

DIPARTIMENTO  
DI FILOSOFIA



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Dottorato di ricerca in Filosofia  
XXV ciclo

**L'"OUVERTURE SUR LES NOUVEAUX POSSIBLES"  
NELL'EPISTEMOLOGIA PIAGETIANA**

supervisore principale: Prof.ssa Elena Gagliasso  
secondo supervisore: Prof. Nunzio Allocca  
coordinatore del dottorato: Prof. Piergiorgio Donatelli

dottoranda: Sara Campanella  
settore logico-epistemologico (M-FIL/02)

Anno Accademico 2011/2012

*Sempre, ogni volta che  
ci pareva di aver trovato la risposta a un problema,  
uno di noi scioglieva sulla parete il nastro  
dell'antico rotolo cinese sì che svolgesse e  
visibile apparisse l'uomo seduto che tanto dubitava.*

*B. Brecht*

*A mia figlia Adele*

## INDICE

Introduzione	5
PRIMA PARTE	
Al crocevia dei pensieri evolutivisti tra Ottocento e Novecento: formazione e problemi del giovane Piaget malacologo (1896-1929)	9
1. Piaget, <i>ami de la nature</i>	12
1.1 L'eco lamarckiana nella Svizzera romanda: E. Yung, F. Forel e P. Godet	16
1.2 Dal problema tassonomico a quello biologico della specie: la polemica con Waclaw Roszkowsky	18
2. Il problema della speciazione al di là della selezione naturale	26
2.1 Georges Romanes e la selezione fisiologica	33
2.2 M. Wagner e la <i>Separationstheorie</i>	34
2.3 J.M. Baldwin e la selezione organica	35
3. Il caso della <i>Limnaea stagnalis</i> nel 1929	41
3.1 Il ruolo del comportamento e la relazione organismo-milieu-ereditarietà	43
3.2 I geni e la virtualità dello sviluppo: l'illusione della <i>virtus dormitiva</i>	45
3.3 Adattamento e <i>hérédité générale</i>	47

## SECONDA PARTE

### La costruttività tra biologia e conoscenza.

La questione dell'apertura sul nuovo (1967-1980)	54
1. Verso l'apertura	56
1.1 Emile Boutroux e lo scarto della contingenza	59
1.2 Henry Bergson, il possibile e il reale	61
1.3. Piaget e Aristotele, un'insospettata vicinanza	64
2. Il cambio di rotta del <i>Centre International d'Epistemologie Génétique</i> (CIEG) e lo studio sui possibili	68
2.1 Equilibrazione maggiorante e condotte $\beta$	69
2.2 Possibili deduttibili e possibili in divenire	75
2.3 Strutture e procedure	81

## TERZA PARTE

### Dalle chioccioline all'andamento spiraliforme del vivente e della conoscenza

1. Dal cognitivo al biologico: il caso della fenocopia come caso di equilibrazione maggiorante	85
1.1 Ritorno alla <i>Limnaea stagnalis</i> e al <i>sedum</i> : la fenocopia trentasei anni dopo	89
1.2 C.H. Waddington e J. Piaget, accordi disaccordi	93
1.3 L'isolamento piagetiano nella cornice neo-darwiniana	103
1.4 La fenocopia in questione	112
1.5 Dall' <i>hérédité générale</i> all' <i>hérédité extra-nucleaire</i>	117
2. Modelli complessi e ampliamento dell'ereditarietà	120
2.1 Il modello ecologico di Paul Alfred Weiss	122
2.2 L'estensione dei sistemi ereditari nelle prospettive epigenetiche attuali. Come ripensare insieme eredità e plasticità	128
Conclusioni	133
Bibliografia	137

