
Matematica, Cultura e Società

RIVISTA DELL'UNIONE MATEMATICA ITALIANA

MASSIMO MUGNAI

Leibniz e la logica

Matematica, Cultura e Società. Rivista dell'Unione Matematica Italiana, Serie 1, Vol. 1
(2016), n.3, p. 241–257.

Unione Matematica Italiana

[<http://www.bdim.eu/item?id=RUMI_2016_1_1_3_241_0>](http://www.bdim.eu/item?id=RUMI_2016_1_1_3_241_0)

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

Leibniz e la logica

MASSIMO MUGNAI

Scuola Normale Superiore, Pisa

E-mail: massimo.mugnai@sns.it

Sommario: *Leibniz ritiene che la forma 'soggetto + copula + predicato' sia la forma standard di ogni enunciato elementare (non ulteriormente scomponibile in altri enunciati). Ritiene, inoltre, che la copula esprima la relazione d'inerenza o contenimento e che sia suscettibile di una duplice interpretazione: estensionale o intensionale. Dato, per esempio, l'enunciato 'Ogni uomo è mortale', la copula dice che:*

- 1) Ogni individuo che cade sotto il concetto di uomo appartiene alla collezione (aggregato, insieme, classe) di individui che cadono sotto il concetto mortale (punto di vista 'estensionale');*
- 2) Il concetto associato alla parola 'uomo' ha, tra i suoi componenti il concetto associato ad 'animale' (punto di vista 'intensionale')*

Leibniz afferma di preferire nettamente il punto di vista intensionale a quello estensionale, nella prospettiva di costruire un calcolo di 'puri concetti', nel quale la consistenza logica è il solo criterio di ammissibilità.

Nei suoi calcoli logici, Leibniz impiega la relazione di contenimento, che sussiste tra concetti (o aggregati corrispondenti ai concetti) e l'operazione di giustapposizione tra lettere che denotano concetti (o aggregati). La relazione di contenimento è riflessiva, transitiva e antisimmetrica e perciò induce un semi-ordine sull'insieme dei concetti (aggregati). L'operazione di giustapposizione è commutativa, idempotente e associativa. Dal punto di vista estensionale, Leibniz elabora un calcolo logico equivalente a un semi-reticolo con intersezione e negazione. Egli dispone, perciò, di tutti gli ingredienti per formare un'algebra di Boole. Sfortunatamente, tuttavia, i saggi logici leibniziani rimasero sepolti fino agli inizi del Novecento nella Landesbibliothek di Hannover (adesso Leibniz-Bibliothek).

Abstract: *Leibniz considers every elementary sentence (i.e. a sentence that cannot be analysed into further sentences) as having the general form: 'subject + copula + predicate'. As for the copula, Leibniz thinks that it expresses a relation of inherence or containment that may be read in two different ways. Given, for example, the sentence 'Every man is mortal', the copula says that:*

- 1) Every individual falling under the concept of man, belongs to the collection (aggregate, set, or class) of the individuals falling under the concept being mortal ('extensional' point of view);*
- 2) The concept associated with the word 'man' has amongst its component parts the concept associated with the word 'animal' ('intensional' point of view).*

Leibniz firmly claims that, of the two points of view, that according to the extension and that according to the intension, he prefers the second, thus aiming to construct a logical calculus of 'pure concepts', in which logical consistency is the sole criterion for admissibility.

In his logical essays, Leibniz employs the relation of containment, which subsists between concepts (or aggregates corresponding to concepts) and the operation of juxtaposition between letters denoting concepts (or aggregates). The relation of containment is reflexive, transitive and anti-symmetric, thus inducing a semi-order on the set of concepts (aggregates), whereas the operation of juxtaposition is commutative, idempotent and associative. From the extensional point of view, Leibniz gives rise to a logical calculus equivalent to a semi-lattice with meet and negation. Therefore, he disposes of all ingredients to form a Boolean algebra. Unfortunately, however, he never edited his logical essays, which still remained unpublished until the beginning of the 20th century.

1. – Leibniz, logico del Novecento

I principali meriti di Leibniz nell'ambito della logica sono sostanzialmente due: aver sviluppato un calcolo logico equivalente a quella che è nota

come 'algebra di Boole' e aver pensato di codificare i concetti e le proposizioni di tale calcolo mediante il ricorso a numeri primi. L'idea della codifica è molto probabile abbia avuto influenza su Kurt Gödel, che fu un ammiratore di Leibniz e ne studiò a lungo e intensamente le opere. Che Leibniz avesse effettivamente 'algebrizzato' la logica è, invece, un risultato che è diventato noto soltanto dopo i primi anni del

Accettato: il 5 dicembre 2016.

Novecento. A tal riguardo possiamo soltanto provare a immaginare quale avrebbe potuto essere lo sviluppo della logica, se le scoperte di Leibniz in questo campo fossero state accessibili più di un secolo e mezzo *prima* della pubblicazione dell'opera di George Boole, *L'analisi matematica della logica* (1847).

Quando morì, nel 1716, Leibniz lasciò un'ingente mole di manoscritti dedicati agli argomenti più vari (matematica, metafisica, teologia, fisica, filosofia, logica, ecc.) e nei formati più diversi: da semplici osservazioni su schede o fogli volanti, a saggi (quasi) pronti per la pubblicazione. Questo materiale fu custodito per anni nella biblioteca ducale di Hannover (in seguito *Biblioteca reale*, quindi *Landesbibliothek* e attualmente *Leibniz-Bibliothek*). La pubblicazione dei *Nuovi saggi sull'intelletto umano*, nel 1765, da parte di Rudolph Erich Raspe, successore di Leibniz alla direzione della biblioteca ducale e autore della versione inglese delle *Avventure del barone di Münchhausen*, permise di farsi una prima idea dell'importanza e della qualità del lascito leibniziano.⁽¹⁾ A quella di Raspe, seguirono nell'Ottocento altre edizioni delle opere di Leibniz, che contenevano, insieme a scritti pubblicati in precedenza, numerose lettere e una scelta di testi inediti.⁽²⁾ Già in appendice ai *Nuovi saggi* figuravano alcuni scritti di argomento logico.⁽³⁾ Soltanto nei primi anni del Novecento, tuttavia, fu possibile rendersi conto della vastità e profondità delle ricerche logiche leibniziane.

Negli ultimi anni dell'Ottocento, Louis Couturat si apprestò a pubblicare una monografia dedicata ai saggi di logica di Leibniz, fondandosi prevalentemente sui materiali fino allora editi nelle raccolte di Gerhardt. Quando stava per terminare il saggio, fu informato da Giovanni Vacca, un allievo di Peano,

dell'esistenza presso l'allora Biblioteca reale di Hannover di un consistente lascito di manoscritti leibniziani dedicati alla logica. Presa visione dei manoscritti, Couturat pubblicò nel 1901 la monografia *La logique de Leibniz*, che aveva appunto come sottotitolo *D'après des documents inédits*.⁽⁴⁾ I documenti inediti, sui quali Couturat si era basato per la stesura del libro, videro la luce nel 1903, presso l'editore Alcan di Parigi.⁽⁵⁾ È perciò agli anni 1901-3 che va ricondotta la scoperta di Leibniz come logico: paradossalmente, si potrebbe dire che Leibniz 'è un logico del Novecento'.

Sarebbe errato, tuttavia, credere che prima di questa data l'interesse di Leibniz per la logica fosse passato completamente inosservato. In un appunto scritto dopo la pubblicazione di *The Laws of Thought* (1854), George Boole afferma, per esempio, che "alcune speculazioni" di Leibniz presenti nell'edizione curata da Erdmann "sono notevoli" e si avvicina "alla realizzazione dell'idea di una logica sviluppata in forme matematiche".⁽⁶⁾ Gottlob Frege, per parte sua, indicherà nelle concezioni leibniziane relative alla logica e al calcolo logico un punto di riferimento per le proprie indagini. In un saggio sulla prospettiva algebrica inaugurata da Boole e sviluppata da Ernst Schröder, osserverà che in Leibniz si trovano già alcuni principi del calcolo booleano, e citerà direttamente passi tratti da saggi di logica di Leibniz che all'epoca erano disponibili.⁽⁷⁾

Ancora oggi, una parte non trascurabile del lascito leibniziano attende di essere pubblicata. Di quasi tutti i saggi di logica portati alla luce da Couturat esiste, tuttavia, un'edizione critica, che raccoglie anche testi che non compaiono negli *Opuscles*.⁽⁸⁾ L'edizione

⁽⁴⁾ Paris, Presses Universitaires de France.

⁽⁵⁾ *Opuscles et fragments inédits de Leibniz: extraits des manuscrits de la Bibliothèque Royale de Hanovre*.

⁽⁶⁾ Cfr. G. Boole, *Selected Manuscripts on Logic and its Philosophy*, Editors: I. Grattan-Guinness, G. Bornet, Birkhauser Verlag, Basel-Boston-Berlin, 1997, p. 188.

⁽⁷⁾ Cfr. G. Frege, *La logica calcolistica di Boole e l'ideografia*, in *Scritti postumi*, a cura di E. Picardi, Napoli, Bibliopolis, 1986, pp. 77-80.

⁽⁸⁾ G. W. Leibniz, *Saemtliche Schriften und Briefe*, Akademie Verlag, Berlin-Darmstadt-Muenster, 1923 e segg. (da qui in poi indicata con la sigla 'A' seguita, nell'ordine, dal numero romano della serie, per esempio 'VI' (scritti filosofici), dal numero del volume e dall'indicazione delle pagine).

