

RICERCHE

# Lo strutturalismo scientifico. Matematica, fisica e biologia nell'ottica piagetiana

Francesco Crapanzano<sup>(a)</sup>

Ricevuto: 29 gennaio 2019; accettato: 1 luglio 2019

**Riassunto** Lo strutturalismo piagetiano, segnatamente quello in matematica, fisica e biologia alla luce dell'epistemologia genetica, rappresenta una declinazione peculiare e feconda dell'eterogeneo movimento strutturalista. Dopo una fortunata stagione, le strutture matematiche, rintracciate e indagate sotto diverse prospettive, hanno finito per costituire un "paradigma" didattico e di ricerca utilizzato su più livelli; in modo non dissimile, perché collegata alla matematica, la fisica ha considerato i propri "oggetti" dotati di una struttura: ma se originariamente era una struttura intesa in senso materiale, adesso si studiano strutture con un più alto grado di astrazione (energetiche, interattive, virtuali). La biologia, poi, è divenuta (e ancora è) argomento *à la page*, ma pure terreno di scontro epistemologico tra meccanicismo ortodosso e istanze vitalistiche, tra sostanze eterne e trasformazioni continue, ovvero tra strutture fisse e strutturazione dinamica. Le conclusioni rivalutano l'attualità e le prospettive dello strutturalismo piagetiano proiettandolo al di là dello strutturalismo classico, fino a farne, forse, una insolita quanto feconda tendenza post-strutturalista.

Parole chiave: Strutturalismo; Epistemologia genetica; Jean Piaget; Costruttivismo; Storia dell'epistemologia

**Abstract** *Scientific Structuralism. Mathematics, Physics, and Biology in Piagetian Perspective* – Piagetian structuralism, notably a genetic epistemological perspective on mathematics, physics and biology, represents a unique and fruitful articulation of the heterogeneous structuralist movement. After their initial success, mathematical structures, traced and investigated from different points of view, end up constituting didactic and research "paradigms" that can be used on several levels; in a similar way, physics – closely related to mathematics – initially considered its own "objects" to be endowed with structure: yet, while such structure was initially understood in a material sense, nowadays it is studied with a higher degree of abstraction (e.g. in an energetic, interactive, virtual sense). Biology has become (and remains) an *à la page* subject, but also presents an epistemological battle between orthodox mechanism and vitalism, between eternal substances and continuous transformations, that is, between fixed structures and dynamic structuring. These conclusions lead us to re-evaluate the up-to-dateness and perspectives of Piagetian structuralism, to project it beyond classical structuralism and, maybe, to turn it into an unusual and promising post-structuralist trend.

KEYWORDS: Structuralism; Genetic Epistemology; Jean Piaget; Constructivism; History of Epistemology

<sup>(a)</sup>Dipartimento di Scienze Cognitive, Psicologiche e Pedagogiche, Università degli Studi di Messina, via Concezione, 6 - 98122 Messina (I)

E-mail: fcrapanzano@unime.it (✉)



## Strane idee: logica e matematica nello strutturalismo piagetiano

FORMATOSI ATTRAVERSO I VARI BACHELARD, Meyerson, Brunshvicg, Lalande ecc., cioè la migliore epistemologia francese del Novecento, Piaget ha elaborato un particolare strutturalismo in cui alla visione sistemico-cibernetica si affianca quella costruttivista-operazionale.

L'atomismo (logico *in primis*) amava scomporre in parti semplici la realtà restituendola per sommatoria (come Descartes aveva indicato). Così facendo, secondo Piaget, aveva ridotto la totalità a semplice somma di elementi senza tenere in considerazione né le interazioni tra gli stessi né quelle con il tutto; l'olismo, al contrario, mostrava attenzione esclusiva per il "tutto" delle strutture "emergenti". E tuttavia, considerando solo strutture già formate, trascurava il loro aspetto genetico e costruttivo.<sup>1</sup> Lo strutturalismo, allora, rappresenta per Piaget l'occasione per sintetizzare queste due tendenze opposte in una che ne assimili il meglio. Egli, infatti, nota come esista

un ideale comune di intelligibilità che tutti gli "strutturalisti" raggiungono o cercano, mentre le loro intenzioni critiche sono infinitamente variabili: per alcuni, come avviene in matematica, lo strutturalismo si oppone alla compartimentazione dei capitoli eterogenei ritrovando l'unità per mezzo di isomorfismi; per altri, e lo si è visto in generazioni successive di linguisti, lo strutturalismo si è soprattutto distanziato dalle ricerche diacroniche impennate su fenomeni isolati, per trovare sistemi di insieme in funzione della sincronia.<sup>2</sup>

Ulteriore esigenza di Piaget è quella di precisare cosa si debba intendere per struttura:

Una struttura è un sistema di trasformazioni, che comporta delle leggi in quanto sistema (in opposizione alle proprietà degli elementi) e che si conserva o si arricchisce

grazie al gioco stesso delle sue trasformazioni, senza che queste conducano fuori dalle sue frontiere o facciano appello a elementi esterni.<sup>3</sup>

La struttura è una totalità dotata di leggi proprie che non coincidono perfettamente con quelle dei suoi componenti e, soprattutto, è dotata di chiusura operazionale;<sup>4</sup> anche alla luce di ciò non si può definire struttura ogni formalismo rintracciato nell'oggetto di ricerca, altrimenti, da Platone a Husserl – suggerisce Piaget – ne avremmo una miriade.<sup>5</sup>

Ogni struttura possiede tre "caratteri": totalità, trasformazioni e autoregolazione. La sua esistenza è indipendente da chi la studia, mentre la formalizzazione è in parte frutto di scelte teoriche, per cui andrebbe sempre esplicitata la distinzione tra piano ontologico, ovvero di esistenza della struttura nell'ambito che si sta considerando, e livello di formalizzazione raggiunto o da raggiungere. Nonostante le raccomandazioni di Piaget, ciò non è affatto semplice: è il soggetto epistemico che dovrebbe per un verso riconoscere le strutture attraverso le tipiche caratteristiche di cui si diceva (totalità, trasformazione e autoregolazione) con strumenti razionali e formali, per l'altro produrre una loro formalizzazione facendo uso sempre dello stesso corredo logico-operazionale. Consideriamo il caso in apparenza meno difficoltoso, quello dello strutturalismo logico-matematico nel quale le strutture paiono coincidere col formalismo (a meno di pensarle come entità trascendenti e non frutto di costruzione), poiché restano in ogni caso sul piano dell'astrazione.

Dopo una serie di interessanti considerazioni sul sempre maggiore interesse dei matematici a rintracciare strutture di ordine superiore all'interno del loro campo di ricerca, culminate (negli anni '50-'60) con l'opera di Bourbaki e, più precisamente, nel rinvenimento delle cosiddette "strutture madri" – su cui torneremo a breve –, Piaget si chiede «se i fondamenti di questa "architettura della

matematica” [...] presentano un carattere “naturale” o possono situarsi solo sul terreno formale dell’assiomatica». <sup>6</sup> Il che mi pare equivalga a interrogarsi sul loro *status* ontologico, ovvero capire se si tratta di strutture con una priorità genetica rispetto alle altre (quindi esistenti prima che la matematica ne facesse utilizzo) o se siano frutto del continuo perfezionamento del formalismo, artificiali e destinate a essere superate. <sup>7</sup> La risposta piagetiana sulla questione è abbastanza chiara, ma tutt’altro che banale, poiché fa appello a risultati di decenni di ricerche psico-epistemologiche condotte sui bambini: le strutture “bourbakiste” sarebbero “naturali” perché «corrispondono – in una forma naturalmente molto elementare [...] – a coordinamenti necessari al funzionamento di ogni intelligenza sin dagli stadi abbastanza primitivi della sua formazione». <sup>8</sup> In altre parole, le ricerche sui fanciulli indicherebbero una costruzione dell’intelligenza con percorso morfologicamente simile a quello che dalle strutture madri conduce al resto della matematica.