## Introduzione

Cercando di trasporre su questo lavoro parte della lezione di Evelyn Fox Keller, mi sono proposta di partire dall'intreccio delle correnti teoriche della biologia evoluzionistica agli inizi del XX secolo nella Svizzera romanda per cogliere nella traiettoria eccentrica e in parte obliata di Jean Piaget alcuni spazi aperti al cambiamento nello studio delle scienze della vita oggi riconsiderati o comunque riconsiderabili nell'ambito del consenso scientifico. Spazi di cui non considero Piaget padre assoluto, tutt'altro, ma su cui Piaget ha certamente esercitato un ragionamento interessante seppur avviato da troppo facili banalizzazioni teoriche come ad esempio l'interpretazione del lamarckismo e del darwinismo. Tornando alla scienziata statunitense, una lezione cruciale mi sembra, infatti, quella che la studiosa esibisce nel suo impegno volto alla ricostruzione storica delle tendenze diversificate della biologia in modo da consentire l'accesso alla comprensione delle possibilità di mutamento che si danno nel presente di questa stessa scienza<sup>1</sup>. Jean Piaget si inserisce per diverse ragioni, tra le quali una ostinata quanto ammirevole capacità assimilatoria e sintetica che è voluta andare oltre la biologia e un effettivo dialogo con essa, in una crepa dimenticata della storia delle scienze del vivente che attraverso queste pagine viene recuperata sulla base della convinzione che in essa valga la pena tirar fuori ancora una volta qualcosa.

---

1. In particolare il rimando è alla celebre ricostruzione del caso-McClintock: E. Fox Keller, *A feeling for the organism: the life and work of Barbara McClintock*, W. H. Freeman, 1983 [tr. it. *In sintonia con l'organismo*, La salamandra, Milano 1987] e al capitolo V -«il diritto all'anomalia»- dell'intervista di E. Donini a E. Fox Keller: E. Donini, *Conversazioni con Evelyn Fox Keller*, elèuthera, Milano 1991 in cui la scienziata qualifica con l'aggettivo "urgente" il ragionare sui processi storici tramite cui la scienza ha acquisito le sue forme attuali tenendo presente che la scienza basata su un consenso inter-soggettivo non è solo una convenzione culturale e sociale ("conoscenza-potere di matrice foucaultiana") ma anche qualcosa che ha presa sul reale ("dimensione baconiana").

Piaget ha qui un ruolo da giocare nella ripensabilità teorica delle frontiere del concetto di ereditarietà e nel superamento della distinzione genotipo/fenotipo, aspetti non certo indifferenti alla ricerca odierna.

Questa, in sintesi, la scommessa della mia tesi emersa dalla lettura dei lavori epistemologici e zoologici del giovane Piaget, lavori questi ultimi che hanno richiamato la mia attenzione dapprima sulla scia di J.M. Baldwin<sup>2</sup> ma, in seguito, sulla base dell'intuizione di quella che Piaget chiama *hérédité générale* e che diventerà in seguito *hérédité extra-nucléaire*. Siamo solo nel 1929, eppure la svolta funzionale del *Centre internationale d'épistémologie génétique* (CIEG) che avverrà negli anni '70, ha già messo le sue radici. E proprio a partire da questa ricongiunzione assume valenza il recupero di Piaget, già tentato in passato certo, ma che in questa sede avviene sotto lo stimolo di un nuovo campo d'intersezione e cioè la nuova epigenetica, quella che inizia a formarsi negli anni '80, proprio all'indomani della morte di Piaget quando egli, vittima del suo ego (troppo forte eppure troppo debole), ha lasciato una moltitudine di allievi valenti a tirarsi dalla propria parte una ricerca per sua stessa natura plurale, fino a confinarla dall'enorme *palais Wilson* del CIEG, oggi sede dell'Alto Commissariato dell'Onu per i diritti umani, alle due stanze degli *Archives Piaget* al primo piano della facoltà di psicologia. Si tratta di una ripensabilità teorica del concetto di ereditarietà che, al di là del richiamo esplicito a Piaget, non può essere indifferente alla ricerca odierna e che parte dal problema fondamentale di come dar conto del nuovo tenendo presente che ogni piano ereditario deve contemplare in sé vincoli e aperture.