⁽¹⁾ Cfr. *Oeuvres philosophiques latines et françaises de feu Mr. de Leibnitz*, Amsterdam-Leipzig, 1765.

⁽²⁾ God. Guil. Leibnitii Opera quae extant Latina, Gallica, Germanica, omnia, instruxit J. E. Erdmann, Berlino, 1840; G. W. Leibniz, *Mathematische Schriften*, herausgegeben von C. I. Gerhardt, voll. 1-7, Berlino-Halle, 1849-1863; *Die philosophischen Schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz*, herausgegeben von C. I. Gerhardt, voll. 1-7, Berlino, 1875-1890.

⁽³⁾ Cfr. *Oeuvres philosophiques Latines et Françaises de feu Mr. de Leibnitz*, pp. 507 e ss.

critica, d'altra parte, ha pubblicato finora saggi di logica che si estendono poco oltre il 1686, mentre la raccolta di Couturat comprende anche alcuni lavori composti intorno al 1700 e, addirittura, fino al 1715. Non è escluso che altri lavori di argomento logico emergano dai restanti manoscritti inediti.

Se ci atteniamo ai saggi finora pubblicati, sia in edizione critica sia negli *Opuscules*, possiamo raggruppare la produzione logica di Leibniz in cinque distinti periodi:

- Il periodo giovanile, che coincide con la stesura della *Dissertazione sull'arte combinatoria* del 1666;
- Il periodo successivo al soggiorno parigino, dal 1679 al 1685, nel quale Leibniz fissa i principi fondamentali del calcolo logico;
- Il periodo dal 1686 al 1688, comprendente il testo di maggiore impegno e lunghezza, le *Ricerche generali sull'analisi delle nozioni e delle verità* (1686) e alcuni saggi affini;
- Il periodo dal 1686 al 1690, nel quale Leibniz elabora una serie di saggi incentrati sulle nozioni di *tutto* e *parte*;
- il periodo che va dal 1696 circa al 1715, caratterizzato dalla composizione di un lungo scritto che fa uso sistematico di diagrammi per controllare la validità delle inferenze e dalla stesura di una serie di riflessioni sulla sillogistica, culminanti nel saggio intitolato *Mathesis Rationis*.

Quando scrive la *Dissertazione sull'arte combinatoria*, Leibniz è appena diciannovenne e possiede scarse conoscenze matematiche. In seguito, nel 1690, nell'occasione della riedizione dell'opera a sua insaputa, avrà modo di correggere alcuni errori e di richiamare l'attenzione sul carattere 'immaturo' dello scritto. Ciononostante, la *Dissertazione* contiene idee e intuizioni che, opportunamente sviluppate, costituiranno le 'fondamenta' non solo della logica ma anche della riflessione filosofica e metafisica in generale elaborata dal Leibniz maturo.

È infatti nella *Dissertazione sull'arte combinatoria*, che compare l'idea di costruire un linguaggio universale e sarà da quest'idea che si svilupperanno i saggi di logica, a partire dal 1679. Il progetto per la costruzione di un linguaggio universale, già nella

Dissertazione era basato sulle seguenti tappe:

1. Eseguire un'analisi esaustiva dei concetti che possediamo, in modo da ottenere una lista dei concetti primi o *semplici*;
2. Ricombinare insieme i concetti semplici, in modo da ottenere tutti i concetti complessi e tutte le possibili verità;
3. Designare i concetti semplici con numeri primi, in modo da esprimere i concetti complessi come prodotti dei primi;
4. Sviluppare un calcolo logico operando sui numeri, invece che direttamente con i concetti.

Nella monografia dedicata alla logica di Leibniz, Louis Couturat fa un esempio che mette bene in luce l'idea di fondo che Leibniz elabora nella *Dissertazione* del 1666.⁽⁹⁾ Supponiamo che 210 sia il numero associato a un determinato concetto complesso (il 'codice' di quel concetto); i suoi fattori primi sono: 2, 3, 5, 7 e possono esser considerati come i numeri dei concetti semplici che compongono quel concetto. Così, avremo una prima classe di combinazioni 'unarie' e altre tre classi corrispondenti, rispettivamente, a combinazioni di due, tre e quattro numeri primi:

1. (2), (3), (5), (7);
2. (2.3), (2.5), (2.7), (3.5), (3.7), (5.7);
3. (2.3.5), (2.3.7), (2.5.7), (3.5.7);
4. (2.3.5.7)

Ciascuna di queste combinazioni corrisponde a un divisore di 210. La combinazione della quarta classe, per esempio, corrisponde a 210; la seconda combinazione della terza classe corrisponde a 42; la terza della seconda classe corrisponde a 14, ecc. È perciò naturale pensare i divisori di un dato numero come *predicati* che possono essere attribuiti con verità al concetto associato a siffatto numero. Come osserva Leibniz:

I predicati di un dato soggetto sono tutti i suoi termini primitivi e tutti i termini derivati più vicini ai primitivi, i cui termini primitivi sono tutti nel dato soggetto.⁽¹⁰⁾

⁽⁹⁾ L. Couturat, *La Logique de Leibniz*, p. 41, nota 1.

⁽¹⁰⁾ Cfr. A VI, 1, pp. 196-98.

A questo punto, disponiamo di tutti gli elementi per risolvere il seguente problema: *Trovare tutti i possibili predicati P che possono essere asseriti con verità di un dato soggetto S in una proposizione categorica universale affermativa ('Ogni S è P ').* La soluzione di Leibniz è: dato un concetto S appartenente alla classe k di combinazioni, il numero di tutte le proposizioni categoriche universali affermative vere, aventi S come soggetto (vale a dire, il numero dei predicati P che possono essere combinati con S , in modo da generare proposizioni universali affermative vere) è $2^k - 1$. Come Leibniz precisa, siffatta soluzione è applicabile esclusivamente a teoremi e verità necessarie.

Un secondo problema proposto da Leibniz è quello di *trovare tutti i possibili soggetti S che possono essere associati a un dato predicato P , in modo da generare soltanto proposizioni categoriche universali affermative*. Per risolvere questo problema, Leibniz distingue due casi:

- (a) l'insieme di tutti i concetti primitivi di un dato concetto P è un sottoinsieme proprio dell'insieme di concetti componenti il concetto S ;
- (b) S e P sono composti dal medesimo insieme di concetti primitivi.

Nel caso (a), i concetti che possono svolgere il ruolo di soggetto in una proposizione categorica universale affermativa avente P come predicato appartengono alle classi che contengono tutti i concetti primitivi di P . Nel caso (b) il predicato è, al più, una differente descrizione del soggetto.

Leibniz presenta le due soluzioni seguenti:

Soluzione (a):

Se k è il numero dei concetti primi di un dato concetto P e n il numero di tutti i concetti primi, allora il numero di tutti i possibili soggetti S , che possono esser combinati con P , dando luogo a proposizioni categoriche universali vere è determinato dalla formula $2^{n-k} - 1$.

Soluzione (b):

Se k è il numero dei concetti primi di un dato concetto P e n il numero dei concetti primi in generale, il numero dei possibili soggetti S che possono essere combinati con P , in modo da generare tutte le proposizioni categoriche universali

affermative vere, inclusa la proposizione identica, è determinato dalla formula 2^{n-k} .

Nella *Dissertazione sull'arte combinatoria*, Leibniz affronta anche i problemi della determinazione del numero dei soggetti e dei predicati delle proposizioni categoriche universali negative e delle proposizioni particolari, sia affermative sia negative. L'idea d'impiegare i numeri primi per attuare una codifica dei concetti, continuerà ad avere un ruolo fondamentale nei successivi tentativi leibniziani di creare un *alfabeto dei pensieri* ovvero una *caratteristica universale*.

La parola latina *character* ha il medesimo significato delle parole italiane 'segno', 'nota'; e con l'espressione *caratteristica universale* Leibniz intendeva riferirsi a un sistema di simboli denotanti concetti e proposizioni, sui quali operare secondo determinate regole, per scoprire nuove verità e trovare dimostrazioni di quelle già in nostro possesso.

2. – Estensione e intensione

Dopo il soggiorno parigino (marzo 1672 - ottobre 1676), in una serie di saggi successivi al 1678, dedicati alla costruzione di un calcolo logico ispirato all'algebra di Viète, Leibniz riprende l'idea già espressa nella *Dissertazione sull'arte combinatoria* di impiegare numeri per designare concetti e dà per scontato che la forma elementare di ogni proposizione (categorica) sia 'soggetto + copula (il verbo 'essere') + predicato'. Leibniz è consapevole del fatto che non tutte le proposizioni che usiamo nel discorso ordinario hanno tale forma, ma pensa che il ricorso a parafrasi renda possibile la riduzione a questa forma. Data una proposizione composta da un soggetto e un verbo, come, per esempio 'Socrate corre', Leibniz, uniformandosi alla tradizione, la riporta alla forma generale 'soggetto + copula + participio del verbo'. Così, 'Socrate corre' diventa 'Socrate è corrente'. Lo stesso tipo di riduzione è presente in Aristotele e Boezio e diventa standard nel periodo scolastico.

Data una proposizione composta da un unico verbo, come, per esempio, la proposizione latina '*pluit*' [*piove*], Leibniz suggerisce di renderne esplicito il soggetto; così, '*pluit*' [*piove*] diventa '*pluvia*

cadit [la pioggia cade]'.⁽¹¹⁾ Contrariamente all'ortodossia aristotelica, invece, Leibniz assume che una proposizione in forma soggetto-predicato, priva di una quantificazione esplicita, debba essere considerata equivalente a una proposizione universale (mentre per Aristotele era equivalente a una particolare). Così, 'homo est animal' ['uomo è animale'] è considerata da Leibniz equivalente a 'omnis homo est animal' ['ogni uomo è animale']. In forma schematica, 'A è B' per Leibniz è equivalente a 'Ogni A è B'.