Matematica e logica sembrerebbero le discipline più difficili a inquadrarsi in uno strutturalismo genetico per via della mai abbandonata tendenza platonica a considerarne gli elementi esistenti ed eterni, <sup>9</sup> quasi si trattasse dei costituenti ultimi e indivisibili di cui sono fatte le strutture; e pure a causa della staticità delle strutture matematiche e logiche, come se la dimensione temporale non avesse alcun ruolo né al loro interno né nella loro “scoperta”. Nonostante lo strutturalismo linguistico ai suoi inizi non abbia avuto fondamenti matematici e quello psicologico si sia ispirato alla fisica, «Lévi-Strauss, l’attuale maestro dell’antropologia sociale e culturale, ha invece ricavato direttamente i suoi modelli strutturali dall’algebra generale». <sup>10</sup> Ciò basterebbe da solo a giustificare la scelta qui operata di seguire le vicende dello strutturalismo matematico considerate da Piaget, ma un ulteriore motivo d’interesse potrebbe essere la constatazione che la prima struttura conosciuta e studiata come tale «è stata quella di “gruppo”, scoperta da Galois, che a poco a

poco ha conquistato la matematica del XIX secolo». <sup>11</sup> Essa si caratterizza come insieme di elementi in cui un’operazione di composizione dà ancora come risultato un elemento dell’insieme, in cui esistono un elemento neutro (lo zero, nel caso specifico), una operazione inversa che applicata alla diretta dà l’elemento neutro ( $+a-a=0$ ;  $-a+a=0$ ), la proprietà associativa ( $|a+b|+c=a+|b+c|$ ). Il concetto ha acquisito notevole importanza:

Fondamento dell’algebra, la struttura di gruppo si è rivelata di una generalità e fecondità straordinaria. La ritroviamo in quasi tutti i settori della matematica e della logica; ha acquisito un’importanza fondamentale in fisica, ed è probabile che un giorno l’avrà anche in biologia. <sup>12</sup>

Analizzare le ragioni di questo successo può dire molto sullo strutturalismo e sul suo avvenire, poiché il gruppo è assunto a “prototipo” della struttura matematica, ovvero di un ampio ventaglio di strutture (dimostrative) nelle quali la formalizzazione è sufficientemente elevata. Se a questo aggiungiamo che la formalizzazione si può considerare un “ideale regolativo” di ogni struttura, la quale tende (con gradi diversi) a essere sempre meglio definita, potremo avere una “cartina tornasole” rispetto al futuro dello strutturalismo.

Un primo motivo della sua affermazione è la forma logico-matematica che il gruppo possiede; essa non viene tratta da una serie di oggetti per astrazione, ma procede dalle azioni esercitate su oggetti (riunire, ordinare, mettere in corrispondenza) in cui ritroviamo delle proprietà identiche a quelle del “gruppo” matematico: operazione inversa (possibilità di tornare la punto di partenza) e associatività (possibilità di utilizzare percorsi diversi per raggiungere una mèta senza ch’essa venga modificata). <sup>13</sup> L’elemento neutro potrebbe consistere in una non-azione (restare fermi) o, meglio ancora, in un percorso di ritorno dal punto di arrivo identico a quello fatto per raggiungerlo (operazione diretta e inversa).

Un'altra ragione del "successo" del gruppo è la versatilità che esso possiede, in quanto al suo interno struttura e trasformazione procedono insieme, cioè si riscontra un potere costruttivo del gruppo che non si limita alla catalogazione di insiemi e sottoinsiemi (pura conservazione), ma dà origine a gruppi e sottogruppi qualitativamente diversi attraverso un mix tra vecchio e nuovo, cioè applicando trasformazioni a gruppi di cui permangono alcune caratteristiche. Per esempio, il cosiddetto gruppo degli spostamenti lascia invariati dimensioni, angoli, parallele ecc. Se si fanno variare le dimensioni, si otterrà un gruppo più ampio – gruppo delle similitudini – di cui quello degli spostamenti diverrà sottogruppo. Se a variare sono gli angoli (e il resto resta identico) avrà origine il gruppo della "geometria affine", ancora più generale delle similitudini. Se mutano le parallele (e non le rette) avremo il "gruppo proiettivo". Oppure ancora, variando le rette, si entrerà nel vasto campo degli omomorfismi che potrebbero essere visualizzati come delle "figure in qualche modo elastiche", che, in ultima istanza, appartengono alla topologia.<sup>14</sup> Il sistema di incapsulamenti progressivi appena descritto, frutto di trasformazioni-costruzioni, permette di passare da una geometria statica e figurativa a un'altra astratta e più generale che guarda alle possibili trasformazioni (nasce così, per esempio, la moderna disciplina della geometria algebrica, "incomprensibile" se non si fa appello al concetto di struttura geometrica);<sup>15</sup> e qui si ha – secondo Piaget – «un primo esempio di quella che [...] possiamo chiamare una vittoria positiva dello strutturalismo».<sup>16</sup>

Nel Novecento, la tendenza strutturalista è evoluta nel proficuo tentativo dei bourbakisti di rifondare l'intero edificio matematico a partire dalle "strutture madri":<sup>17</sup> ciò che nella matematica classica era un insieme di capitoli eterogenei (algebra, analisi, teoria dei numeri, geometria, calcolo delle probabilità ecc.), viene organizzato a partire da strutture di carattere generale che superano i singoli elementi, i quali possono essere isolati dal campo di provenienza e inseriti nel macro-insieme in modo

coerente e vantaggioso.

Le "strutture madri" che Bourbaki (o più precisamente: i matematici che si nascondono dietro lo pseudonimo *Bourbaki*) ha rintracciato sono tre, irriducibili tra loro:<sup>18</sup> le strutture algebriche, in cui domina il prototipo del gruppo, definito da operazione dirette e inverse; le strutture d'ordine, incentrate sulle relazioni, quindi sui "reticoli" che definiscono gli elementi a partire dalla loro posizione ( $x$  segue o precede  $y$ ); infine le strutture topologiche, «fondate sulle nozioni di vicinanza, di continuità e di limite».<sup>19</sup> Tutte le altre strutture matematiche vengono generate dalle tre principali mediante combinazione (per esempio, la topologia algebrica unisce algebra e struttura topologica) o differenziazione (i gruppi geometrici visti in precedenza: similitudini, proiezioni ecc.).

Ora, ciò che desta l'interesse piagetiano è la somiglianza che queste strutture madri hanno rispetto ai modi in cui il bambino costruisce la propria intelligenza:

È sorprendente constatare che le prime operazioni di cui si serve il bambino nel suo sviluppo, e che derivano direttamente dai coordinamenti generali delle sue azioni sugli oggetti, possono appunto distribuirsi in tre grandi categorie, a seconda che la loro reversibilità proceda per inversione alla maniera delle strutture algebriche (nel caso particolare: strutture di classificazioni e di numeri) o per reciprocità, come nelle strutture d'ordine (nel caso particolare: seriazioni, corrispondenze seriali ecc.) o che, anziché fondarsi sulle somiglianze e differenze, i raggruppamenti procedano per leggi di vicinanza, di continuità e di frontiere, il che costituisce delle strutture topologiche elementari (che dal punto di vista psicogenetico sono anteriori alle strutture metriche e proiettive, contrariamente allo svolgimento storico delle geometrie, ma conformemente all'ordine di filiazione teorica!).<sup>20</sup>

Queste evidenze mostrano qualcosa in più

di un parallelismo, corroborano scientificamente l'ipotesi di un isomorfismo tra i due campi (psicologico e logico-matematico),<sup>21</sup> quindi vanno a confermare la bontà della ricerca strutturalista, con l'avvertenza che non si tratta di "scoprire" delle strutture preesistenti nell'oggetto di ricerca, quanto di cogliere la loro dinamica costruttiva a partire dal soggetto conoscente. Piaget ravvisa nel prolungamento delle ricerche bourbakiste una conferma a quanto appena detto; infatti, le ricerche sulle "categorie" (che guardano al ruolo degli elementi rispetto alle funzioni) prolungano quelle intorno alle "strutture madri", riferendosi, le prime, ai procedimenti stessi che hanno permesso di ottenerle, ciò «equivale a considerare la nuova struttura come ricavata non già da "esseri" ai quali hanno messo capo le operazioni precedenti, bensì da queste operazioni stesse in quanto processi formatori».<sup>22</sup> E a coronamento di questo discorso, afferma che «non è quindi senza ragione [vedere] nelle categorie uno sforzo per cogliere le operazioni del matematico più che della "matematica"».<sup>23</sup>

Con ciò siamo giunti nel regno "filosofico" del soggetto, il cui ruolo attivo nel processo di costruzione-cognizione viene riconosciuto nell'ambito scientifico stesso. Tuttavia, Piaget vuole restare sul piano epistemologico, convinto che la filosofia sia soltanto una forma di saggezza coordinatrice di valori;<sup>24</sup> d'altra parte, ricordo che il soggetto a cui si riferisce esplicitamente resta quello epistemologico, cioè il soggetto conoscente sganciato da ogni presupposto valoriale o da istanze ingenuamente vitalistiche.

