulato di continuità che colmi le lacune logiche delle argomentazioni.

Abbiamo già detto dei probabili fondamenti intuitivi che giustificano l'assenza di un postulato fondante la intersezione di due circonferenze. Rimanendo nel campo delle ipotesi, si potrebbe pensare che l'assenza di un postulato che asserisse puramente la esistenza di certi enti, senza darne la costruzione, sia giustificata dalla mentalità dei Greci, che tendevano ad accettare gli enti della Geometria soltanto nei casi in cui si potesse dare una loro costruzione effettiva.

5- Non intendiamo proseguire la discussione sulle tendenze fondamentali della Matematica greca, perchè intendiamo riprendere l'analisi del problema del continuo geometrico.

⁽³⁾ Per l'analisi di questo « neo » di Euclide e delle proposte dirette a correggerlo, rimandiamo all'opera di T. L. Heath [8].

Tale problema riemerse nella scienza durante il secolo XVI, con le opere di LUCA VALERIO, BONAVENTURA CAVALIERI, EVANGELISTA TORRICELLI, GALILEO GALILEI. L'epoca di cui stiamo parlando è infatti quella in cui ebbe origine il « metodo degli indivisibili », e praticamente anche il calcolo infinitesimale moderno.

E' immediato osservare che molta della problematica del calcolo infinitesimale, tanto all'epoca degli esordi che nell'epoca più matura della revisione critica dei concetti e dei procedimenti, è strettamente collegata con il problema del continuo. Sarebbe infatti difficile ignorare e dimenticare l'impulso dato alla invenzione dei metodi del calcolo infinitesimale dall'insieme dei problemi posti sul tappeto dalla Geometria analitica e dalla Meccanica razionale.

Sarebbe impresa impossibile ricordare qui, anche sommariamente, le analisi, le discussioni, le polemiche anche roventi che ebbero luogo in quell'epoca di fervore creativo. Questi argomenti sono ormai oggetto della storia della scienza; ma le idee che hanno ispirato i grandi fondatori di queste dottrine, le questioni logiche e filosofiche che stavano alla base delle analisi e delle dispute non cessano di ispirare gli studiosi di filosofia della scienza e di epistemologia, come è provato dalla comparsa recente di opere interessanti su questi argomenti, opere alle quali rimandiamo qui il matematico che voglia meditare anche solo un poco sui fondamenti della propria dottrina [7].

Come è noto, uno degli argomenti che furono oggetti delle discussioni più appassionate è quello della natura del continuo, e soprattutto la questione se esso sia costituito da parti omogenee, da chiamarsi « indivisibili » o con altro nome.

Come si vede, si tratta in certo modo ancora del problema della natura del continuo geometrico, della esistenza di suoi « elementi costitutivi », del rapporto di questi con il tutto da noi percepito come tale.

Problema che, per esempio, nel caso della retta, viene posto domandando se i punti di questa siano oppure no della medesima specie del continuo unidimensionale costituito dalla retta stessa.

La questione è stata dibattuta durante tutto il periodo che segna la nascita del calcolo infinitesimale: se ne trovano tracce ancora alla fine del secolo XVIII, per esempio nell'opera di R. BOSCOVICH, che ancora discute su questi temi, con argomenti presi dalla filosofia e addirittura dalla teologia [3].

Pensiamo che, tra le tante citazioni che si potrebbero fare, siano particolarmente illuminanti le seguenti di B. PASCAL. Il grande genio francese afferma:

«... non esiste geometra il quale non creda che lo spazio sia indefinitamente divisibile».

E poco sotto aggiunge:

«... Si capisce perfettamente come sia falso il pensare che, dividendo uno spazio, si possa giungere ad una sua parte indivisibile, cioè priva di estensione» [12].