Per quello che concerne la *copula*, Leibniz la interpreta sistematicamente come una relazione che esprime l'inerenza del concetto associato al predicato nel concetto corrispondente al soggetto. Perciò, 'A è B' significa propriamente che il concetto corrispondente ad 'A' inerisce al concetto corrispondente a 'B'. È questa una delle più antiche e stabili tesi della filosofia di Leibniz ed è chiaramente espressa negli *Elementi di Calcolo*:

[...] ogni proposizione categorica universale vera affermativa non significa altro che una qualche connessione tra il predicato e il soggetto (nel caso nominativo, del quale si parlerà sempre in questo scritto), in modo che il predicato sia detto essere nel soggetto o esser contenuto nel soggetto [...].⁽¹²⁾

Sempre negli *Elementi*, troviamo la prima chiara definizione dei due differenti punti di vista, *intensionale* ed *estensionale*, secondo i quali può essere considerata la relazione di inclusione:

Due termini, uno dei quali contiene l'altro e che non coincidono, sono chiamati 'genere' e 'specie'. Questi, in quanto compongono concetti o termini (è questo il modo in cui li considero qui) differiscono come parte e tutto, in maniera tale che la nozione del genere è la parte e quella della specie il tutto, in quanto si compone di genere e differenza. Il concetto di oro, per esempio, e quello di metallo differiscono come la parte e il tutto, poiché nella nozione di oro è contenuta la nozione di metallo e qualcosa in più, vale a dire del più pesante tra i metalli.⁽¹³⁾

Il punto di vista opposto, cioè quello '*estensionale*', è attribuito da Leibniz agli 'scolastici':

Gli scolastici parlano diversamente, in quanto considerano non le nozioni, ma gli esempi che cadono sotto le nozioni universali. Così, dicono che il *metallo* è più esteso dell'*oro*, perché contiene più specie oltre l'*oro*; e se volessimo enumerare gli individui fatti d'*oro* da una parte e quelli fatti di metallo da un'altra, questi ultimi sarebbero più numerosi dei primi, i quali, anzi, sarebbero contenuti in questi ultimi come una parte nel tutto.⁽¹⁴⁾

Negli *Elementi*, Leibniz rende esplicita anche la ragione della sua preferenza per il punto di vista intensionale:

[...] In verità, ho preferito considerare le nozioni universali, vale a dire le idee e le loro composizioni, in quanto non dipendono dall'esistenza degli individui.⁽¹⁵⁾

Il punto di vista intensionale evita ogni riferimento all'esistenza attuale degli individui corrispondenti ai concetti, mentre il punto di vista estensionale ne presuppone l'esistenza.

Più di vent'anni dopo, nei *Nuovi saggi sull'intelletto umano*, Leibniz sottolinea nuovamente la differenza tra i due punti di vista. La prospettiva adottata dagli scolastici è diventata adesso 'la maniera comune di esprimersi', mentre quella intensionale è fatta risalire ad Aristotele:

La maniera comune di esprimersi concerne gli individui, mentre Aristotele fa riferimento piuttosto alle idee o agli universali. Poiché, quando dico *Ogni uomo è un animale* intendo dire che tutti gli uomini sono inclusi fra tutti gli animali; al tempo stesso, però, intendo che l'idea di animale è inclusa nell'idea di uomo. 'Animale' comprende più individui di 'uomo', ma 'uomo' comprende più idee o più attributi: l'uno ha più esempi, l'altro più gradi di realtà; uno ha maggiore estensione, l'altro maggiore intensione.⁽¹⁶⁾

Tra i due punti di vista, estensionale e intensionale, Leibniz scorge un rapporto di reciprocità: dati due termini generali del linguaggio, per esempio 'uomo' e 'animale', mentre l'insieme d'individui che corrispondono al termine 'uomo' è incluso nell'insieme d'individui che corrispondono al termine 'animale', la

⁽¹¹⁾ Quindi: 'la pioggia è cadente'.

⁽¹²⁾ A VI, 4, p. 197.

⁽¹³⁾ A VI, 4, pp. 199-200.

⁽¹⁴⁾ A VI, 4, p. 200.

⁽¹⁵⁾ *Ibidem*.

⁽¹⁶⁾ A VI, 6, 486.

nozione corrispondente a ‘uomo’ include la nozione corrispondente ad ‘animale’. Secondo quanto leggiamo in un saggio dell’agosto 1690:

[...] Il metodo che procede mediante nozioni (*per notiones*) è contrario a quello mediante individui, infatti, se tutti gli uomini sono parte di tutti gli animali, ovvero se tutti gli uomini sono in tutti gli animali, viceversa la nozione di animale sarà nella nozione di uomo; e se ci sono più animali oltre agli uomini, bisogna aggiungere qualcosa all’idea di animale, affinché si ottenga l’idea di uomo. Cioè, aumentando le condizioni diminuisce il numero (*augendo conditiones, minuitur numerus*).⁽¹⁷⁾

Con ‘termine’, Leibniz intende designare non un’espressione linguistica, bensì un concetto, una ‘nozione’ o idea.⁽¹⁸⁾ Se interpretiamo l’estensione associata a ciascuna nozione o idea come l’insieme d’individui che ‘cadono’ sotto di essa, diventa naturale rappresentare come *inclusione insiemistica* la relazione di contenimento dal punto di vista estensionale. Dati due termini qualsiasi A e B , possiamo esprimere, perciò, nel modo seguente il fatto che l’estensione di A è inclusa in quella di B :

- $Ext A \subseteq Ext B$.

D’altra parte, se assumiamo di esprimere col simbolo ‘ $\geq$ ’ la relazione di contenimento fra nozioni o idee, possiamo rappresentare così il fatto che il termine A contiene il termine B :

- $Int A \geq Int B$.

Di conseguenza, quello che possiamo chiamare *principio di reciprocità* (PR) tra *intensione* ed *estensione*, e che corrisponde a una stabile convinzione di Leibniz, assumerà la forma:

(PR) $Ext A \subseteq Ext B$ se e solo se $Int A \geq Int B$.

Così espresso, (PR) consta di due ‘versi’:

1. Se $Ext A \subseteq Ext B$, allora $Int A \geq Int B$;
2. Se $Int A \geq Int B$, allora $Ext A \subseteq Ext B$.

⁽¹⁷⁾ *Opusculæ et fragments inédits*, p. 235.

⁽¹⁸⁾ Cfr. A VI, 4, p. 288: “Con *termine* non intendo un nome ma un concetto, ossia ciò che è significato dal nome [...]”

2. sembra ragionevole: se due concetti sono ‘inclusi’ l’uno nell’altro, la relazione inversa sussiste tra le loro ‘estensioni’: se *animale* è incluso in *uomo*, allora l’estensione associata a ‘uomo’ è parte dell’estensione associata ad ‘animale’. 1., invece, è il ‘verso’ problematico ed è esposto a ben noti contresempi: nel mondo attuale, per esempio, l’estensione di *animale con i reni* coincide con quella di *animale con il cuore*, ma dal punto di vista intensionale, i due concetti sono ben distinti. Un modo classico per ovviare a questa difficoltà consiste nel pensare le estensioni dei concetti ‘sganciate’ dallo stato presente del mondo (da come stanno le cose nel ‘nostro’ mondo). A tale scopo possiamo far riferimento a un universo U di *individui possibili* come dominio di una funzione ϕ che assegna a ciascun concetto o intensione i un’estensione determinata: in questo modo, a intensioni differenti corrisponderanno estensioni differenti, indipendentemente da come stanno le cose nel nostro mondo.

3. – Modello algebrico e ‘numeri caratteristici’

Negli *Elementi di calcolo*, Leibniz delinea alcuni tratti di un sistema logico in forma di calcolo algebrico. Egli cerca, in primo luogo, di trasformare le proposizioni in equazioni. Data, perciò, una proposizione universale affermativa come, per esempio,

- (1) Ogni uomo è animale

la riconduce alla forma:

- (2) (Ogni) u è a ,

dove ‘ u ’ e ‘ a ’ stanno, rispettivamente, per ‘uomo’ e ‘animale’. Negli *Elementi di calcolo* Leibniz impiega lettere minuscole dell’alfabeto latino per denotare *termini*, cioè concetti corrispondenti a espressioni linguistiche come *cane*, *uomo*, *animale*, ecc. Quindi, procede a rappresentare (2) come un’espressione algebrica:

- (3) $u = ax$,

nella quale ‘ x ’ denota un concetto che, giustapposto al concetto designato da a , genera il concetto complesso ‘ ax ’ *coincidente* col concetto designato da ‘ u ’.

Sempre negli *Elementi*, Leibniz, sfruttando un'idea già avanzata nella *Dissertazione sull'arte combinatoria*, presuppone che i termini semplici (primitivi) siano designati da numeri primi e che tutti i termini complessi siano generati dai semplici moltiplicando i numeri che vi corrispondono. In tal caso, il *prodotto* di due o più numeri primi designa un concetto complesso:

[...] quando il concetto di un dato termine è composto direttamente dai concetti di due o più termini, il numero caratteristico del termine dato dovrebbe essere il prodotto ottenuto moltiplicando i numeri caratteristici dei termini che compongono il concetto del termine dato.⁽¹⁹⁾

Se '2' denota il concetto 'animale' e '3' quello di 'razionale', il concetto complesso 'uomo' sarà denotato da '6'. Perciò, la proposizione:

- Ogni uomo è un animale

sarà espressa, mediante numeri caratteristici, come

- $6 = 2 \times 3$.