Il passo ulteriore nell'indagine strutturalista non può che riguardare quelle strutture che sembrano prioritarie rispetto alle matematiche: le logiche. Possedendo un grado di astrazione superiore che sembra isolarla da contenuti, la logica potrebbe apparire il termine ultimo della ricerca strutturalista: è lì che si trovano le strutture "madri" del pensiero? A questa prima domanda Piaget risponde negativamente, poiché anche la logica più "pura" può trovare derivazione da una strut-

tura che la comprende; «non esiste una 'struttura di tutte le strutture' nel senso dell'insieme di tutti gli insiemi»,<sup>25</sup> non esistono frontiere invalicabili della formalizzazione, ogni struttura ha potenzialmente un'altra struttura che ingloba la precedente. Per il logico matematico è lecito porre un limite a questa torre di strutture situandosi in un punto qualsiasi di questo "cammino ascendente" e facendone un "inizio assoluto". Egli può evitare così il problema epistemologico dei limiti superiori della formalizzazione e degli "indimostrabili" all'interno della "sua" logica, concentrandosi sulla coerenza interna e sull'economia assiomatica del sistema. Per usare un paragone, funzionerà come in chimica che, una volta definita la tavola degli elementi, ha potuto tranquillamente continuare a considerare l'atomo indivisibile per i suoi scopi, benché non corrisponda affatto alla "realtà" dei fisici.

Alla luce di quanto visto fin qui, l'intenzione principale dello strutturalismo in logica sarebbe «cercare ciò che può esserci sotto le operazioni di partenza».<sup>26</sup> A dire il vero, l'intento è ancora più ambizioso: lo strutturalismo vorrebbe indagare le strutture "naturali" che governano il pensiero, rischiando, con ciò, di introdurre delle essenze trascendenti o trascendentali a cui l'essere umano non può che adattarsi. Tuttavia, mettendo in guardia su possibili e gravi equivoci, si scoprono non già strutture universali ed eterne ma costruzioni continue e isomorfismi tra logica e matematica, tanto che talune grandi strutture utilizzate dai matematici vanno a formare un'algebra generale; in particolare è notevole come il matematico George Boole sia riuscito a concepire una logica e un'algebra come un *continuum*, a conferma della connessione genetica esistente tra le due strutture.<sup>27</sup>

Ogni logica si può considerare, quindi, una struttura (possiede infatti, i caratteri di totalità, trasformazioni e autoregolazione), ma quello che interessa allo strutturalismo – considera Piaget – è individuare le "strutture naturali", ovvero quelle che emergono spontaneamente, quasi in modo «intuitivo», al di

sotto (o più in alto, secondo che il punto di vista sia pre- o post-individuazione) delle operazioni logiche prese in esame.<sup>28</sup>

Piaget ritrova le strutture anche in logica ma con una peculiarità non di poco conto, cioè il fatto di poterne studiare la dinamica costitutiva che mostra una straordinaria somiglianza con il processo costruttivo dell'intelligenza nei fanciulli. È qui che si precisa il significato dell'aggettivo "naturale", esso concerne il normale sviluppo del pensiero; infatti Piaget scrive: «In logica esistono delle "strutture" in senso pieno, e tanto più interessanti per la teoria dello strutturalismo in quanto si può seguire la loro psicogenesi nello sviluppo del pensiero naturale».<sup>29</sup> Ora, la psicogenesi dell'intelligenza mostra in primo luogo come le capacità logiche siano frutto di una continua costruzione da parte del soggetto che interagisce;<sup>30</sup> e ciò lega indissolubilmente la dimensione strutturale a quella costruttiva.

In matematica, attraverso gli studi di Gödel, è definitivamente tramontata l'idea che una teoria possa dimostrare coi propri mezzi o con mezzi più "deboli" la non-contraddittorietà al suo interno e quindi

questa idea di costruzione non è un semplice modo di vedere. Il secondo insegnamento fondamentale di Gödel [porta ad ammettere che] per concludere una teoria nel senso della dimostrazione della sua non contraddittorietà, non basta più analizzare i suoi presupposti, ma diviene necessario costruire quella successiva!<sup>31</sup>

Ciò comporta la creazione di nuove teorie che fondino (logicamente) le precedenti: si dà una gerarchia in base a forza o debolezza delle strutture e in questa "torre" o "piramide" di teorie è la base a essere più fragile, proprio le teorie più semplici e sicure poggiano su quelle più in alto, fino a risalire al vertice.

Se la semplicità diviene segno di debolezza, e se per consolidare un piano bisogna costruire quello seguente, la consistenza della piramide dipende in realtà dal suo vertice:

da un vertice che per se stesso è incompiuto e deve essere continuamente elevato. L'immagine della piramide richiede allora d'essere rovesciata e, anzi, sostituita da quella di una spirale con volte sempre più ampie in funzione dell'altezza.<sup>32</sup>

Tutto il discorso piagetiano sullo strutturalismo matematico non approda solo alla rivelazione della dimensione costruttivista, ma considera pure l'importante rapporto tra forma, contenuto e struttura. Premesso che ogni forma, per le conseguenze del teorema di Gödel viste prima, può essere il contenuto di un'altra teoria, secondo Piaget una struttura non può che esistere come "forma". Difatti, ad ogni livello del comportamento umano si possono ritrovare delle "forme":

Bisogna concludere che tutto è "struttura" e terminare qui la nostra esposizione? In un certo senso potrebbe essere così, ma solo nel senso che tutto è strutturabile. Eppure, la struttura, in quanto sistema autoregolatore di trasformazione, non si confonde con una forma qualsiasi: un mucchio di sassi presenta per noi una forma (poiché, secondo la teoria della *Gestalt*, esistono sia "forme buone" sia "forme cattive"), ma può divenire una "struttura" solo se ce ne diamo una teoria raffinata che fa intervenire il sistema totale dei suoi movimenti "virtuali". E questo ci conduce alla fisica.<sup>33</sup>

### ■ Una nuova prospettiva: le strutture fisiche e biologiche

La fisica pone immediatamente il problema "ontologico" dello strutturalismo: le strutture dipendono dall'uomo, dalla natura o da entrambi? Piaget dichiara che strutture sono certamente presenti nelle grandi teorie (gravitazione newtoniana, elettromagnetismo di Maxwell) sotto forma di relazioni sufficientemente formalizzate (inerzia, principio azione e reazione, forza come prodotto di massa per accelerazione, reciprocità dei pro-

cessi elettrici e magnetici); tuttavia, è con importanti e impreviste “svolte” della fisica novecentesca che l’idea di struttura acquisisce maggiore importanza: il problema della misurazione (per esempio, in meccanica quantistica) spinge a rintracciare la sua struttura primaria e, più in generale, a considerare il concetto di struttura «come un insieme di stati e di trasformazioni possibili in seno ai quali il sistema reale studiato viene a prendere il suo posto determinato, ma al tempo stesso interpretato o spiegato in funzione dell’insieme dei possibili».<sup>34</sup>

Diviene quindi centrale, nell’evoluzione contemporanea della fisica, comprendere la natura della causalità, se si tratta di un rapporto inerente la realtà che noi percepiamo e interiorizziamo tale e quale, se è semplicemente una descrizione artificiale, o se, infine, la causalità esiste oggettivamente e, pur non essendo identità tra questa e il nostro modello, c’è un «legame permanente» che fa in certa misura corrispondere la causa reale a quella operativa. In quest’ultimo caso, sarà possibile rinvenire questa corrispondenza mentre “concretamente” è all’opera, vale a dire sul piano psicologico delle azioni sensomotorie (versante del soggetto) e in quello biologico (versante della struttura organica).<sup>35</sup>

E, tuttavia, trovare le strutture in fisica non può essere una mera presa d’atto di questa corrispondenza, come se le nostre operazioni fossero uno schema estrinseco applicato al reale e questo esistesse in modo del tutto separato dal nostro conoscere (come la “cosa in sé” kantiana); la spiegazione causale richiede «di attribuire tali operazioni agli oggetti come tali e concepire questi ultimi come costituenti in se stessi degli operatori».<sup>36</sup> In altre parole, serve pensare che le strutture causali siano concretamente presenti nella realtà e le interazioni siano effettive. Ciò non deve confondersi col valore strumentale di una teoria: quello che Piaget definisce accordo «straordinario» tra realtà fisica e matematica non può consistere, come credeva il positivismo, nella descrizione coerente del reale in linguaggio matematico;<sup>37</sup> infatti, in

molte occasioni gli strumenti matematici ricavati deduttivamente hanno “anticipato” i fatti fisici (o comunque non sono stati ottenuti dal fatto osservato, ma elaborati per analogia e sempre dedotti dal resto dell’edificio matematico). Se non possiamo accettare che la matematica sia un linguaggio descrittivo come gli altri e quindi che la realtà abbia strutture (causali o di altro tipo), non resta che pensare «a un accordo fra le operazioni umane e quelle degli oggetti-operatori»;<sup>38</sup> un accordo – questo fra soggetto epistemologico e oggetti fisici – simile all’armonia prestabilita fra le monadi di Leibniz, con la differenza, non di poco conto, di non valere solo per sistemi chiusi e isolati, ma aperti, interattivi e cooperativi quali il cognitivo e il fisico-chimico sul piano biologico.