Lo stesso Pascal aveva risolto da pari suo la questione sull'impiego pratico della teoria degli indivisibili nei problemi che noi oggi risolviamo con il calcolo degli integrali. Trattando del calcolo dell'area del semicerchio, egli scrive infatti:

«... tutto ciò che viene dimostrato con le vere regole degli indivisibili potrà essere dimostrato anche rigorosamente a modo degli antichi; e quindi uno dei metodi differisce dall'altro soltanto nel modo di parlare. Il che non può urtare le persone ragionevoli, una volta che siano state avvertite del significato dei discorsi. Pertanto io non esiterò nel seguito ad utilizzare il linguaggio degli indivisibili, dicendo: 'la somma delle linee...'; perchè con queste espressioni io intendo semplicemente indicare la somma di un numero indefinito di rettangoli costituiti dalle ordinate e da una piccola parte di diametro, somma che è quindi una superficie, la quale differisce dal semicerchio di una quantità più piccola di ogni altra quantità data...» [13].

Come si vede, Pascal aveva ben chiare le idee che hanno portato in seguito alla teoria dell'integrale di Mengoli-Cauchy-Riemann.

6 - Abbiamo fatto alcuni brevi e sommari richiami storici per ribadire la nostra idea che il problema del continuo, ed in particolare del continuo geometrico, è stato dibattuto durante tutto lo sviluppo del pensiero matematico. Si potrebbe dire che tale problema sia stato avviato a soluzione soltanto nel secolo XIX, con la introduzione rigorosa del concetto di limite, e con la costruzione ineccepibile del campo dei numeri reali.

Ricordiamo in particolare che l'epoca a cavallo tra la seconda metà dello scorso secolo ed i primi decenni del nostro ha visto il fiorire degli studi sui fondamenti della Geometria; tali studi hanno portato quasi necessariamente alla formulazione rigorosa della pro-

prietà di continuità della retta, dalla quale poi si può partire per costruire il concetto di continuità degli altri enti della Geometria.

Come è noto, sono state enumerate varie formulazioni di questa fondamentale proprietà della retta, ed in generale delle figure geometriche; formulazioni che riflettono i vari atteggiamenti dei matematici nei riguardi di questo problema, e le diverse sistemazioni teoriche nelle quali tali enunciati erano inseriti.

Non ci interessa qui riportare le varie forme sotto le quali la continuità è stata presentata dai diversi Autori; ci limitiamo a ricordare tra questi R. DEDEKIND, K. WEIERSTRASS, G. CANTOR, G. PEANO. Ricordiamo anche la proposizione di D. HILBERT, che viene chiamata talvolta « Postulato di integrità » e che, nel sistema di questo Autore, svolge il ruolo tenuto dal postulato di continuità nelle altre sistemazioni teoriche dei principi della Geometria.

7 - Le formulazioni della proprietà di continuità della retta che abbiamo richiamato poco fa sono collegate, in modo più o meno stretto — come vedremo — con un'altra proposizione molto nota della Geometria elementare, la cui formulazione esplicita viene abitualmente attribuita ad ARCHIMEDE, nonostante il fatto che una proprietà analoga si trovi già adombrata in Euclide (⁴).

Tale proposizione potrebbe essere formulata dicendo che, dati che siano due segmenti, a e b , se il primo è minore del secondo, esiste un numero naturale n tale che il multiplo secondo n del segmento a è maggiore del segmento b .

E' noto che la proposizione ora ricordata può essere dimostrata quando si dia una formulazione della continuità della retta secondo Dedekind o Weierstrass; essa invece deve essere esplicitamente postulata quando si dia una formulazione della continuità della retta secondo G. Cantor.

La necessità di questa esplicita postulazione della proposizione di Archimede fa comprendere abbastanza chiaramente il fatto che possano esistere dei sistemi geometrici, perfettamente coerenti, nei quali tuttavia la proposizione non è assunta come valida; in altre parole fa intuire la possibilità di costruire delle Geometrie non-archimedee.

(⁴) La proposizione enunciata da Archimede nella prefazione alla « quadratura della parabola », e da Archimede stesso attribuita ad Eudosso, si trova adombrata negli ELEMENTI di Euclide, in particolare nelle proposizioni dei libri V, X, XII. Rimandiamo a questo proposito all'opera di T. L. Heath [8].