La riflessione su biologia e conoscenza che ha occupato gran parte della riscoperta del Piaget epistemologo in Italia, ha colto bene i limiti della sintesi piagetiana evidentemente troppo centrata su esigenze di carattere speculativo e non biologico (tantomeno in veste sperimentale). Piaget, formatosi nel calderone evoluzionista di inizio secolo, è interessato all'organismo nella sua totalità e non c'è dubbio che la sua indagine si compie progressivamente al di là degli strumenti della biologia. Questo fatto da una parte rende il pensiero piagetiano estremamente marginale nel contesto delle scienze biologiche, dall'altra contribuisce ad inserire Piaget tra le fila degli *outsiders* che, indirizzatisi verso un particolare tipo di visione metodologica e filosofica in

---

2. A questo proposito ha avuto grande importanza per lo svolgersi di questa ricerca il saggio di B. Continenza, *Tra lamarckismo e darwinismo: l'«effetto Baldwin»* in AA. VV., *Evoluzione e Modelli*, Editori Riuniti, Roma 1984, pp. 107-191.

controtendenza, hanno rifiutato il *main stream* della promettente biologia molecolare della fine degli anni '50. Tuttavia, bisogna tener conto che Piaget non ha mai smesso di condurre un'intensa attività sperimentale sui suoi cavalli di battaglia: le chioccioline e il sedum. Più precisamente, la sua sperimentazione non viene abbandonata per almeno quarant'anni (e forse sarebbe durata anche di più se non si fosse prosciugato lo stagno di controllo!) e ciò testimonia il fatto che il metodo di comprensione dei fenomeni nel maturo Piaget dipendeva ancora dall'allenamento alla percezione diretta impartitogli al *Club des amis de la nature*. In ogni caso, quello sperimentale è un percorso carsico che, non introdotto nei laboratori di genetica, rimarrà nel giardino del suo chalet vicino Neuchâtel o nei laghi svizzeri e che, dal 1918, Piaget farà riemergere solo negli ultimi dieci anni della sua carriera a sostegno di una ben più intensa indagine psicologica e epistemologica sui processi cognitivi. Eppure, proprio il carattere eccentrico di questo biologo di formazione può rendere proficua una nuova interrogazione sui concetti delle scienze biologiche soprattutto quando i loro confini non sono chiari. In queste pagine, ho ritenuto proficuo tornare su uno degli aspetti che la riflessione tra strutture e funzioni, isomorfismi e regolazioni, ha messo più in disparte e cioè lo studio sui "possibili" e il ruolo che l'analisi dei modali ha avuto nell'elaborazione epistemologica di Piaget per cercare di comprendere in che senso l'ereditarietà può andare oltre i geni sia senza alterarli sia contribuendo alla loro evoluzione.

L'apertura sui nuovi possibili è un tema antico, certamente rintracciabile anche nella riflessione kantiana tutt'altro che estranea a Piaget, che però viene affrontato da quest'ultimo cercando di legare la pensabilità di un nuovo possibile, come quello scaturito da un comportamento esplorativo inedito o da una nuova idea, all'effettivo cambiamento strutturale/funzionale degli organismi. Cambiamento che per essere evolutivamente significativo deve poter lasciare traccia. Un nuovo adattamento non viene considerato alla luce delle sue condizioni di possibilità, come se l'ambiente costituisse un mero fattore d'innescamento dell'infinita varietà di combinazioni di cui l'organismo sarebbe portatore, ma come risposta contingente, frutto di un'interazione imprevedibile, che può modificare più o meno significativamente l'organizzazione interna dell'organismo in questione. Nel caso in cui la linea evolutiva di una specie venga influenzata da questa risposta, occorre che l'ereditarietà si renda traccia di questa nuova organizzazione la quale continuerà a influenzare l'assetto generale dell'organismo senza esaurirlo. È in questo senso, che va letto il manifesto costruttivista di Piaget secondo cui il soggetto costruisce il mondo costruendo se stesso. Si tratta di un circolo aperto che si accresce senza ritornare mai su se stesso, in modo irrever-

sibile, o se si vuole come una spirale, immagine-archetipica che accompagna tutta l'opera piagetiana dalle chioccioline agli studi sui possibili.