Un anno dopo, nell'aprile 1679, Leibniz sviluppa ulteriormente le idee contenute negli *Elementi* in un saggio intitolato:

Regole in base alle quali si può decidere, mediante numeri, riguardo alla validità delle inferenze e riguardo alle forme e modi dei sillogismi categorici.⁽²⁰⁾

In questo saggio, Leibniz suppone che ciascun termine (soggetto e predicato) di una proposizione categorica si componga di due parti, una positiva e una negativa; ed assegna un intero positivo alla parte positiva e un intero negativo alla parte negativa. Se designamo con '+ s_i ' and '- s_k ' i numeri positivi e negativi che rappresentano, rispettivamente, la parte positiva e negativa del soggetto; e con '+ p_i ' and '- p_k ' i numeri positivi e negativi rappresentanti la parte positiva e negativa del predicato, possiamo rappresentare come segue la proposizione 'Ogni S è P':

$$(A) [\langle +s_1, -s_2 \rangle, \langle +p_1, -p_2 \rangle].$$

(A) risulterà vera alle seguenti condizioni:

1. $+p_1$ divide esattamente (cioè senza resto) $+s_1$, e $-p_2$ divide esattamente $-s_2$;
2. nessun numero divide un numero di segno opposto;
3. i due numeri di un medesimo termine (soggetto o predicato) devono essere primi tra loro.

Una proposizione particolare negativa, cioè una proposizione della forma 'Qualche S non è P', secondo le regole del 'quadrato delle opposizioni', è vera quando l'universale affermativa corrispondente è falsa (e viceversa), cioè quando $o +p_1$ non divide esattamente $+s_1$ o $-p_2$ non divide esattamente $-s_2$, o entrambe.

Una proposizione universale negativa come 'Nessun S è P' è vera, quando

[...] due numeri di segno differente e corrispondenti a termini differenti hanno un divisore comune.⁽²¹⁾

In altre parole, una proposizione universale negativa è vera quando $+s_1$ e $-p_2$ oppure $-s_2$ e $+p_1$ hanno un divisore comune.

Una proposizione particolare affermativa ('Qualche S è P') è vera quando l'universale negativa corrispondente è falsa, e viceversa;⁽²²⁾ ovvero quando $-p_2$ e $+s_1$ sono primi tra loro e lo stesso vale per $+p_1$ e $-s_2$.

In questo saggio, Leibniz usa sia numeri sia lettere per rappresentare termini. Per esempio, se assumiamo: 'persona pia' = $\langle +10, -3 \rangle$; 'infelice' = $\langle +5, -14 \rangle$, l'enunciato

(E) 'Nessuna persona pia è infelice'

può essere espresso mediante numeri come

$$(E) [\langle +10, -3 \rangle \langle +5, -14 \rangle];$$

e, mediante lettere, come

$$(E) [\langle +cd, -e \rangle \langle +l, -cm \rangle].$$

È riflettendo sulla relazione tra una proposizione e la sua interpretazione numerica che Leibniz, in un

⁽¹⁹⁾ A VI, 4, p. 198.

⁽²⁰⁾ A VI, 4, p. 242.

⁽²¹⁾ A VI, 4, p. 244.

⁽²²⁾ A VI, 4, p. 245.

altro saggio scritto nel medesimo periodo del precedente, propone un criterio per la validità logica di qualsiasi tipo di argomento:

[...] ricorrendo a numeri, possiamo dimostrare ed esaminare qualsiasi conseguenza, ogni figura e tutti i modi sillogistici finora accettati ma anche innumerevoli altri argomenti, anche più complessi, che sono impiegati frequentemente nella vita di ogni giorno e che, ciononostante, sono ignorati dagli scolastici.⁽²³⁾

Applicato ai sillogismi e alle figure della tradizione aristotelica, il criterio è caratterizzato in questi termini:

Se desideriamo sapere se una data figura [sillogistica] è valida in virtù della sua forma [*vi formae*], vediamo se la contraddittoria della conclusione è compatibile con le premesse, cioè se è possibile trovare numeri che possano soddisfare [*satisfacientes*] allo stesso tempo le premesse e la contraddittoria della conclusione. Se tali numeri non possono essere trovati, allora il dato argomento deve concludere in virtù della sua forma.⁽²⁴⁾

Ossia, un dato argomento è *invalido*, se si è in grado di trovare un *controesempio*, vale a dire se troviamo un'interpretazione delle lettere che rende vere le premesse e falsa la conclusione.

La nozione di *forma logica* e il concetto di *valido secondo la forma*, insieme al tentativo di individuare le regole che governano il calcolo logico, sono al centro dei saggi che Leibniz scrisse tra l'estate e l'autunno 1679. In questi saggi, i *numeri caratteristici* recedono sullo sfondo e l'attenzione si focalizza sulla forma generale delle proposizioni e degli argomenti. Il proposito centrale rimane quello di costruire un *calcolo logico universale*:

Affinché la natura di questo calcolo venga compresa, bisogna notare che tutto ciò che è da noi enunciato mediante certe lettere, che sono state scelte arbitrariamente, può essere asserito allo stesso modo usando lettere qualsiasi. Così, quando dico che la proposizione *ab è a* è sempre vera, intendo affermare che è vero non solo l'esempio *Animale razionale è animale* (assumendo che *animale* sia significato da *a* e *razionale* da *b*), ma che è vero anche l'esempio *Animale*

razionale è razionale (assumendo che *razionale* sia significato da *a* e *animale* da *b*). Intendo, inoltre, che lo stesso valga nel caso di qualsiasi altro esempio [...]⁽²⁵⁾

L'idea di *forma logica* implica, dunque, che al variare delle interpretazioni delle lettere che compongono gli enunciati del linguaggio artificiale, ci sia una struttura che rimanga la stessa; ed è siffatta struttura a garantire la validità di un argomento.

4. – Le Ricerche generali e scritti successivi al 1686

Nei saggi elaborati durante gli anni 1679-1686, *Ricerche generali* comprese, Leibniz mostra di possedere tutti gli elementi per costruire un calcolo logico consistente e completo. I principali ingredienti di questo calcolo sono:

- Un linguaggio basato sulle lettere (maiuscole o minuscole) dell'alfabeto latino, divise in due classi:
 - costanti, cioè lettere con un significato determinato;
 - *lettere indefinite*, che svolgono un ruolo analogo a quello di variabili;
- un'operazione binaria consistente nella giustapposizione di lettere;
- un'operazione unaria corrispondente alla *negazione* (espressa dalla parola latina 'non');
- la relazione di *contenimento*, espressa dalla parola latina 'esse';

Tra i principi del calcolo, un ruolo preminente è svolto dal

- principio di sostitutività degli identici (*coincidenti*).

Le lettere corrispondono ai nomi generali (e propri) di un frammento specializzato del latino e sono associate a insiemi di concetti oppure a insiemi d'individui di un dominio inteso di oggetti.

Per comprendere meglio la natura dei risultati ottenuti da Leibniz, converrà soffermarsi su alcuni di questi 'ingredienti' del calcolo logico.

⁽²³⁾ A VI, 4, pp. 234-35.

⁽²⁴⁾ A VI, 4, p. 256.

⁽²⁵⁾ A VI, 4, p. 289.

4.1 – Lettere indefinite (Variabili)

Nelle *Ricerche Generali*, Leibniz fa propria la convenzione già presente in Descartes di impiegare le ultime lettere dell'alfabeto latino per rappresentare i valori non noti e le prime per quelli noti. Quindi specifica alcune regole riguardanti l'uso di quelle che egli chiama 'lettere indefinite'. Tra queste regole, le seguenti sono degne di nota:

(§. 20) Bisogna notare [...] che una lettera può esser messa al posto di un qualsiasi numero di altre lettere, per esempio: $YZ = X$, con l'avvertenza, tuttavia, che tale lettera non sia stata ancora usata in questo calcolo della ragione, in modo che non sorga confusione.

[...] (§. 23) Al posto di una qualunque lettera definita può esserne sostituita una indefinita, non ancora usata. Analogamente, si può operare la sostituzione di un qualsiasi numero di lettere definite e di lettere definite e indefinite, vale a dire si può porre $A = Y$.

(§. 24) A qualsiasi lettera ne può essere aggiunta una indefinita; così, al posto di A possiamo mettere AY , poiché $AA = A$ [...] e A è Y (oppure, al posto di A possiamo porre Y , per il §. 23). Dunque $A = AY$.⁽²⁶⁾

Come abbiamo accennato, in scritti precedenti le *Ricerche Generali*, Leibniz aveva fatto ricorso a 'lettere indefinite' per esprimere nei termini di un'equazione: $a = bx$ una proposizione universale affermative del tipo: '(Ogni) a è b '. In questi scritti Leibniz mostra di esser consapevole del fatto che la lettera indefinita presente nell'espressione ' bx ' svolge il ruolo di un quantificatore:

Dunque, dobbiamo osservare che, mentre in ogni equazione, vale a dire in ogni proposizione che può essere convertita, una lettera da sola rappresenta un termine universale, come, per esempio: n , cioè: *Ogni neve*, nel caso, invece, in cui la lettera sia moltiplicata mediante una lettera incognita s , come in sm , allora ciò significa un termine con un segno di particolarità, come *qualche fenomeno meteorologico*.⁽²⁷⁾

Nelle *Ricerche Generali*, troviamo lo stesso concetto, espresso in modo più chiaro:

(§. 16) Una *proposizione affermativa* è A è B , ovvero, A *contiene* B , ossia, come dice Aristotele, *ad A ineri-*

⁽²⁶⁾ A VI, 4, p. 752.