Anche in fisica troviamo strutture operative del soggetto che corrispondono a strutture esterne («operatori esterni e oggettivi»), in primo luogo quelle di «gruppo» di cui possono darsi, nota Piaget, tre casi. Il primo è quello in cui il «gruppo» assume per il fisico un valore euristico, si tratta della corrispondenza-limite tra soggetto e oggetto dove le trasformazioni producono enti virtuali e fisicamente irrealizzabili quali l’antiparticella o l’inversione del tempo, generati dal sistema cognitivo; nel secondo caso il gruppo determina trasformazioni dipendenti in parte dallo sperimentatore/osservatore, come avviene nel cosiddetto gruppo di Lorentz allorché cambiano i riferimenti (le velocità di due osservatori) e le trasformazioni coordinano i due nuovi punti di vista; è il soggetto, in tal caso, che innesca le trasformazioni e queste possono essere in certi casi fisicamente realizzabili. Infine, il terzo tipo di gruppo in cui le trasformazioni sono sempre fisicamente realizzate o realizzabili a prescindere dallo sperimentatore, come nel caso della composizione di forze (il parallelogramma) dove invertendo la direzione della risultante otteniamo un perfetto equilibrio. L’ultimo tipo di gruppo è assai interessante poiché comprende le trasformazioni provenienti dal versante dell’oggetto che, pur non essendo osservabili,

incidono sul suo comportamento fisico. Non si tratta di variabili nascoste del sistema fisico, ma dell'insieme di tutti gli stati virtuali, che agiscono su quello attuale. In Piaget troviamo a tal proposito due esempi rilevanti: il principio di "azione minima" o di economia della natura per il quale, per esempio, la luce segue sempre la via più breve da una stella all'osservatore nonostante le rifrazioni o distorsioni subite lungo il percorso; e l'entropia derivante dal secondo principio della termodinamica. Il primo esempio viene introdotto a partire da Max Planck in quale credeva che accanto alla causalità efficiente i fenomeni obbedissero al principio di azione minima, a sua volta dipendente da una «causa finale che fa del futuro, o più esattamente di un fine determinato, ciò da cui procede lo svolgimento dei processi che vi conducono». <sup>39</sup> A meno di postulare un'intelligenza all'interno dei fotoni, «è situando il reale nelle trasformazioni possibili che troviamo la spiegazione, fondata su una graduale compensazione fra tutte le variazioni possibili in prossimità del tragitto reale». <sup>40</sup> E in termodinamica, spiegare il secondo principio dell'entropia come aumento della probabilità di trovare stati più caotici significa «determinare una struttura componendo l'insieme dei possibili per dedurre il reale (poiché la probabilità è il rapporto dei casi favorevoli con questi casi "possibili")». <sup>41</sup>

Tirando le fila del discorso sulle strutture fisiche, Piaget ribadisce ch'esse esistono "fuori" di noi e corrispondono alle nostre strutture operative, persino nella caratteristica di fondarsi sul possibile (calcolo delle probabilità) e «di situare il reale nel sistema delle virtualità». <sup>42</sup> Quando vi è lo zampino dello sperimentatore nei modelli di spiegazione, può sorgere qualche dubbio sul fatto che la struttura sia artificiale o in qualche misura frutto di una proiezione del soggetto, <sup>43</sup> ma non appena ne accertiamo l'esistenza indipendente prendiamo atto della similitudine tra strutture interne ed esterne e siamo portati ad approfondire il ruolo dell'azione nella formazione di entrambe; azione che in primo luogo

viene interiorizzata dal soggetto e trae origine da alcuni meccanismi elementari radicati nella biologia, fungendo questa da "strumento" per ogni costruzione successiva.

Considerando l'organismo vivente, infatti, si nota immediatamente com'esso sia a un tempo un sistema fisico-chimico e la fonte dell'attività del soggetto. Se la struttura, in una definizione generale, è «un sistema totale di trasformazioni autoregolatrici», l'organismo risulta allora «il prototipo delle strutture», <sup>44</sup> conoscendo con precisione il quale, nella sua doppia natura di sistema chimico-fisico e cognitivo-comportamentale, avremmo chiarito il significato di struttura e strutturalismo. Tuttavia, come ammette senza riserve Piaget, si era – e si è ancora – lontani dall'aver tale conoscenza, cioè dal formulare uno strutturalismo biologico; la biologia è ad oggi la scienza più carica di promesse, ma anche la più giovane da un punto di vista epistemologico; in "ritardo" rispetto ad altre, perché si è a lungo dibattuta tra un riduzionismo fiscalista (quando già nelle scienze fisiche era stato messo in crisi) e il vitalismo ingenuo che, in ultima istanza, spiegava poco o nulla. Il riduzionismo si era manifestato come meccanicismo in Descartes e, in forma meno banale, con lo schema darwiniano secondo cui nel mondo vivente esistono evoluzioni casuali e selezione a posteriori; il primo aveva prodotto con gli animali-macchina uno dei «più incresciosi» modelli esplicativi dell'organismo; quella di Darwin e di tutti i darwinismi è una teoria che equivarrebbe a un'«ammissione di sconfitta», <sup>45</sup> perché postulando la casualità delle mutazioni si preclude ogni ulteriore indagine in quella direzione. Ora, contro queste tendenze riduzioniste, emblema di tutti i riduzionismi meccanicistici o fiscalisti, Piaget solleva due importanti obiezioni: in fisica è ben chiaro che le conoscenze non procedono per "accumulazione", ma nuove scoperte comportano un rimaneggiamento, più o meno ampio, delle precedenti; e poi – seconda osservazione – ogni tentativo di riduzione del complesso al semplice produce una sintesi in cui il livello inferiore (che si vuole "ridur-



re”) è sempre arricchito dal superiore (con una “assimilazione reciproca”), come nel caso dell’elettromagnetismo e della meccanica, ove la seconda è stata rielaborata a fronte del tentativo di fare del primo un suo “capitolo”.<sup>46</sup>

I tentativi riduzionisti, quindi, o conducono al contrario di ciò che si erano prefissi o semplificano brutalmente i propri oggetti fino a discostarsi dalla realtà (Descartes); essi vengono da Piaget bollati come anti-strutturalisti e lo stesso si potrebbe dire, a mio avviso, della tendenza vitalista a spiegare il vivente alla luce di idee come “totalità”, “finalità interna”, “intelligenza creatrice” ecc. Il vitalismo, infatti, non rintraccia strutture vere e proprie – le trasformazioni non sono descritte in termini causali e operazionali con il formalismo necessario –; anche nelle forme per così dire “attenuate” o non esplicitamente vitaliste, come la cosiddetta teoria dell’emergenza di Lloyd-Morgan e altri, ci si limita a constatare la presenza di “totalità di differenti livelli”. Segnalare che esse improvvisamente emergono e possiedono qualità nuove non significa però averne spiegato la genesi né averle definite come strutture in senso proprio.

È vero che il vitalismo ha generalmente combattuto il meccanicismo reintroducendo un certo potere creativo del soggetto, però questo soggetto non era certo quello epistemologico o conoscente, piuttosto restava il soggetto “qualunque” frutto di rappresentazioni tratte dall’introspezione e perciò stesso non-strutturato, cioè privo di autoregolazioni, gruppi e ritmi intesi in senso cibernetico. Diverso è il caso di Ludwig von Bertalanffy il quale, ispirato dalla Psicologia della Gestalt, ha prodotto «il primo tentativo di strutturalismo esplicito in biologia»,<sup>47</sup> riconducendola a una *Teoria generale dei sistemi*.<sup>48</sup> È però con il progresso interno della fisiologia comparata, dell’embriologia causale, della genetica, della teoria dell’evoluzione ecc. che sono arrivate le istanze più significative per lo strutturalismo biologico.<sup>49</sup> Infatti, in fisiologia Piaget indicava, già sul finire degli anni ’60, l’importanza di nozioni come quella di “omeostasi” introdotta da Cannon che riconosce la

tendenza dell’organismo all’equilibrio interno e quindi all’autoregolazione; quest’ultima, come detto in precedenza, è una caratteristica principale di ogni struttura, ma, nel caso specifico, si attua in modo più sofisticato rispetto ad altri processi di equilibrizzazione:

Anzitutto si constata che la regolazione della struttura, dovuta dapprima a una autoregolazione generale, è poi assicurata da organi differenziati di regolazione [...]. In secondo luogo, [...] una struttura vivente comporta un funzionamento legato a quello dell’organismo nel suo insieme, cosicché essa assolve o comporta una funzione, nel senso biologico, definibile per il ruolo che la sottostruttura svolge rispetto alla struttura totale [...]. Infine, [le strutture organiche] presentano un aspetto che le strutture fisiche ignorano (tranne che per il fisico), consistente nel riferirsi a dei significati.<sup>50</sup>

L’omeostasi, come concetto generale, non trova applicazione solo in seno alla fisiologia ma riveste importanza anche in genetica ove si è passati da una rappresentazione del genoma come sommatoria di geni isolati che lavorano da “solisti” a un’altra in cui essi agiscono al modo di “un’orchestra”, più geni possono agire su un carattere oppure uno stesso gene influire su più caratteri. L’omeostasi allora, consisterà nell’autoregolazione del pool genetico orientata a un equilibrio dinamico teso all’aumento della probabilità di sopravvivenza; e l’oscura e imprevedibile mutazione genetica lascerà il posto alla «ricombinazione genetica».<sup>51</sup>

Assai interessante risulta la tendenza strutturalista nell’embriogenesi, ove già da tempo gli studiosi avevano scoperto regolazioni strutturali e rigenerazioni. È con le ricerche dell’embriologo e genetista (nonché epistemologo) Conrad Waddington, infatti, che si è imposta la nozione di equilibrio dinamico nello sviluppo dell’organismo a livello genetico chiamata “omeoresi”. Essa prevede una compensazione del pool genetico attorno a “creodi” o percorsi necessari che lo sviluppo

segue; ma soprattutto fa cadere il tabù di molti genetisti – vecchi e nuovi – mostrando l'interazione tra ambiente e geni nel corso dello sviluppo del fenotipo, cioè ipotizzando che le mutazioni genotipiche avvengano come fissazione delle risposte del fenotipo agli stimoli dell'ambiente e non siano, quindi, né casuali né scritte una volta per tutte nel genotipo.<sup>52</sup> L'importanza di questi studi va ben oltre l'embriologia coinvolgendo la genetica e l'evoluzionismo; dal punto di vista epistemologico, poi, ha significato la fine del preformismo in embriologia (con la nozione di «epigenesi») e, soprattutto, in genetica, ove si è sovente sostenuto (e continua a esserlo pure oggi da molti) che «l'intera evoluzione è predeterminata da una combinazione fondata sulle componenti del DNA: si avrebbe quindi il trionfo di uno strutturalismo preformato sull'evoluzione stessa».<sup>53</sup> L'epigenesi, restituendo un ruolo attivo all'ambiente, fa dell'evoluzione un processo dal «carattere dialettico» e non predeterminato; con ciò non si ha alcun indebolimento delle strutture dell'organismo che, al contrario, s'inseriscono in un processo di costruzione progressiva che le arricchisce continuamente. Dalla prospettiva epistemologica, le strutture biologiche iniziali appena considerate danno origine al “soggetto”, del quale costituiscono il substrato fisico-chimico o quel minimo necessario (materiale, funzionale e dotato di autoregolazione) da cui s'innesca lo sviluppo individuale.<sup>54</sup> «Se l'uomo, a detta di Michel Foucault, è solo una “certa lacerazione nell'ordine delle cose” corrispondente, ma da [meno di] due secoli, a “una semplice piega del nostro sapere”, è però utile ricordare che questa lacerazione e questa piega risultano da un vastissimo sgretolamento, che non è organizzato male e che è costituito dalla vita intera».<sup>55</sup>

### ■ Lo strutturalismo piagetiano: una nuova prospettiva?

L'empirismo classico descriveva l'evoluzione dell'organismo e il processo di accrescimento delle conoscenze in termini che vede-

vano il soggetto come elemento passivo (“cera molle”) rispetto alle mutazioni casuali selezionate dall'ambiente (ciò anche per via dell'associazione-abitudine nel collegare fatti ed eventi). Piaget, naturalmente, contrasta un simile scenario e lo fa appellandosi proprio allo strutturalismo nella sua personale declinazione che fa della formazione delle strutture una progressiva costruzione a partire da un corredo minimo (funzionamento) radicato nell'ambito biologico. Tale costruzione presenta due importanti aspetti indissociabili: l'assimilazione del nuovo a strutturazioni acquisite (questo è il ruolo che presenta maggiore staticità riguardo alla struttura preesistente) e l'accomodamento delle strutture a seguito dell'assimilato;<sup>56</sup> si tratta di processo a doppio senso nel quale la struttura non è mai qualcosa di completamente innato o di totalmente acquisito, ma possiede stabilità e coerenza o, in termini piagetiani, presenta i requisiti di totalità, trasformazioni e autoregolazioni.

L'approccio piagetiano allo strutturalismo tocca i più importanti temi filosofici della modernità (soggetto, teoria della conoscenza, evoluzionismo etc.), e lo fa in maniera sufficientemente ampia, cioè prendendo in esame tanto le *hard sciences* che le cosiddette *human sciences*, e molto rigorosa. Questo rigore formale con cui Piaget definisce le strutture può apparire eccessivo e dissolverne parte del potere “evocativo” o del fascino filosofico, tuttavia bisogna ricordare che lo strutturalismo negli anni '60 e '70 era diventato una “moda” il cui *charme* aveva fatto «dimenticare l'antichità del metodo [strutturalista] sul terreno delle scienze, facilmente trascurate in certe filosofie»;<sup>57</sup> è quindi perfettamente comprensibile la tendenza piagetiana a dare maggiore risalto all'aspetto logico-fondazionale dello strutturalismo, inoltre essa scaturiva e s'inscriveva assai bene nel sistema generale dell'epistemologia genetica così com'era stato delineato fin dal 1950.<sup>58</sup> D'altro canto, non si può neppure pensare che Piaget si sia ispirato al positivismo o neopositivismo, poiché, al contrario, li ha esplicitamente criticati per la povertà del metodo analitico,

per il ricorso a principi indimostrabili e, infine, per la sistematica sottovalutazione della dimensione storico-genetica nel considerare lo sviluppo delle scienze.

È stato pure osservato, in modo un po' generico, che «le acquisizioni dell'ermeneutica sono altrettanto armoniche con questa visione piagetiana della complessità»,<sup>59</sup> costruttivista e mai completamente formalistica, perché questa riconosce i limiti della scienza classica così come sono emersi nella prima metà del secolo scorso; ma ben altri sono gli esiti: alle tendenze generalmente “extra”- o “para”-razionaliste dell'ermeneutica novecentesca (con i dovuti *distinguo*, per esempio Gadamer), sicuramente alternative allo strutturalismo, il post-strutturalismo dei vari Lyotard, Thom, Derrida, Deleuze ecc. si è rapportato spesso in modo ortogonale allo strutturalismo classico, quindi “destrutturando”, “decostruendo”, “catastrofizzando” il sapere, la conoscenza, il metodo. In questo caso gli esiti, pur singolarmente rilevanti, hanno contribuito a fare dello strutturalismo qualcosa di simile a quanto ironicamente aveva osservato Vygotsky in ambito psicologico: un mucchio di approcci che possono generare confusione.<sup>60</sup>

Il post-strutturalismo si espone al rischio di essere misconosciuto rispetto allo strutturalismo “generale” che, invece, Piaget ha così definito: «Lo strutturalismo [non è] una dottrina o una filosofia, altrimenti esso sarebbe stato ben presto superato, ma essenzialmente [è] un metodo, con tutto ciò che questo termine implica di tecnicismo, di obblighi, di onestà intellettuale e di progresso nelle approssimazioni successive». <sup>61</sup> Se la maggior parte degli strutturalisti aveva difeso un'idea fondamentalmente razionale della realtà, sostituendo al potere costruttivo del soggetto quello deterministico della “struttura”, i post-strutturalisti oltrepassano anche la struttura, avanzando istanze vitalistiche (“forza”, “energia”, “produzione”);<sup>62</sup> ecco perché credo sia valsa la pena di recuperare il comune sfondo problematico dei vari strutturalismi a partire da quello “genetico” che prima e più di altri si è interrogato sul significato di strut-

tura, ponendolo in relazione con i concetti di chiusura operativa, di regolazione cibernetica, di soggetto e di temporalità.<sup>63</sup>

Sul finire degli anni '60, Piaget osservava come le analisi strutturaliste erano diventate una moda filosofica, infatti «non c'è più nessun filosofo recente che non la segua»,<sup>64</sup> e ciò potrebbe a maggior ragione valere per alcuni esiti post-strutturalisti. In ogni modo, ove si consideri come l'epistemologia genetica esamini i rapporti tra matematica, conoscenza fisica e conoscenza bio-psico-sociologica,<sup>65</sup> andando a costituire, tutte, un circolo delle scienze dove la prima si ritrova alla fine dell'ultima in quanto costruzione intellettuale umana; allora abbiamo un chiaro indizio del debito che strutturalismo e post-strutturalismo potrebbero avere nei confronti di Piaget.