La vecchia presupposizione secondo cui l'organismo sarebbe dotato di potenzialità contenute nell'assetto cromosomico, era speculativamente inaccettabile per un uomo che ha fatto della creatività la parola d'ordine dello sviluppo, malgrado l'inaggirabile "orizzonte di legalità" nel quale ogni nuova conoscenza, o adattamento, deve essere inserita per dare senso. Era chiaro infatti, vista la varietà e la dinamicità del vivente, che la reversibilità del pensiero logico, come piano universale e atemporale, si dovesse accompagnare al problema genetico del nuovo come interferenza imprevedibile delle "reazioni circolari" degli organismi a molteplici livelli. Ma tutto questo nella mente di un giovane naturalista mezzo svizzero mezzo francese, come amava definirsi, si innesca a partire da un problema preciso: quello della speciazione, per poi approdare alla critica della biologia molecolare. Allora, una volta vinta la resistenza che un pensatore fortemente auto-centrato come l'epistemologo svizzero può indurre nel lettore, si può tentare di dirigersi verso un costruttivismo che, sullo sfondo della dimensione trasformativa del reale, ci porta a ripensare ciò che a lungo è stato inteso come ricettacolo del nostro sviluppo: l'ereditarietà.

\*\*\*

Desidero ricordare il mio debito verso Elena Gagliasso che non sa quanto importante sia stata per una mia nuova possibilità. Ringrazio mia madre e mio padre per aver sempre creduto in me sostenendomi sempre, la mia nonna che, a modo mio, mi ha insegnato a cercare "acqua viva" e Christian, mia profonda forza per costruire e sperare nel buono e nel bello.

## PRIMA PARTE

Al crocevia dei pensieri evolutivisti tra Ottocento e Novecento:  
formazione e problemi del giovane Piaget malacologo (1896-1929)

Les coquillages, traités de bagatelles par bien de gens, sont regardés bien différemment par le Philosophe. Ce qui semblait d'abord ne devoir servir qu'à son amusement et à son plaisir, devient pour lui le sujet d'une véritable occupation et la source de mille réflexions utiles.  
A. d'Argenville, *Historie naturelle éclaircie dans deux de ses parties principales, la lithologie et la conchyliologie*, 1742

Verso la metà del '700 i malacologi cominciano a percepire un cambiamento nelle modalità operative interne alla propria disciplina<sup>3</sup>: la presa di distanza dal gusto barocco del puro collezionismo e dall'accumulo delle 'cianfrusaglie' della curiosità, tipiche di una discesa nel "paese delle meraviglie" à la Švankmajer<sup>4</sup>, orientano in modo nuovo le loro domande. Quella che l'antropologo A. Leroi-Gourhan chiama la «visione ragionata delle forme»<sup>5</sup>, elemento che aveva fatto da sfondo all'individuazione estetica delle bizzarrie della natura, passa in primo piano e diventa il cuore stesso di una rinnovata indagine scientifica: la tassonomia malacologica. Questo nuovo modo di interrogare le forme di chioccioline e conchiglie si ritrova anche nel saggio kantiano Von dem ersten

---

3. cfr. E. Caprotti, *L'illustrazione malacologica dal 1800 al 1868*, Libreria naturalistica, 1998; K. Pomian, *Collectionneurs, amateurs et curieux. Paris-Venise, XVIe-XVIIIe siècle*, Gallimard, Paris 1987 [tr. it. *Collezionisti, amatori e curiosi. Parigi-Venezia XVI-XVII secolo*, Il Saggiatore, Milano 1990].