Questa possibilità, che oggi a noi appare del tutto ovvia, dopo una evoluzione critica di quasi un secolo, e dopo le costruzioni teoriche di G. Veronese e di D. Hilbert ed altri, non appariva tuttavia così ovvia agli occhi di matematici anche grandi, quali G. Peano e G. Cantor, come si vedrà dalla analisi della polemica che intercorse tra questi e G. Veronese negli anni che seguirono il 1891.

E' questa la data in cui comparve l'opera di Veronese dedicata ai fondamenti della Geometria [24].

Prima di iniziare la presentazione della polemica a cui accennavamo, vorremmo riportare il giudizio che P. BENEDETTI dà di quest'opera di G. Veronese [2]; giudizio che noi condividiamo, e che servirà, almeno in parte, a spiegare la posizione di Peano nei riguardi del pensiero del geometra di Padova.

«... nei suoi (di G. Veronese) 'Fondamenti' — scriveva Benedetti — (opera poderosa, larghissima di informazioni, vivacemente polemica, ma alquanto difficile a penetrare e non priva di nebulosità e di indeterminatezze, che in ogni modo ha avuto il grande merito di eccitare, in Italia, lo zelo di molti ammiratori e divulgatori, dando impulso agli studi sui principi della Geometria) si trova esposta, per la prima volta, una trattazione per via sintetica della Geometria degli spazi lineari ad n dimensioni, indipendente dal postulato di Archimede e con un sistema di assiomi valevole per le tre Geometrie: ellittica, parabolica ed iperbolica ».

8 - Come abbiamo visto, Benedetti asserisce che l'opera di Veronese è «... non priva di nebulosità e di indeterminatezze ».

Sono forse questi caratteri che hanno mosso G. Peano a dare del volume di Veronese una recensione nettamente negativa, recensione che, dopo una serie di giudizi pesanti su singoli punti, si concludeva con la seguente stroncatura:

« E si potrebbe lungamente continuare l'enumerazione degli assurdi che l'A. ha accatastato. Ma questi errori, la mancanza di precisione e rigore di tutto il libro, tolgono ad esso ogni valore » [20].

Abbiamo già avuto occasione di trattare, in altra sede [11], la parte della polemica tra Peano e Veronese che riguardava la costruzione del concetto di « iperspazio »; ed in quella occasione abbiamo avanzato l'ipotesi che la vera materia del contendere, che divideva profondamente i due matematici, fosse il concetto di rigore matematico. Su questo concetto Peano aveva delle convinzioni ben precise, e le aveva già manifestate in una piccola polemica che aveva

avuto con C. SEGRE, in occasione di un articolo che questo geometra aveva scritto sulla « Rivista di Matematica », fondata e diretta da Peano [18]. E del resto ricordiamo che questi, all'epoca che stiamo considerando, aveva già scritto tre delle opere che gli conquistarono la fama: e precisamente l'opera sui fondamenti dell'Aritmetica [15], quella sulla definizione di superficie curva [16] e la Nota in cui costruiva la celebre « curva » che riempie tutto un quadrato, che ancora oggi viene chiamata « curva di Peano » [17].

Ricordiamo inoltre che Peano già si era occupato di Geometria, e stava elaborando i suoi lavori sulla Logica; vale la pena di ricordare che uno dei primi esempi, se non addirittura il primo in assoluto, di applicazione di notazioni logiche, si incontra appunto nel volumetto sul « Calcolo geometrico », che Peano scrisse nel 1888 [14].

Nel caso che stiamo considerando, Peano criticò in modo particolare la costruzione che Veronese fa di una retta non-archimedeo, costruzione che si fonda sulla introduzione di segmenti attualmente infinitesimi od infiniti [23].

Come già abbiamo visto nei giudizi di P. Benedetti, su questa costruzione Veronese basa anche la sua introduzione delle varie specie di Geometria, tanto la euclidea abituale che le non euclidee.