Un secondo tassello dello strutturalismo piagetiano è quello che riguarda il tempo e la storicità. Se da più parti si è auspicato il riconoscimento e l'integrazione dell'irreversibilità del tempo (emersa in fisica col secondo principio della termodinamica) «nella biologia (ontogenesi, filogenesi, evoluzione) e in ogni problematica organizzativa [; vi è la] necessità inevitabile di far intervenire la storia e l'evento in tutte le descrizioni e spiegazioni». <sup>66</sup> E qui, ancora una volta, si tocca un'esigenza che Piaget aveva manifestato qualche decennio prima chiamando la sua epistemologia “genetica”; ma restringendo il campo a considerazioni strutturaliste, Piaget resta saldo nella convinzione esprimendosi con queste parole:

Solamente, se ci si vuole dedicare a una teoria generale delle strutture, che quindi non può non essere conforme alle esigenze di una epistemologia interdisciplinare, si è necessariamente indotti – salvo confinarsi immediatamente nell'empireo dei trascendentalismi – a domandarsi, di fronte a un sistema di trasformazioni intemporalmente come un “gruppo” o come la rete dell'“insieme delle parti”, in che modo li otteniamo.<sup>67</sup>

Un terzo aspetto che coinvolge l'epistemologia piagetiana riguarda il rapporto tutto-

parti. Lo strutturalismo ha avuto il merito di aver imposto la “totalità” della struttura come un qualcosa di qualitativamente diverso dalle parti e non riducibile a esse. Piaget, spiegando questo importante concetto, ammette che «una struttura è sì formata da elementi, ma questi sono subordinati a leggi che caratterizzano il sistema come tale; e tali leggi, dette di composizione, non si riducono ad associazioni cumulative, ma conferiscono al tutto, in quanto tale, proprietà di insieme distinte da quelle degli elementi». <sup>68</sup> Sarebbe già importante questo riconoscimento, ma lo strutturalismo genetico va oltre: non esiste una rigida alternativa epistemologica tra le parti e il tutto, cosa che, al contrario, l'atomismo e la fenomenologia (compreso lo strutturalismo fenomenologico o gestaltista) avevano avallato optando, rispettivamente, per le prime e il secondo; ma

Al di là degli schemi di associazione atomistica e di quelli delle totalità emergenti, esiste una terza posizione che è quella degli strutturalismi operativi: è la posizione che adotta sin dall'inizio un atteggiamento relazionale, secondo il quale ciò che conta non è né l'elemento né un tutto che s'impone in quanto tale senza che si possa precisare come, bensì le relazioni fra gli elementi o, in altri termini, i procedimenti o processi di composizione (a seconda che si parli di operazioni intenzionali o di realtà oggettive); infatti il tutto è solo la risultante di queste relazioni o composizioni, le cui leggi sono quelle del sistema. <sup>69</sup>

E Piaget precisa come pure il positivista Auguste Comte e il sociologo Émile Durkheim, insieme ai teorici della *Gestalt*,

avevano certo il merito di ricordarci che un tutto è qualcosa di diverso da una semplice somma di elementi preliminari, ma, considerando il tutto come anteriore agli elementi o contemporaneo al loro contatto, essi si semplificavano il compito, con il rischio di non afferrare i problemi centrali della natu-

ra e delle leggi di composizione. <sup>70</sup>

Le strutture non sono neppure qualcosa di preesistente e formato una volta per tutte, piuttosto si possono considerare sistemi trasformativi «che si generano vicendevolmente in genealogie per lo meno astratte, e perché le strutture più autentiche sono di natura operativa, il concetto di trasformazione suggerisce quello di formazione, e l'autoregolazione invoca l'autocostruzione». <sup>71</sup> Addirittura, lo stesso soggetto, in un certo senso, si forma grazie alle strutture, «esiste perché, in generale, l'“essere” delle strutture è la loro strutturazione». <sup>72</sup>

Ovviamente, lo strutturalismo non si trova *in nuce* nell'epistemologia genetica, sarebbe sciocco solo pensarlo; esso è una sorta di “arcipelago” intellettuale e la sua declinazione piagetiana ha fornito un impulso che ha tolto dalle secche, o ha “messo in moto”, gli strutturalismi statici, astorici o metafisiceggianti (loro malgrado); non a caso la concezione piagetiana dello strutturalismo fa riferimento esplicito alla dialettica quando si esprime sugli sviluppi futuri delle ricerche strutturaliste preannunciando una certa “convergenza sintetica” tra posizioni anche distanti:

Poiché [lo strutturalismo] è solidale con una dialettica immanente, si può star certi che tutte le negazioni, svalutazioni o limitazioni, che alcuni suoi sostenitori hanno creduto di doverne ricavare nei confronti di posizioni ritenute incompatibili con esso, corrisponderanno proprio ai punti cruciali in cui le antitesi sono sempre superate dalle nuove sintesi. <sup>73</sup>

E allora costruttivismo, formazione continua, dimensione diacronica, totalità, prospettiva sistemica etc. fanno dello strutturalismo piagetiano uno strutturalismo atipico, ricco di ragioni epistemologiche nuove che daranno l'impulso per una serie di teorizzazioni successive; esse solo in parte possono essere ricondotte allo strutturalismo e al post-strutturalismo “convenzionali”, ma rappresentano, credo, una

direzione assai feconda sulla quale vale la pena tornare a riflettere.

## Note

<sup>1</sup> Cfr. J. PIAGET, (trad. it. *Le scienze dell'uomo* [1970], traduzione di T. ACHILLI, Laterza, Roma-Bari 1997, pp. 239-240). La distanza piagetiana da questi due "estremi" è stata riconosciuta in G. PERRI, *Crescita della conoscenza e complessità*, ESI, Napoli 1996, pp. 173-175.

<sup>2</sup> J. PIAGET, *Le structuralisme*, PUF, Paris 1968, pp. 5-6 (trad. it. *Lo strutturalismo*, a cura di A. BONOMI, Il Saggiatore, Milano 1994, p. 36). Ove non altrimenti specificato si riporteranno le citazioni dall'edizione italiana.

<sup>3</sup> *Ivi*, pp. 6-7 (trad. it. p. 37).

<sup>4</sup> Per apprezzare quanto il concetto di chiusura sia alla base delle nuove teorie dei sistemi cognitivi e viventi, mi permetto di rinviare a F. CRAPANZANO, *Maturana e Piaget: due percorsi paralleli?*, in: G. GEMBITTO, L. NUCARA (a cura di), *Conoscere è fare. Omaggio a Humberto Maturana*, Armando Siciliano, Messina 2009, pp. 179-211.

<sup>5</sup> Infatti Piaget scrive: «Il concetto di trasformazione ci permette anzitutto di delimitare il problema: infatti, se bisognasse inglobare nell'idea di struttura tutti i formalismi in ogni senso della parola, lo strutturalismo ricoprirebbe di fatto qualsiasi teoria filosofica non strettamente empiristica che abbia fatto ricorso a forme o essenze, da Platone a Husserl, passando soprattutto per Kant, e anche a certe varietà di empirismo come il "positivismo logico", che fa appello a forme sintattiche e semantiche per spiegare la logica» (J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 7 (trad. it. p. 37)).

<sup>6</sup> *Ivi*, p. 23 (trad. it. p. 56).

<sup>7</sup> È quanto emergerà chiaramente nelle conclusioni del saggio piagetiano in cui, tra l'altro, si legge: «Il problema della genesi è molto di più che una questione di psicologia: esso mette in causa il significato stesso della nozione di struttura, giacché l'opzione epistemologica fondamentale è fra una predestinazione eterna o un costruttivismo» (*ivi*, p. 121 (trad. it. pp. 169-170)).

<sup>8</sup> *Ivi*, p. 24 (trad. it. p. 57).

<sup>9</sup> Piaget giudica comprensibile e utile questo impegno ontologico, purché si faccia in modo consapevole ed entro certi limiti; infatti, «siccome le scienze logico-matematiche sono quelle del possibile più ancora che del reale, tali scienze possono essere paghe di questo platonismo a uso interno»

(*ivi*, p. 57 (trad. it. p. 97)).

<sup>10</sup> *Ivi*, p. 17 (trad. it. p. 49).

<sup>11</sup> *Ibidem* (trad. it. pp. 49-50).

<sup>12</sup> *Ivi*, p. 18 (trad. it. p. 50).

<sup>13</sup> Cfr. *ivi*, pp. 19-20 (trad. it. pp. 50-51).