⁽²⁷⁾ A VI 4, p. 209.

sce B (cioè nel caso nominativo). Vale a dire, se sostituiamo un valore per A , avremo: A *coincide con* BY . Per esempio: *uomo è animale*, ossia *uomo è il medesimo che animale ...*, cioè *uomo è il medesimo che animale razionale*. Col segno Y , infatti, intendo qualcosa di indeterminato, per cui BY è il medesimo che *qualche B*, ossia ... *animale* (dove è sottinteso *razionale*, purché conosciamo ciò che è sottinteso), ovvero: *qualche animale*. Così, A è B è lo stesso di A *coincide con qualche B*, ossia: $A = BY$.⁽²⁸⁾

In questo caso, la 'lettera indefinita' corrisponde al quantificatore *qualche*, Leibniz, tuttavia, nelle *Ricerche Generali* considera la possibilità di esprimere anche il *quantificatore universale* mediante una 'lettera indefinita'. Ciò può essere considerato un tentativo embrionale di trovare simboli opportuni per elaborare una teoria della quantificazione, e sicuramente Leibniz ha una chiara intuizione dell'importanza di siffatta teoria. L'idea di introdurre sistematicamente i quantificatori, tuttavia, non viene sviluppata né in quest'opera né in altri saggi posteriori alle *Ricerche Generali*.

4.2 – L'operazione di giustapposizione

Già nei saggi di questo periodo, Leibniz afferma che l'operazione di giustapposizione gode di due importanti proprietà: date due lettere qualsiasi a e b , vale

- $aa = a$
- $ab = ba$.

La giustapposizione, cioè, è *idempotente* e *commutativa*.⁽²⁹⁾

Oltre a *idempotenza* e *commutatività*, Leibniz impiega, ma tipicamente non menziona, l'*associatività*:

- $(ab)c = a(bc)$.

Com'è messo bene in evidenza da un saggio scritto intorno al 1690, Leibniz è consapevole dell'importanza di queste proprietà per costruire un calcolo logico generale:

⁽²⁸⁾ A VI, 4, p. 750.

⁽²⁹⁾ Cfr. A VI, 4, p. 289: "Bisogna osservare che non ha importanza se dico ab o se dico ba [...] La ripetizione di una medesima lettera nel medesimo termine è inutile e basta tenerla una sola volta, per esempio: aa [...]"

Dal momento che l'algebra generale [*speciosa generalis*] non è altro che la rappresentazione e il trattamento di combinazioni mediante segni, e poiché varie sono le leggi di combinazione che possono essere scoperte, il risultato di tutto ciò è che sorgono vari metodi di calcolo. Qui, tuttavia, non si tiene conto della variazione consistente nel mutamento del solo ordine, e AB per noi è lo stesso che BA . Inoltre, non si tiene conto della ripetizione: vale a dire che AA per noi è lo stesso che A . Di conseguenza, tutte le volte che queste leggi sono osservate, si può applicare il presente calcolo.⁽³⁰⁾

In altre parole, dato un insieme di simboli sul quale sono definite certe operazioni, il sistema così originato può essere interpretato su qualsiasi dominio di enti nel quale siano eseguite operazioni analoghe, a condizione che siffatte operazioni soddisfino le proprietà di *idempotenza*, *commutatività* e *associatività*. Sviluppando quest'idea, Leibniz concepisce il progetto di una teoria molto generale che chiama *scienza delle forme o formule*, o *caratteristica universale*, alla quale l'algebra stessa è subordinata:

L'arte delle combinazioni [...] per me [...] significa puramente la scienza delle forme o formule, o anche delle variazioni in generale. In una parola, è la *speciosa universale o caratteristica* [...]. Si potrebbe anche dire che il calcolo con le lettere, o più precisamente l'algebra, è in certo senso subordinata ad essa, poiché s'impiegano parecchi segni che, all'inizio del calcolo, possono essere cambiati e mutuamente sostituiti, senza arrecar danno al ragionamento. Per questa ragione le lettere dell'alfabeto sono molto adatte. E quando queste lettere o segni significano grandezze o numeri in generale, il risultato è l'algebra [...]. In questo modo i più grandi benefici dell'algebra sono semplicemente esempi dell'arte caratteristica, il cui uso non è affatto limitato ai numeri e alle grandezze. Quindi, quando queste lettere significano punti (secondo la pratica usuale dei geometri) possiamo creare un calcolo o sorta di operazione che è assai differente dall'algebra e che nondimeno non cessa di avere gli stessi vantaggi di questa [...]. Nel caso in cui queste lettere significhino termini o concetti, come in Aristotele, abbiamo quella parte della logica che ha a che fare con figure e modi [...]. Infine, se le lettere o altri caratteri significano proprio le lettere dell'alfabeto, o del linguaggio, allora l'arte delle combinazioni,

⁽³⁰⁾ A VI, 4, p. 834.

insieme alla considerazione del linguaggio, ci dà la crittografia.⁽³¹⁾

Qui Leibniz mostra di avere ben presente la differenza fra un calcolo meramente formale, astratto, uno strumento *sintattico*, e le sue possibili interpretazioni, cioè la semantica del calcolo.

4.3 – La negazione

Leibniz rappresenta la negazione mediante la parola latina *non* premessa a una lettera (definita o indefinita) e assume che valgano i seguenti principi:

- $non-non-A = A$,⁽³²⁾
- $A non$ è $non-A$,⁽³³⁾
- $non-A non$ è A ,⁽³⁴⁾
- Se A contiene B , allora $non-B$ contiene $non-A$.⁽³⁵⁾

Leibniz, inoltre, equipara il fatto che AB è falsa al fatto che A contiene $non-B$:

Se dirò $AB non$ è, è come se dicessi A contiene $non-B$, ossia B contiene $non-A$, ossia A e B sono inconsistenti [*inconsistentia*]. Analogamente, se dirò $A non-B non$ è, è lo stesso che se dicessi A contiene $non-non-B$ ossia A contiene B e, similmente, $non-B$ contiene $non-A$.⁽³⁶⁾

4.4 – La relazione di contenimento

Abbiamo visto sopra che Leibniz considera la relazione di *contenimento* secondo due differenti punti di vista: *estensionale* e *intensionale*. Indipendentemente da quale approccio venga scelto, egli ritiene che tale relazione goda di tre proprietà caratterizzanti. Se designiamo con C la relazione di

⁽³¹⁾ G. W. Leibniz, *Sur la calculabilité du nombre de toutes les connaissances possibles* [1693-94], edizione a cura di Philip Beeley, in 'The Leibniz Review', vol. 13, 2003, pp. 93-97; il passo tradotto nel testo è alle pp. 93-94.

⁽³²⁾ A VI, 4, p. 767.

⁽³³⁾ A VI, 4, p. 292.

⁽³⁴⁾ *Ibidem*.

⁽³⁵⁾ A VI, 4, p. 764.

⁽³⁶⁾ A VI, 4, p. 788.

contenimento e usiamo x, y, z come variabili che variano su un dominio di insiemi oppure di concetti (proprietà), possiamo rappresentare così le tre proprietà in questione:

(C.1) Cxx (Riflessività: “ A è in A . Ciascuna cosa è contenuta in se stessa”).⁽³⁷⁾

(C.2) $(Cxy \wedge Cyz) \rightarrow Cxz$ (Transitività: “Se A è in B e B è in C , allora A è in C ”).⁽³⁸⁾

(C.3) $(Cxy \wedge Cyx) \rightarrow x = y$ (Antisimmetria: “Se A è in B e B è in A , allora $A = B$ ”).⁽³⁹⁾

La relazione di contenimento induce, perciò, sul dominio di riferimento (l'insieme dei *termini*) un ordine parziale.

4.5 – Il principio di sostitutività

Nei saggi successivi al 1679, Leibniz menziona sistematicamente tra gli ingredienti del calcolo il principio di sostitutività *salva veritate*:

Se qualche termine può essere sostituito ovunque al posto di un altro, fatta salva la verità, allora l'altro termine, a sua volta, può esser sostituito ovunque ad esso [...]
Sono ‘identici’ quei termini che possono essere sostituiti l'uno al posto dell'altro senza perdita di verità, come ‘triangolo’ e ‘trilatero’, ‘quadrangolo’ e ‘quadrilatero’.⁽⁴⁰⁾

Leibniz asserisce inoltre il principio di sostitutività *salva veritate* sia all'inizio delle *Ricerche Generali* sia alla fine, tra i principi fondamentali, che costituiscono la base del calcolo logico:

A coincide con B se l'uno può esser sostituito all'altro *salva veritate* [...]⁽⁴¹⁾

Leibniz si rende conto, tuttavia, che esistono contesti particolari che non permettono la sostituzione di equivalenti. Si tratta di quelli che noi oggi chiameremmo ‘contesti opachi’ o ‘intensionali’.