Appare quindi abbastanza naturale che Peano considerasse tutta l'opera di Veronese come priva di fondamento, anche perchè si basa appunto sulla possibilità di trattare segmenti attuali infiniti ed infinitesimi, possibilità che Peano credeva di aver definitivamente refutato e demolito [19].

Lo stesso Peano non tenne alcun conto delle varie risposte di Veronese alle sue critiche, ed in particolare alle argomentazioni con cui Veronese si sforzava di mostrare che Peano e Cantor pensavano di poter refutare la esistenza di segmenti infinitesimi in atto perchè partivano da una concezione del continuo che implicitamente già lo considerava archimedeo [25].

La polemica si avviò al suo termine quando T. LEVI-CIVITA costruì un campo non archimedeo di numeri che egli chiamò « numeri monosemii » [10]. In particolare i numeri monosemii di Levi-Civita permettono di formalizzare analiticamente le idee che Veronese aveva esposto da parte sua in forma prevalentemente geometrica, dimostrando così implicitamente che il lavoro di Veronese non contiene contraddizioni, almeno in questa sua parte: infatti la costruzione di Levi-Civita si basa sulle proprietà del campo reale. Si verifica quindi una situazione analoga a quella che si era presentata quando E. BELTRAMI costruì un modello di Geometria non euclidea

servendosi di enti della Geometria euclidea [1]. Pertanto, nella situazione che così veniva creata, la ipotesi della coerenza interna della Geometria euclidea permetteva di garantire la coerenza anche delle altre geometrie.

Lo spazio che ci è concesso qui non ci permette di presentare la costruzione teorica di Veronese in tutti i suoi particolari. Ci dobbiamo quindi limitare a riprodurre la sintetica presentazione che ne diede F. Enriques [4].

Scrivendo questo illustre geometra: « La differenza tra il concetto di continuità che si incontra nei lavori di Cantor e Dedekind e quello che si ha presso Veronese potrebbe essere presentata nel modo seguente:

si dividano tutti i punti di un segmento OM in due classi disgiunte in modo che O appartenga alla prima, M alla seconda, ogni punto del segmento appartenga ad una delle due classi ed infine ogni punto della prima classe si trovi all'interno del segmento che congiunge O con un punto qualunque della seconda.

si indichino con M' ed M'' le due classi; allora si possono presentare i seguenti quattro casi:

- 1) M' ha un ultimo punto A' ed M'' ha un primo punto A'' (si ha allora un 'salto');
- 2) M' ha un ultimo punto ed M'' non ha alcun primo punto;
- 3) M' non ha un ultimo punto ed M'' ha un primo punto;
- 4) nè M' ha un ultimo punto nè M'' ha un primo punto (si ha allora una 'lacuna').

La concezione di continuità formalizzata da Dedekind esclude che esistano salti oppure lacune. La concezione di Veronese esclude i salti ma non esclude le lacune, sotto certe condizioni ».

Ricordiamo che la possibilità di costruire una Geometria non-archimedeica coerente fu poi ulteriormente confermata dalle opere successive di altri matematici, tra i quali D. Hilbert, di cui abbiamo già detto.

9 - Una trentina d'anni dopo la polemica che abbiamo riportato incontriamo presso E. W. HOBSON un giudizio equilibrato sull'argomento, giudizio che pensiamo di poter condividere:

« La retta della Geometria — scrive Hobson — è un ente ideale, le cui proprietà possono essere liberamente postulate, purchè esse soddisfino alle due condizioni seguenti: 1) che esse costituiscano un

sistema consistente, cioè esente da contraddizioni interne; 2) che l'oggetto così definito sia tale da non contraddire i dati empirici, che ci impongono per la retta l'assetto rettilineo e l'ordinamento lineare.

Non vi sono obiezioni a priori contro la esistenza di due o più sistemi concettuali cosiffatti, ognuno coerente in sé, anche se contraddittorio con gli altri; ma per l'impiego attuale sarà conveniente scegliere il più semplice tra tali sistemi.