<sup>14</sup> Cfr. *ivi*, pp. 20-21 (trad. it. pp. 52-53).

<sup>15</sup> È un rovesciamento di prospettiva identificato da Piaget nel «cambiamento radicale di una geometria figurativa in un Sistema totale di trasformazioni che F. Klein ha potuto esporre nel suo famoso *Programma d'Erlangen*» (*ibidem* (trad. it. p. 53)).

<sup>16</sup> *Ivi*, p. 21 (trad. it. p. 53).

<sup>17</sup> I lavori di Klein, infatti, rappresentano «ancora [...] una vittoria parziale, e la peculiarità di quella che nella matematica è stata definita scuola strutturalista, ossia la scuola di Bourbaki, è stata di cercare di subordinare l'intera matematica all'idea di struttura» (*ibidem* (trad. it. p. 53)). Per apprezzare tale intento, basti osservare come la rifondazione avvenga a partire dalla teoria degli insiemi. Cfr. N. BOURBAKI, *Éléments de mathématiques. Théorie des ensembles* [1939], vol. I, Masson, Paris 1990; A.D. ACZEL, *Nicolas Bourbaki*, Lattès, Paris 2009.

<sup>18</sup> Come fa notare Piaget, il numero di tali strutture non è stabilito a priori, ma «risulta [...] da un'analisi regressiva» (J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 22 (trad. it. p. 54)).

<sup>19</sup> *Ivi*, p. 23 (trad. it. p. 55).

<sup>20</sup> *Ivi*, p. 24 (trad. it. pp. 56-57).

<sup>21</sup> «Questi fatti sembrano quindi indicare che le strutture madri di Bourbaki corrispondono – in una forma naturalmente molto elementare, se non rudimentale, e molto distante dalla generalità e dalla formalizzazione possibile che esse rivestono sul piano teorico – a coordinamenti necessari al funzionamento di ogni intelligenza sin dagli stadi abbastanza primitivi della sua formazione» (*ibidem* (trad. it. p. 57)).

<sup>22</sup> *Ivi*, p. 25 (trad. it. p. 58).

<sup>23</sup> *Ibidem*. Il concetto viene attribuito da Piaget al matematico, studioso di cibernetica e intelligenza artificiale Seymour Papert, il quale collaborò e fece parte a lungo, a cominciare dagli anni '60, del gruppo di ricerca sull'epistemologia genetica.

<sup>24</sup> Cfr. J. PIAGET, *Sagesse et illusions de la philosophie*, PUF, Paris 1965. Sull'articolata questione del rapporto di Piaget con la filosofia, mi permetto di rinviare a F. CRAPANZANO, *Jean Piaget epistemologo e filosofo*, Armando Siciliano, Messina 2009, pp. 198-352.

<sup>25</sup> J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit. p. 60 (trad. it.

p. 100).

<sup>26</sup> *Ivi*, p. 27 (trad. it. p. 60).

<sup>27</sup> Infatti, scrive Piaget: «È sorprendente che la logica di Boole, uno dei grandi fondatori della logica simbolica del XIX secolo, costituisca un'algebra chiamata algebra di Boole» (*ivi*, p. 28 (trad. it. p. 60)), essa rappresenta l'esempio lampante dell'identità strutturale tra logica e algebra. Per approfondimenti di carattere specialistico sull'algebra booleana, rinvio all'ormai classico S. MACLANE, G. BIRKHOFF, *Algebra* (1967), AMS Chelsea, Providence (RI) 1999.

<sup>28</sup> Cfr. J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 29 (trad. it. pp. 59-60).

<sup>29</sup> *Ibidem* (trad. it. p. 62). A questo proposito, è utile ribadire come nella prospettiva piagetiana sia presente una priorità genetica del pensiero sulle strutture logiche, infatti «il pensiero [non] è lo specchio della logica», mentre una analisi della genesi conduce evidentemente a [non] capovolgere questi termini» (*ivi*, p. 47 (trad. it. p. 84)).

<sup>30</sup> L'«intelligenza organizza il mondo organizzando se stessa» (J. PIAGET, *La construction du réel chez l'enfant*, Delachaux & Niestlé, Paris - Neuchâtel 1937, p. 311 (trad. it. *La costruzione del reale nel bambino*, traduzione G. GORLA, La Nuova Italia, Firenze 1973, p. 400)). Nell'ambito antropologico, a proposito delle analisi di Lévi-Strauss, Piaget recupera il concetto in questi termini: «A differenza di molte specie animali che possono modificarsi solo cambiando specie, l'uomo è giunto a trasformarsi trasformando il mondo e a strutturarsi costruendo le sue strutture, senza subirle né dall'esterno né dall'interno grazie a una predestinazione intemporale» (J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., pp. 99-100 (trad. it. p. 145)).

<sup>31</sup> *Ivi*, p. 30 (trad. it. p. 63).

<sup>32</sup> *Ivi*, p. 31 (trad. it. p. 63).

<sup>33</sup> *Ivi*, p. 32 (trad. it. p. 65).

<sup>34</sup> *Ivi*, p. 34 (trad. it. p. 68).

<sup>35</sup> Cfr. *ivi*, pp. 34-35 (trad. it. pp. 68-69). Questo discorso sulla causalità tradisce nuovamente la questione ontologica sulla modalità di esistenza delle strutture evidenziando, stavolta, la soluzione che viene fuori dall'approccio epistemologico piagetiano, ossia una relazione di «corrispondenza» tra verità e realtà operativa. Emerge, quindi, un tipo di teoria corrispondentista della verità fondata – e qui risiede la sua peculiarità – sul parallelismo psico-fisiologico. Sulla teoria della verità come corrispondenza si veda, a titolo esemplificativo, B. RUSSELL, *The Problems of Philosophy* (1912),

Oxford University Press, Oxford/New York 1998 (trad. it. *I problemi della filosofia*, traduzione di P. COSTA, E. SPAGNOL, Feltrinelli, Milano 2007). Sul parallelismo psico-fisiologico si veda l'ampio ed esauriente J. PIAGET, *Biologie et connaissance*, PUF, Paris 1965 (trad. it. *Biologia e conoscenza*, traduzione di F. BIANCHI BANDINELLI, Einaudi, Torino 1983).

<sup>36</sup> J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., pp. 35-36 (trad. it. p. 70).

<sup>37</sup> Sottolinea Piaget come «non è consuetudine dei linguaggi raccontare anticipatamente gli eventi che descrivono» (*ivi*, p. 36 (trad. it. p. 70)).

<sup>38</sup> *Ibidem*.

<sup>39</sup> Cfr. M. PLANCK, *L'image du monde dans la physique moderne* (1949), traduzione francese di C. HEIM, Gonthier, Genève 1963, p. 130; citato in J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 38 (trad. it. p. 72). La citazione ripresa da Piaget si trova in un breve saggio dal titolo *Religion und Naturwissenschaft* (M. PLANCK, *Religion und Naturwissenschaft*, Barth Verlag, Leipzig 1938). Esso è stato unito nell'edizione francese al più noto *L'image du monde dans la physique moderne* che ha dato il titolo all'intera raccolta; ciò non ha permesso un facile riscontro ai vari traduttori de' *Le structuralisme* i quali hanno fatto semplicemente riferimento all'indicazione data da Piaget. Ad ogni modo, lascio giudicare al lettore quanto la scelta piagetiana sia appropriata; infatti la versione francese del testo di Planck recita: «Le principe d'action minimum introduit la notion d'une causalité d'un nouveau genre: à la cause efficiente, qui agit à partir du présent en direction de l'avenir et fait apparaître les états futurs comme conditionnées par les états antérieurs, s'associe la cause finale qui, à l'inverse, fait du futur, ou plus précisément d'un fin déterminée, ce dont procède le déroulement des processus qui y conduisent» (M. PLANCK, *L'image du monde dans la physique moderne*, cit., p. 130).

<sup>40</sup> J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 38 (trad. it. p. 73).

<sup>41</sup> *Ivi*, p. 39 (trad. it. p. 73)

<sup>42</sup> *Ibidem*.

<sup>43</sup> «Donde i discorsi un po' disillusi di Eddington, che ritiene allora troppo naturale ritrovare continuamente forme di "gruppo"» (*ibidem*).

<sup>44</sup> *Ivi*, p. 40 (trad. it. p. 74).

<sup>45</sup> Cfr. *ibidem* (trad. it. pp. 74-75).

<sup>46</sup> Cfr. *ivi*, pp. 41-42 (trad. it. pp. 75-77).

<sup>47</sup> *Ivi*, p. 41 (trad. it. p. 76).

<sup>48</sup> Cfr. L. VON BERTALANFFY, *General System Theory. Foundations, Development, Applications*, George Braziller, New York 1969 (trad. it. *Teoria generale dei sistemi*, traduzione di E. BELLONE, Mondadori, Milano 2004).