Al §. 19 delle *Ricerche generali*, per esempio, Leibniz sottolinea che “i coincidenti possono esser sostituiti l'uno al posto dell'altro” ma osserva anche che ci sono contesti che non permettono la sostituzione:

(§. 19) [...] Se, per esempio, A è B e B è C , A sarà C . Ciò è dimostrato dalla natura della coincidenza: cose che coincidono, infatti, possono essere sostituite l'una all'altra (eccetto nel caso di proposizioni che si potrebbero chiamare formali, nelle quali una delle cose coincidenti è presa formalmente in modo tale che è distinta dalle altre; queste proposizioni, tuttavia, sono riflessive e non parlano tanto della cosa, quanto del nostro modo di concepirla, quando certamente c'è una distinzione tra le due).⁽⁴²⁾

In un altro saggio, intitolato *Notationes Generales [Osservazioni Generali]*, antecedente alle *Ricerche Generali*, Leibniz spiega con un esempio che tipo di contesto abbia in mente. Sebbene ‘Pietro’ e ‘l'Apostolo che rinnegò Cristo’ denotino la medesima persona, non possiamo sostituire ‘Pietro’ a ‘l'Apostolo che rinnegò Cristo’ nella proposizione:

- ‘Pietro, in quanto è l'Apostolo che rinnegò Cristo, peccò’.⁽⁴³⁾

Fatta la sostituzione, infatti, otteniamo la proposizione: ‘Pietro, in quanto è Pietro, peccò’, che ha un senso e un valore di verità differenti da quelli della proposizione originale. Pietro peccò perché rinnegò Cristo, non per il fatto di essere Pietro. Come Leibniz osserva, la sostituzione in questo caso non è permessa, poiché in questa proposizione il soggetto (Pietro) è considerato sotto un particolare rispetto, non semplicemente in quanto Pietro. Si ha a che fare, in tal caso, con un contesto *riflessivo* o *indiretto*.

In un saggio di geometria, i contesti nei quali la sostitutività viene meno sono chiamati nuovamente *indiretti* o *riflessivi*:

Definisco identiche [*eadem*] quelle cose che possono essere sostituite ovunque [*ubique*] l'una al posto dell'altra *salva veritate*, in quelle proposizioni, intendo, che sono dirette e non fanno riferimento al modo di considerare il soggetto stesso.⁽⁴⁴⁾

⁽³⁷⁾ A VI, 4, p. 835.

⁽³⁸⁾ A VI, 4, p. 838.

⁽³⁹⁾ A VI, 4, p. 839.

⁽⁴⁰⁾ A VI, 4, p. 282.

⁽⁴¹⁾ A VI, 4, p. 746. Cfr. *ivi*, p. 786: “Coincidenti possono essere sostituiti l'uno al posto dell'altro”.

⁽⁴²⁾ A VI, 4, p. 752.

⁽⁴³⁾ A VI, 4, p. 552.

⁽⁴⁴⁾ La citazione è tratta da *Circa Geometrica Generalia*, in appendice a M. Mugnai, *Leibniz's Theory of Relations*, Steiner Verlag, Stuttgart, 1992, p. 147.

Leibniz impiega il principio di sostitutività per definire termini *coincidenti*, talvolta, però, per ottenere lo stesso risultato, fa ricorso alla relazione di contenimento:

Due termini che si contengono l'un l'altro e nondimeno sono uguali, li chiamo *coincidenti*. Per esempio, la nozione di triangolo coincide in realtà con la nozione di trilatero, cioè tanto è contenuto nell'una quanto nell'altra [...] chi analizzi sia l'uno sia l'altro, s'imbatterà nel medesimo.⁽⁴⁵⁾

Nelle *Ricerche generali*, viene asserita l'equivalenza logica delle due definizioni.⁽⁴⁶⁾

5. – Logica dei termini - logica delle proposizioni

Uno dei più importanti risultati ottenuti da Leibniz consiste nell'aver trovato un insieme di principi e regole mediante i quali sviluppare un calcolo logico consistente e completo per termini (classi) e proposizioni. Il calcolo estende alle proposizioni la logica dei termini e Leibniz è orgoglioso di aver trovato un metodo per trattare le proposizioni come fossero termini. Secondo quanto scrive nelle *Ricerche Generali*:

Se, come spero, posso concepire tutte le proposizioni come termini, e le ipotetiche come categoriche, e se posso trattare tutte le proposizioni universalmente, ciò promette una meravigliosa facilità nell'uso della mia caratteristica e nell'analisi dei concetti, e sarà una scoperta della massima importanza [...]
Così, con *A* io intendo o un termine incomplesso o una proposizione, o una collezione, o collezione di collezioni, ecc.⁽⁴⁷⁾

Al tempo stesso, Leibniz distingue, da un lato, tra negazione di termini e negazione proposizionale, dall'altro tra identità fra termini ed equivalenza logica tra proposizioni:

B non-B è impossibile, ossia: se *B non-B* = *C*, *C* sarà impossibile. Nel caso di termini incomplessi [termini

in senso proprio], l'impossibile è il *non-Ente*, nel caso dei termini complessi [proposizioni], il falso.⁽⁴⁸⁾

Dico che *coincidono* gli enunciati dei quali l'uno può essere sostituito all'altro senza alterare la verità, ovvero quelli che si inferiscono reciprocamente.⁽⁴⁹⁾

A coincide con B se l'uno può esser sostituito al posto dell'altro senza alterare la verità, ovvero se, scomponendo entrambi mediante sostituzione di valori (cioè di definizioni) al posto dei termini, si ottengono in entrambi le medesime cose - le medesime, dico, formalmente, come se in entrambi si ottega *L, M, N*.⁽⁵⁰⁾

Il metodo suggerito da Leibniz per ricondurre le proposizioni condizionali a categoriche presuppone due passi fondamentali:

1. concepire tutte le proposizioni categoriche come termini;
2. concepire tutte le proposizioni ipotetiche (condizionali) come categoriche.

Per realizzare il punto (1), Leibniz impiega uno strumento sintattico, che trasforma una proposizione categorica come

- Ogni *A* è *B*,

nel termine *astratto*

- *l'esser B di A*.

Data, quindi, una *proposizione condizionale* avente forma generale:

- Se *A* è *B*, allora *C* è *D*,

egli propone di trasformarla nella categorica:

- *l'esser B di A* è *l'esser D di C* (dove *l'esser B di A* è il soggetto e *l'esser D di C* il predicato).

Mediante questo artificio, qualsiasi proposizione condizionale è ricondotta a un caso di contenimento: è vera se il termine *astratto* corrispondente al conseguente è contenuto nel termine *astratto* corrispondente all'antecedente. Così le medesime leggi valgo-

⁽⁴⁵⁾ A VI, 4, p. 199.

⁽⁴⁶⁾ Cfr. A VI, 4, p. 753.

⁽⁴⁷⁾ Cfr. A VI, 4, p. 764.

⁽⁴⁸⁾ Cfr. A VI, 4, p. 754.

⁽⁴⁹⁾ Cfr. A VI, 4, p. 748.

⁽⁵⁰⁾ Cfr. A VI, 4, p. 746.

no sia per le proposizioni categoriche sia per quelle ipotetiche (condizionali):

[...] che una proposizione segue da una proposizione è semplicemente che un conseguente è contenuto in un antecedente, come un termine in un termine. Con questo metodo noi riduciamo le inferenze a proposizioni e le proposizioni a termini. ⁽⁵¹⁾

6. – Il principio di reciprocità

Sulla base di quello che abbiamo caratterizzato come *principio di reciprocità* (PR), Leibniz ritiene che tra il calcolo logico sviluppato in intensione e il calcolo in estensione vi sia una sostanziale equivalenza. È convinto, infatti, che sia sufficiente “una qualche inversione” perché gli stessi teoremi che si dimostrano usando il calcolo fondato sull’intensione si possano dimostrare con il calcolo fondato sull’estensione. ⁽⁵²⁾

Se ci limitiamo a considerare la relazione d’inenrenza, il principio di reciprocità è rispettato; e continua a esserlo, se arricchiamo il calcolo logico con un’operazione di somma tra concetti. Già Venn si era accorto che la giustapposizione intensionale è esprimibile mediante la *somma* dei concetti coinvolti e che, dal punto di vista estensionale, a tale somma corrisponde l’intersezione insiemistica (il prodotto):

Designare una classe mettendo insieme attributi equivale a limitarsi a quel gruppo di oggetti che posseggono entrambi gli insiemi di caratteristiche, e questo è un procedimento che abbiamo rappresentato finora mediante il segno di moltiplicazione. La ‘moltiplicazione in estensione’, in realtà, corrisponde all’‘addizione in intensione’. ⁽⁵³⁾

Supponiamo, infatti, di disporre di un’operazione che, dati due concetti qualsiasi *A* e *B*, li componga, dando luogo al concetto complesso *AB*: dati, per esempio, i concetti uomo e filosofo, tale operazione genera il concetto composto *uomo filosofo*. A tale concetto corrisponde, dal punto di vista estensionale,

le, la classe degli individui che cadono sotto di esso, degli individui, cioè, che sono sia uomini sia filosofi. L’intersezione tra due insiemi *A* e *B* è dunque il reciproco della somma tra i concetti corrispondenti a ciascuno dei due insiemi. Se, tuttavia, oltre all’inenrenza e alla somma tra concetti, aggiungiamo al calcolo l’operazione di negazione, le cose si complicano. Come osservò a suo tempo Michael Dummett, se vogliamo esprimere dal punto di vista estensionale un enunciato del tipo: ‘Nessun *A* è *B*’, è sufficiente asserire che l’intersezione tra gli insiemi corrispondenti ad *A* e *B* è vuota ($A \cap B = \emptyset$). ⁽⁵⁴⁾ È problematico, però, esprimere il medesimo enunciato dal punto di vista intensionale. Se, per esempio, *A* designa il concetto di uomo e *B* il concetto di cane, non si può asserire che *A* e *B* non hanno concetti in comune (in realtà, ne hanno parecchi). Si può osservare, tuttavia, che mentre l’intersezione tra gli insiemi *A* e *B* è vuota, la giustapposizione tra i concetti associati ad *A* e *B* dà luogo a una contraddizione (il concetto composto *uomo cane*, per esempio, comprende sia la determinazione *animale razionale* sia la determinazione *animale non razionale*). Si potrebbe pensare, perciò, di ricondurre la negazione intensionale all’incompatibilità logica. L’incompatibilità logica, tuttavia, è una relazione troppo forte: funziona quando sono coinvolte proprietà necessarie, ma non nel caso di proprietà contingenti. Se per un mero dato di fatto nessun uomo fosse filosofo, sarebbe senz’altro improprio asserire che il concetto di uomo e quello di filosofo sono tra loro logicamente incompatibili. Nonostante che, dal punto di vista logico, sia legittimo dar conto della negazione fondandola sull’incompatibilità, quel che sembra venirmeno nel caso dei calcoli leibniziani è l’auspicata simmetria tra negazione estensionale e negazione intensionale.