Anche ammettendo che si possa costruire una teoria non-archimedeo della retta, tuttavia occorre preferire il sistema più semplice, nel quale si accetta la validità della proposizione di Archimedeo, perchè tale sistema offre una immagine più semplice della retta, quale esiste in natura, ed è adeguato ai fini per i quali esso fu escogitato.

Il caso delle Geometrie non-euclidee è un esempio di esistenza di teorie geometriche diverse le une dalle altre, ma che tuttavia offrono tutte delle rappresentazioni sufficienti dei concetti spaziali offerti dalla Fisica ».

In altre parole, pensiamo che si possa dire che, come non esistono « in rerum natura », il punto, la retta, il piano e gli altri enti della Geometria, come dei dati dei quali possiamo soltanto indagare le proprietà, ma invece tali concetti sono costruiti dalla nostra mente, a partire dall'insieme delle nostre sensazioni, rielaborate ed extrapolate dalla fantasia, così non si dà « il continuo » come un dato obiettivo, esistente fuori di noi. Anche questo concetto viene da noi costruito sui dati della esperienza empirica, rielaborati ed extrapolati dalla fantasia. Ma questi dati empirici non ci possono imporre una data teoria del continuo, così come le esperienze elementari sui corpi che ci circondano non possono essere considerate come discriminanti tra l'una e l'altra delle varie Geometrie che si possono legittimamente costruire per descrivere le nostre esperienze, opportunamente idealizzate.

A conclusione di questa rassegna, necessariamente sommaria, sulla polemica riguardante le idee di G. Veronese, vorremmo compiacerci per il fatto che è in atto una rivalutazione dell'opera del geometra italiano. Vi è infatti chi riconosce esplicitamente nei lavori di Veronese e Levi-Civita i germi di quella che viene oggi presentata come « Analisi non standard ». Di più, vi è chi riconosce l'altezza dell'ingegno di Veronese e la fecondità delle sue idee, pur ammettendo la scarsa chiarezza del suo modo di esprimersi.

Scrivo per esempio G. REEB [21]:

« Alla fine del secolo, due brillanti matematici partirono verso le regioni inesplorate dell'infinito per conquistare nuove province alla

Matematica. Le loro strade si separarono ben presto: Cantor, l'astronauta, lasciò il campo gravitazionale del calcolo abituale per slanciarsi verso il pianeta sconosciuto del transfinito. Veronese, l'esploratore, restò sulla Terra, per dirigersi verso i paesi transarchimedei, che egli indovinava al di là dell'orizzonte ».

Si suol dire che la Storia è maestra della vita, anche se qualche saggio aggiunge che si tratta di una maestra che — con i termini di un capo d'istituto — dovrebbe essere giudicata « di scarsa efficacia didattica ».

Se qualche lezione si può trarre dalla polemica di cui abbiamo detto, essa potrebbe essere enunciata dicendo che è ben poco prudente pensare di possedere tutta la verità. Ma il passare del tempo spesso (non sempre purtroppo) apporta una visione più serena, e permette di riconoscere quei valori dell'intelligenza e dello spirito che la passione aveva velato.

SUMMARY. — Since the origins of the « rational geometry » mathematicians investigated the concept of geometrical continuum and the related problems. These problems gave rise to fundamental researches and passionate discussions throught the 16th, 17th and 18th centuries. In the 19th century the progress in the study of the Foundations of Mathematics and especially of Geometry led to a new attention to the problems of the continuum. Veronese was the first who explicitly introduced infinite segments and actual infinitesima in his theoretical system, getting a non-archimedean Geometry.

Veronese's construction was criticized on many sides. The consequent polemic promoted the clearing up of the concepts and allowed to check the internal coherency of the veronesian system.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BELTRAMI E., *Saggio di interpretazione della Geometria non euclidea*. Giornale di Matematica, 1868.
- [2] BENEDETTI P., *Fondamenti di Geometria*. Enciclopedia delle Matematiche Elementari, a cura di L. Berzolari, G. Vivanti, D. Gigli. Milano, 1937.
- [3] BOSCOVICH R., *De continuitatis lege et ejus consecrariis pertinentibus ad prima materiae elementa eorumque vires dissertatio*. Roma, 1754.
- [4] ENRIQUES F., *Prinzipien der Geometrie*. Enzyklop. der Math. Wiss. III A, B 1 (1907).
- [5] ENRIQUES F., *L'evoluzione delle idee geometriche nel pensiero greco: punto, linea e superficie. Questioni riguardanti le Matematiche elementari*. Parte I. Vol. I. Art. 1. Bologna, 1932.