<sup>49</sup> Cfr. J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., pp. 41-42 (trad. it. pp. 76-77).

<sup>50</sup> *Ivi*, pp. 42-43 (trad. it. p. 76-77). I significati cui Piaget si riferisce sono legati all'aspetto funzionale e possono essere espliciti, ovvero emergere dal comportamento (le strutture istintive, per esempio, mostrano e mettono in gioco i meccanismi ereditari nell'adattamento, nel campo cognitivo etc.), o impliciti all'interno di ogni funzionamento sin dalla nascita (fa notare Piaget: «In caso di pericolo d'asfissia alla nascita, la coagulazione del sangue dà luogo a una regolazione nervosa immediata», *ivi*, p. 43; trad. it. p. 77). Rispetto agli organi differenziati della regolazione presenti nell'organismo, Piaget fa l'esempio della coagulazione sanguigna (struttura) che, secondo studi di Markosyan, si regola in primo luogo da sé stessa (autoregolazione), poi viene regolata dal sistema ormonico e, infine, da quello nervoso. Cfr. *ivi*, p. 42 (trad. it. pp. 76-77). Cfr. A.A. MARKOSYAN, *Neural Regulation in Blood Coagulation*, Press of the Academy of Pedagogical Sciences, Moscow 1960.

<sup>51</sup> A questo proposito Piaget menziona gli studi del genetista e biologo evoluzionista Theodosius Dobzhansky. Cfr. J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 43 (trad. it. pp. 77-78). Tra gli altri, cfr. TH. DOBZHANSKY, *Genetics and Origins of Species*, Columbia University Press, New York 1937; TH. DOBZHANSKY, *Mankind Evolving*, Yale University Press, New Heaven (Conn.) 1962.

<sup>52</sup> «In generale, Waddington vede nelle relazioni tra l'ambiente e l'organismo un circuito cibernetico tale che l'organismo sceglie il suo ambiente nello stesso tempo in cui quest'ultimo lo condiziona. La nozione di struttura autoregolatrice oltrepassa qui l'individuo e la popolazione stessa per inglobare il complesso ambiente X fenotipi X pool genetico della popolazione» (J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 44 (trad. it. pp. 78-79)). Nello specifico, pietra miliare per le ricerche di settore è C.H. WADDINGTON, *The Strategy of the Genes: A Discussion of Some Aspects of Theoretical Biology*, George Allen & Unwin, London 1957.

<sup>53</sup> J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 44 (trad. it. p. 79).

<sup>54</sup> Tutto questo discorso era stato ampiamente discusso nell'importante testo J. PIAGET, *Biologie*

*et connaissance*, cit.

<sup>55</sup> J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 45 (trad. it. p. 80). La nota espressione di Foucault si trova in M. FOUCAULT, *Les mots et les choses*, Gallimard, Paris 1966, p. 15 (trad. it. *Le parole e le cose*, traduzione di E. PANAITESCU, Rizzoli, Milano 1967, p. 13).

<sup>56</sup> Su cui J. PIAGET, *L'équilibration des structures cognitives: problème central du développement*, PUF, Paris 1975 (trad. it. *L'equilibratura delle strutture cognitive: problema centrale dello sviluppo*, a cura di G. DI STEFANO, Boringhieri, Torino 1981).

<sup>57</sup> J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 101 (trad. it. p. 149).

<sup>58</sup> Cfr. J. PIAGET, *Introduction à l'épistemologie génétique, t. I. La pensée mathématique*, PUF, Paris 1950; J. PIAGET, *Introduction à l'épistemologie génétique, t. II. La pensée physique*, PUF, Paris 1950; J. PIAGET, *Introduction à l'épistemologie génétique, t. III. La pensée biologique, la pensée psychologique et la pensée sociologique*, PUF, Paris 1950.

<sup>59</sup> F. D'AGOSTINI, *Analitici e continentali. Guida alla filosofia degli ultimi trent'anni*, Raffaello Cortina, Milano 1997, p. 460.

<sup>60</sup> Recuperando le parole di Vygotsky: «All cats are as grey in the dusk of Gestalt psychology as in the earlier fogs of universal associationism» (L.S. VYGOTSKY, *Thought and Language* (1934), translated by A. KOZULIN, MIT Press, Cambridge (MA)/London 1986, p. 216). La citazione viene parafrasata e il significato traslato in ambito strutturalista da Andrea Bonomi nella sua *Introduzione* a J. PIAGET, *Lo strutturalismo*, cit., p. 8.

<sup>61</sup> J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., pp. 117-118 (trad. it. p. 166). Poco più avanti, Piaget ribadisce il concetto come segue: «In complesso, lo strutturalismo è un metodo e non una dottrina, o, nella misura in cui diventa dottrinale, conduce a una molteplicità di dottrine. In quanto metodo, esso non può non essere limitato nelle sue applicazioni, vale a dire che, se è condotto dalla sua stessa fecondità a entrare in connessione con tutti gli altri metodi, ne presuppone altri e non contraddice in nulla le ricerche genetiche e funzionali» (*ivi*, p. 123 (trad. it. p. 171)).

<sup>62</sup> Cfr. F. D'AGOSTINI, *Analitici e continentali. Guida alla filosofia degli ultimi trent'anni*, cit., p. 408.

<sup>63</sup> Secondo Franca D'Agostini, «lo strutturalismo francese non è che una fase nello sviluppo di una prospettiva "sistemica" molto più vasta, che interessa alcune scienze, e la riflessione della scienza su sé stessa, prima che la filosofia. Nel saggio del 1994 [1968 ndr] Piaget traccia una mappa del pensiero

strutturale in ogni ambito [...]. Si tratta dell'affermarsi di una prospettiva sistemica che costituisce un'alternativa all'epistemologia neopositivistica e analitica e che gradualmente promuove una visione scientifica della totalità, della vita, del soggetto [...], fino a che la stessa contrapposizione tra razionalità scientifica e razionalità umanistica appare sensibilmente ridotta, e si propone [...] la possibilità di una prospettiva unitaria, o una "nuova alleanza" tra le scienze della natura e scienze dello spirito all'insegna di una "teoria della complessità"» (ivi, p. 484).

<sup>64</sup> J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 101 (trad. it. p. 149).

<sup>65</sup> Cfr. J. PIAGET, *Introduction à l'épistemologie génétique*, t. I. *La pensée mathématique*, cit.; J. PIAGET, *Introduction à l'épistemologie génétique*, t. II. *La pensée physique*, cit.; J. PIAGET, *Introduction à l'épistemologie génétique*, t. III. *La pensée biologique, la pensée psychologique et la pensée sociologique*, cit.

<sup>66</sup> E. MORIN, *Science avec conscience* (1982), Seuil, Paris 1990, p. 306. A proposito della necessità della dimensione storico-temporale per lo svolgersi dei fenomeni e per la loro comprensione, nel testo moriniano è presente una citazione fra parentesi attribuita a Prigogine («on ne put comprendre un système complexe qu'en se référant à son histoire et

à son parcours – Prigogine»); in mancanza di riferimento preciso, non è stato possibile rintracciarla. È probabile che Morin riprenda queste parole: «È molto importante sottolineare che il comportamento di tali sistemi dipende dalla loro storia [...]. Lo stato che raggiungiamo dipende dalla precedente storia del Sistema. Fino ad ora la storia era stata usata, usualmente, per l'interpretazione dei fenomeni biologici o sociali. Che essa possa giocare un tale importante ruolo in semplici processi chimici è piuttosto inaspettato» (I. PRIGOGINE, I. STENGERS, *La nouvelle alliance*, Gallimard, Paris 1979, p. 166 (trad. it. *La nuova alleanza*, a cura di P.D. NAPOLITANI, Einaudi, Torino 1999, p. 160); cfr. pure ivi, pp. 87 ss. (trad. It. pp. 77ss.). Sugli aspetti più rilevanti della filosofia di Prigogine si legga G. GEMBILLO, G. GIORDANO, *Ilya Prigogine. La rivoluzione della complessità*, Aracne, Roma 2016.

<sup>67</sup> J. PIAGET, *Le structuralisme*, cit., p. 13 (trad. it. p. 43).

<sup>68</sup> Ivi, p. 8 (trad. it. p. 38).

<sup>69</sup> Ivi, pp. 9-10 (trad. it. p. 40).

<sup>70</sup> Ivi, p. 9 (trad. it. p. 39).

<sup>71</sup> Ivi, p. 53 (trad. it. p. 91).

<sup>72</sup> Ivi, p. 120 (trad. it. p. 168).

<sup>73</sup> Ivi, p. 124 (trad. it. p. 172).