Wolfgang Lenzen ha cercato di rivendicare la correttezza delle intuizioni leibniziane circa i rapporti tra intensione ed estensione, facendo leva su una proposta di Dummett, consistente nel definire l’intensione di un concetto *A* come *l’insieme dei concetti sotto i quali cadono tutti gli individui che*

⁽⁵¹⁾ Cfr. A VI, 4, p. 787.

⁽⁵²⁾ Cfr. A VI, 4, p. 200.

⁽⁵³⁾ John Venn, *Symbolic Logic*, Mac Millan, London, 1894, p. 461.

⁽⁵⁴⁾ Michael Dummett, Review of Nicholas Rescher, *Leibniz’s Interpretation of his Logical Calculus*, in ‘Journal of Symbolic Logic’, XXI, 1956, pp. 197-99.

cadono sotto A .⁽⁵⁵⁾ In altre parole: l'intensione di A è determinata dall'insieme delle proprietà che conseguono al fatto di godere di A . Lenzen caratterizza l'estensione di un concetto A mediante il consueto principio di comprensione:

$$(a) \text{ Ext. } A = \{x : A(x)\}.$$

Quindi, coerentemente con la proposta di Dummett, caratterizza così l'intensione di A :

$$(b) \text{ Int. } A = \{B : \forall x(A(x) \rightarrow B(x))\},$$

con x che varia sull'insieme di tutti gli individui possibili. Lenzen elabora due differenti interpretazioni, intensionale ed estensionale, degli assiomi caratterizzanti il sistema logico leibniziano; e cerca di mostrare che ogni interpretazione estensionale di siffatto sistema può essere associata in maniera canonica a un'interpretazione intensionale che soddisfa i medesimi enunciati della prima, e viceversa.⁽⁵⁶⁾ Da ciò seguirebbe che ogni enunciato del calcolo logico leibniziano è valido dal punto di vista estensionale se e solo se lo è dal punto di vista intensionale, per cui il principio (PR) varrebbe. All'interno di questa prospettiva, l'intensione di $\neg A$ è costituita dall'insieme di proprietà che sono comuni a tutti gli individui che non hanno la proprietà corrispondente ad A . In altre parole, per determinare l'intensione della negazione di A , bisogna prima considerare tutti gli individui (possibili), che costituiscono il complemento estensionale di A , e quindi 'mettere insieme' tutte le proprietà che sono comuni a tutti questi individui. Gli individui (possibili) appartenenti al complemento di A , tuttavia, avranno in comune soltanto proprietà poco interessanti per caratterizzare l'intensione di $\neg A$. Se usiamo il simbolismo di Lenzen e impieghiamo ' $\neg A$ ' per designare l'intensione corrispondente a 'non- A ', otteniamo:

$$\bullet \text{ Int. } \neg A = \{B : \forall x(\neg A(x) \rightarrow B(x))\}.$$

Certamente, tra le B che caratterizzano $\neg A$ ci sarà la proprietà di non essere A , quella di essere

identico a sé stesso, quella di essere qualcosa, ecc.: tutte proprietà che non dicono molto riguardo al contenuto intensionale di $\neg A$. Per di più, c'è un senso preciso secondo il quale la definizione dell'intensione fornita da Lenzen (e Dummett) è chiaramente non-leibniziana. Mentre Lenzen definisce l'intensione di un concetto, chiamando in causa gli individui (possibili) che cadono sotto di esso, per Leibniz i concetti hanno una priorità ontologica e temporale rispetto agli individui. Questi ultimi, infatti, sono istanze (attuali e possibili) di concetti completi e i concetti completi sono il risultato di combinazioni di intensioni nella mente divina.⁽⁵⁷⁾ Senza i concetti completi, vale a dire senza le intensioni, nessun individuo potrebbe essere concepito: perciò, fare ricorso agli individui per caratterizzare le intensioni comporta, in certo senso, un'inversione dell'ordine ontologico e metafisico pensato da Leibniz. Infine, la proposta avanzata da Lenzen funziona presupponendo che un qualsiasi individuo possibile x goda di $\neg A$ se e solo se è vero che x non ha A . È evidente, però, che, mentre è corretto inferire che x non gode di A dal fatto che x gode di $\neg A$, dal fatto che x non gode di A non è legittimo concludere che allora x gode di $\neg A$.⁽⁵⁸⁾

7. – Possibili interpretazioni algebriche.

Abbiamo visto sopra che, dati, per esempio, i termini *animale* e *bipede*, la loro giustapposizione dà luogo al complesso *animale bipede*, che contiene sia *animale*, sia *bipede*. In generale, perciò, dati due termini qualsiasi A e B , varranno:

$$(\alpha) AB \geq A,$$

$$(\beta) AB \geq B.⁽⁵⁹⁾$$

⁽⁵⁷⁾ Un *concetto completo*, secondo Leibniz, è un concetto che racchiude tutti i concetti dei predicati che possono essere attribuiti con verità all'individuo che 'cade' sotto quel concetto.

⁽⁵⁸⁾ Su questo punto, cfr. Heinrich Wansing, *Negation*, in *The Blackwell Guide to Philosophical Logic*, edited by L. Goble, Blackwell Publishing, Oxford, 2001, pp. 415-436 (pp. 416-20 in particolare).

⁽⁵⁹⁾ Il simbolo ' $\geq$ ' designa, come sopra nel testo, a p. 7, la relazione di *inclusione intensionale*.

⁽⁵⁵⁾ Wolfgang Lenzen, 'Calculus Universalis'. *Studien zur Logik von G. W. Leibniz*, Mentis Verlag, Paderborn, 2000, pp. 37 e ss.

⁽⁵⁶⁾ W. Lenzen, 'Calculus Universalis', p. 44.

Dal momento che la relazione di ‘contenimento’ induce un ordine parziale sull’insieme dei termini, (α) e (β) mostrano che AB è una *limitazione superiore* di A e B ; e poiché si dimostra che AB è la *minima limitazione superiore* di qualsiasi *limitazione superiore* di A e di B , AB è la *minima limitazione superiore* di A e B . È naturale, perciò, interpretare come un *semi-reticolo* con *unione* il frammento positivo *intensionale* del calcolo dei termini leibniziano.

Ovviamente, nella prospettiva estensionale avremo:

$$(\alpha') AB \subseteq A;$$

$$(\beta') AB \subseteq B.$$

Ciò significa che possiamo interpretare dal punto di vista estensionale il calcolo proposto da Leibniz come un semi-reticolo con *intersezione*.

Se aggiungiamo la *negazione* al frammento positivo *estensionale* della logica dei termini, otteniamo un’algebra di Boole. A questo punto, tuttavia, alcune precisazioni si rendono necessarie. In primo luogo, bisogna tener presente che Leibniz nei suoi calcoli presenta l’operazione di giustapposizione mediante la congiunzione (‘et’). Per quanto singolare ciò possa apparire, egli non sviluppa mai (almeno secondo quanto risulta dai testi finora editi) un corrispondente calcolo basato sulla disgiunzione; e non sembra mai rendersi conto dell’importanza del rapporto di *dualità* che lega tra loro congiunzione e disgiunzione. Ciò è tanto più strano se consideriamo due fatti incontestabili:

1. Come la maggior parte dei logici scolastici, Leibniz era a conoscenza di quelle che in seguito verranno chiamate ‘Leggi di De Morgan’;
2. Almeno in un saggio, Leibniz afferma di far uso del simbolo ‘ $\vee$ ’ nel calcolo logico per designare la disgiunzione.

Per inciso, è probabile che origini proprio da questo passo di Leibniz l’idea di impiegare il simbolo ‘ $\vee$ ’ per caratterizzare la disgiunzione non esclusiva. L’uso di tale simbolo, infatti, venne teorizzato da Peano, il quale rinvia esplicitamente a un saggio leibniziano pubblicato da Gerhardt:

Come ‘+’ è un segno congiuntivo, vale a dire un segno di giustapposizione e corrisponde ad ‘e’, per cui ‘ $a+b$ ’ è a e b simultaneamente, c’è anche un segno disgiuntivo,

cioè un segno che significa un’alternativa, corrispondente al [latino] ‘vel.’ Così, per me ‘ $a \vee b$ ’ significa ‘ a o b .’⁽⁶⁰⁾

Leibniz, tra l’altro, riconosce che anche la disgiunzione gode dell’idempotenza (in ciò mostrandosi anche ‘più avanti’ di Boole):

Non tutte le formule significano quantità e si possono trovare un’infinità di modi per eseguire il calcolo: nel caso di un calcolo basato sulla disgiunzione, per esempio, se si dice che x è abc , si può intendere che x è a o b o c [...]. In questo calcolo, infatti, a e aa sono equivalenti, e qualsiasi combinazione di una lettera con se stessa non ha importanza.⁽⁶¹⁾

Sul piano strettamente ‘filologico’, perciò, possiamo dire che Leibniz si è limitato a costruire un calcolo logico corrispondente, dal punto di vista estensionale, a un semi-reticolo con *intersezione*, sebbene fosse in possesso, senza averne piena consapevolezza, di tutti gli ingredienti necessari per sviluppare un calcolo algebrico affine (e per certi aspetti, superiore) a quello scoperto da George Boole circa un secolo e mezzo dopo.