- [6] ENRIQUES F., *Spazio e tempo davanti alla critica moderna. Questioni riguardanti le Matematiche elementari*. Parte I. Vol. II. Art. XII. Bologna, 1923.
- [7] GIORELLO G., *Lo spettro e il libertino*. Teologia, matematica, libero pensiero. Milano, 1985.
- [8] HEATH T. L., *The thirteen books of Euclid's Elements*. Cambridge, 1907.
- [9] HEOTH T. L., *A manual of greek Mathematics*. New York, 1963.
- [9 bis] HOBSON E. W., *The theory of functions of a real variable & the theory of Fourier series*. Cambridge, 1927.
- [10] LEVI-CIVITA T., *Sugli infiniti ed infinitesimi attuali quali elementi analitici*. Atti Ist. Veneto, s. VII, t. IV (1892-93) pp. 1765-1815.
- [11] MANARA C. F. e SPOGLIANTI M., *La idea di iperspazio. Una dimenticata polemica tra G. Peano, C. Segre e G. Veronese*. Atti e Memorie dell'Accademia Nazionale di Scienze, Lettere ed Arti di Modena - Serie VI. Vol. XIX, 1977.
- [12] PASCAL B., *De l'esprit géométrique et de l'art de persuader*.
- [13] PASCAL B., *La roulette et traités connexes*.
- [14] PEANO G., *Calcolo geometrico secondo l'Ausdehnungslehre di Grassmann*. Torino, 1888.
- [15] PEANO G., *Arithmetices principia nova methodo exposita*. Torino, 1889.
- [16] PEANO G., *Sulla definizione dell'area di una superficie*. Rend. Lincei, Vol. VI (1980), pp. 54-57.
- [17] PEANO G., *Sur une courbe qui remplit toute une aire plane*. Mathem. Annalen. Vol. XXXVI (1980), pp. 157-160.
- [18] PEANO G., *Osservazioni del direttore (ad un articolo di C. Segre)*. Rivista di Matematica. Vol. II (1980), pp. 58-62.
- [19] PEANO G., *Dimostrazione dell'impossibilità di segmenti infinitesimi costanti*. Rivista di Matematica. Vol. II (1982), pp. 58-62.
- [20] PEANO G., *Recensione al volume di G. Veronese, « Fondamenti di Geometria a più dimensioni e a più specie di unità rettilinee, ecc. »*. Rivista di Matematica, Vol. II (1982), pp. 143-144.
- [20 bis] PEANO G., *Sui fondamenti della Geometria*. Torino, 1894.
- [21] REEB G., VERONESE G., *Journées Raymond Couty*. Limoges, 1984.
- [22] SACCHERI G., *Euclides ab omni naevo vindicatus; sive conatus geometricus quo stabiliuntur prima ipsa universae geometriae principia*. Auctore Hieronimo Saccherio Societatis Jesu in Ticinensi Universitate Matheseos Professore. Mediolani, MDCCXXXIII.
- [23] VERONESE G., *Il continuo rettilineo e l'assioma V di Archimede*. Mem. Lincei, Serie IV, Vol. VI, anno 286 (1890).
- [24] VERONESE G., *Fondamenti di geometria a più dimensioni e a più specie di unità rettilinee esposti in forma elementare*. Lezioni per la scuola di Magistero in Matematica - Padova, 1891.
- [25] VERONESE G., *Osservazioni sopra una dimostrazione contro il segmento infinitesimo attuale*. Rend. del Circolo matematico di Palermo. Vol. VI (1892), pp. 73-76.