8. – Applicazioni del calcolo

Leibniz non immagina il calcolo come fine a se stesso: lo scopo dell’*arte caratteristica* è quello di costituire uno strumento flessibile, capace di molteplici applicazioni, anche pratiche. In primo luogo, la caratteristica avrebbe dovuto fornire un mezzo per comporre le dispute scientifiche e filosofiche. Si sarebbe dovuta applicare, inoltre, ad argomenti di matematica e di geometria. Il brano seguente, che appartiene a un testo composto intorno al 1695 e intitolato *Circa geometrica generalia*, dà un’idea di come Leibniz pensasse di usare il calcolo logico per portare avanti ricerche nell’ambito di quella che chiamava *analysis situs*.⁽⁶²⁾ Nel passo, Leibniz

⁽⁶⁰⁾ G. W. Leibniz, *Mathematische Schriften*, vol. 7, p. 57.

⁽⁶¹⁾ A VI, 4, pp. 511-12.

⁽⁶²⁾ *Circa geometrica generalia* è un breve saggio edito in appendice a M. Mugnai, *Leibniz’s Theory of Relations*, pp. 139-47, vedi sopra, nota 43. Per un’introduzione all’*analysis situs* leibniziana, si veda: Vincenzo De Risi, *Leibniz’s Analysis Situs and Philosophy of Space*, Birkhäuser, 2007.

assume che i punti nel piano, per quanto privi di dimensione, godano di certe proprietà; e che punti con proprietà in comune siano designati mediante un unico nome:

- (4) Anzi, in generale, tutto ciò che è situato in un punto coincide col punto stesso. Se più punti hanno una qualità in comune, e perciò uno qualsiasi di essi venga chiamato col nome comune X , allora chiameremo $\bar{X}$ il luogo comune a tutti e proprio ad essi soltanto. Ossia, $\bar{X}$ significherà:
 - (5) che ogni punto X è in $\bar{X}$, e
 - (6) ogni punto in $\bar{X}$ è X .
 - (7) Se ogni X è Y , sarà $\bar{X}$ in $\bar{Y}$.
 - (8) Se $\bar{X}$ è in $\bar{Y}$, ogni X sarà Y .
 - (9) Se $\bar{X}$ è in $\bar{Y}$ e $\bar{Y}$ è in $\bar{X}$, allora $\bar{X}$ e $\bar{Y}$ coincideranno.
 - (10) Se $\bar{X}$ e $\bar{Y}$ coincidono, $\bar{X}$ sarà in $\bar{Y}$ e $\bar{Y}$ sarà in $\bar{X}$.
 - (11) Se A è in $\bar{X}$ e $\bar{X}$ in $\bar{Y}$, A sarà in $\bar{Y}$. [...]⁽⁶³⁾

Leibniz dimostra (11) in questo modo:

Se A è in $\bar{X}$, chiaramente A è X (per (6)). Ora, poiché $\bar{X}$ è in $\bar{Y}$ per ipotesi, ogni X sarà Y (per (8)). Dunque, in base alla logica ordinaria, anche A sarà Y . Dunque, per (5), A sarà in $\bar{Y}$. *Quod erat demonstrandum*.⁽⁶⁴⁾

Infine, riguardo alle strutture generali dell'*arte caratteristica* è necessario insistere su un punto. Di solito, la stragrande maggioranza degli interpreti che cercano di render conto del progetto leibniziano per una caratteristica universale, tendono a ridurre quest'ultima esclusivamente alla parte deduttiva della logica. Questa, tuttavia, è una rappresentazione unilaterale. Leibniz afferma esplicitamente che l'arte caratteristica dovrà includere ogni genere d'inferenza e, quindi, che non riguarda soltanto lo studio di argomenti deduttivi ma anche inferenze basate sull'induzione e su premesse probabili. In un saggio del 1688, per esempio, dopo avere osservato che l'arte caratteristica si applica in primo luogo a soggetti completamente determinati dai dati, "come accade con i problemi di geometria", Leibniz sottolinea che l'arte è applicabile anche a soggetti basati su congetture. L'arte caratteristica, che è un potenziamento della ragione umana mediante un apparato di simboli e regole per il loro uso, può essere applicata a indagini che riguardano la storia, l'esame

dei corpi naturali, la medicina, il diritto e, in generale, qualsiasi attività che implica la ragione e qualsiasi tipo di decisione:

Perciò, quando la soluzione non è determinata né può essere espressa mediante i dati, ricorrendo a questa analisi, raggiungeremo uno dei seguenti risultati: o approssimeremo la soluzione con un processo infinito, oppure, nel caso si debba agire sulla base di congetture, determineremo il grado di probabilità della soluzione, che può essere ottenuto dai dati.⁽⁶⁵⁾

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Testi in traduzione

In italiano esiste finora un'unica raccolta di testi che sia aggiornata ai recenti volumi dell'edizione critica: Gottfried Wilhelm Leibniz, *Ricerche generali sull'analisi delle nozioni e delle verità e altri saggi di logica*, a cura di M. Mugnai, Edizioni della Normale, Pisa, 2008.

La raccolta seguente, in lingua francese, ha il testo latino a fronte e utilizza una versione preparatoria dell'edizione critica: G. W. Leibniz: *Recherches générales sur l'analyse des notions et des vérités. 24 thèses métaphysiques et autres textes logiques et métaphysiques*, Introductions et notes par Jean-Baptiste Rauzy, Paris, 1998, p. 416.

In inglese esiste una traduzione che si può consultare ancora oggi con profitto, anche per via dell'ampia introduzione: Leibniz, *Logical Papers. A Selection*. Translated and Edited with an Introduction by G. H. R. Parkinson, Clarendon Press, Oxford, 1966.

Saggi critici:

LOUIS COUTURAT, *La logique de Leibniz*, Paris, 1901;

KARL DÜRR, *Neue Beleuchtung einer Theorie von Leibniz. Grundzüge der Logikkalküls*, Darmstadt, 1930;

KARL DÜRR, *Die mathematische Logik von Leibniz*, in "Studia Philosophica", 1947, pp. 87-102;

NICHOLAS RESCHER, *Leibniz's Interpretation of his Logical Calculi*, in "Journal of Symbolic Logic", 19, 1954, pp. 1-13;

MICHAEL DUMMETT, Review of Rescher's *Leibniz's Interpretation of his Logical Calculi*, in "Journal of Symbolic Logic", 21, 1956, 197-99;

RAILI KAUPPI, *Über die Leibnizsche Logik*, "Acta Philosophica Fennica", 12, Helsinki, 1960;

HECTOR-NERI CASTANEDA, *Leibniz's Syllogistico-propositional Calculus*, in "Notre Dame Journal for Formal Logic", 17, 1976, pp. 481-500;

⁽⁶³⁾ M. Mugnai, *Leibniz's Theory of Relations*, p. 139.

⁽⁶⁴⁾ *Ibidem*.

⁽⁶⁵⁾ A VI, 4, p. 913.

HANS BURKHARDT, *Logik und Semiotik in der Philosophie von Leibniz*, Muenchen, 1980;
HECTOR-NERI CASTANEDA, *Leibniz's Complete Propositional Logic*, in "Topoi", 9, 1990, pp. 15-90;
FRANZ SCHUPP, Introduzione (pp. VII-XXXV) a G. W. Leibniz, *Allgemeine Untersuchungen über die Analyse der Begriffe und Wahrheiten*, Meiner Verlag, Hamburg, 1993;

FRANZ SCHUPP, Introduzione a G. W. Leibniz, *Die Grundlagen des logischen Kalküls*, Meiner Verlag, Hamburg, 2000;
WOLFGANG LENZEN, *Calculus Universalis: Studien zur Logik von G. W. Leibniz*, Mentis Verlag, Paderborn, 2009;
MARKO MALINK-ABUMAV VASUDEVAN, *The Logic of Leibniz's 'Generales Inquisitiones de Analysi Notionum et Veritatum'*, in "The Review of Symbolic Logic", 4, 2015, pp. 1-66.



Massimo Mugnai

Insegna Storia e filosofia della logica presso la Scuola Normale Superiore di Pisa. Si è laureato in Filosofia all'Università di Firenze nel 1971 ed è stato borsista DAAD presso il Leibniz Archiv di Hannover (1971-72). Dal 1974 al 1980 è stato ricercatore presso il "Lessico intellettuale europeo per i secoli XVII e XVIII" del CNR (Roma). Ha insegnato presso le Università di Bari e Firenze ed è stato borsista della Fondazione Alexander von Humboldt (ha lavorato presso la Leibniz-Forschungsstelle di Münster, contribuendo anche all'edizione critica delle opere di Leibniz) ed ha lavorato in un gruppo di ricerca sulle controversie filosofiche presso l'Institute for Advanced Studies di Gerusalemme. I suoi interessi di ricerca riguardano la filosofia di Leibniz, la storia della logica, logica e metafisica.