4. Film "Alice" 1988 (tit. or. *Něco z Alenky*) regia di Jan Švankmajer.

5. A. Leroi-Gourhan, *Le geste et la parole*, Albin Michel, Paris 1964-65 [tr.it. *Il gesto e la parola*, Einaudi, Torino 1977, p. 427].

Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume (1768)<sup>6</sup> in cui il filosofo di Königsberg, in un modo che andrà definendosi in opere successive, inizia a porre le basi della questione della realtà dello spazio anche a partire dalla non sovrapponibilità dell'andamento turbinato destrorso e sinistrorso delle chioccioline, esempio di opposto incongruente. Più precisamente, il fatto che alcune figure apparentemente identiche, una volta sovrapposte, non presentino confini altrettanto sovrapponibili come nel caso delle chioccioline destrorse con le sinistrorse, delle mani e di tutte le figure allo specchio o simmetriche, riconfigura il significato di alcuni termini come regione (Gegend) e posizione (Lage). La regione è diversa dalla posizione in quanto quest'ultima può essere ricavata analiticamente dallo stesso esteso (l'oggetto) mentre la prima è ciò che permette alle parti, e dunque alla posizione delle parti, di essere disposte. Secondo quest'ottica la regione non si ricava analiticamente dall'oggetto, ma è un riferirsi allo spazio come unità, infatti nella costituzione dei corpi possono trovarsi differenze che si colgono riferendosi unicamente allo spazio assoluto e originario, giacché solo per esso è possibile il rapporto delle cose corporee. Se si ammettesse però che lo spazio sta soltanto nei rapporti esterni delle parti di materia che si trovano l'una accanto all'altra, ogni spazio reale, sarebbe solo quello che questa certa cosa occupa. Ma se così fosse, nel caso della mano, bisognerebbe che essa fosse "prima" di una sua proprietà costitutiva e cioè non fosse né destra né sinistra, cosa impossibile. Da qui, lo spazio assoluto non è oggetto di sensazione esterna né è un concetto astratto, ma qualcosa la cui realtà è attestata dal fatto che rende possibili tutte quelle sensazioni che derivano dagli opposti incongruenti. Questo saggio, scritto nella seconda metà del Settecento quando, non a caso, Kant -divenuto guardiano di un gabinetto delle meraviglie- lavorava presso la biblioteca del castello di Königsberg piena di scaffali dedicati alla Naturwissenschaft, è solo un esempio che rileva la potenzialità ancora inespressa dell'accumulo di osservazioni sulle forme della natura come le conchiglie turbinatate, un esempio che addirittura segna l'inizio di una nuova genesi epistemica dello spazio<sup>7</sup>.

Su questa strada, sia pur in modo completamente diverso, i gasteropodi continuano a

---

6. I. Kant, *Kant's gesammelte Schriften*, 1768 hrsg. v. der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlin-Leipzig, vol. II, pp. 375-383 [tr. it. in *Scritti Prescritici*, Laterza, Roma-Bari 2000].

7. Cfr. L. Scaravelli, *Gli incongruenti e la genesi dello spazio kantiano*, «Giornale critico della filosofia italiana», 31, 1952, pp. 389-421.

restare sulla scena poiché anche nel secolo successivo, l'Ottocento, il loro studio riconfigura nuovamente lo spazio, uno spazio che però questa volta diventa "ambiente abitato"<sup>8</sup>.

Per introdurre questo aspetto che tanta importanza avrà nei maestri di Piaget e in Piaget stesso, occorre sottolineare che la «visione ragionata delle forme» deve cedere il passo a ben altro cambiamento rispetto a quello che l'ha preceduta e cioè al trasformismo. La disperata impresa dei tassonomisti della storia naturale a cui neanche Charles Darwin, uno dei principali artefici di questo cambiamento, si sottrasse<sup>9</sup>, sbiadisce alla luce di un nuovo temibile rompicapo: la speciazione. I naturalisti, sommersi da una pleora impressionante di nomi e osservazioni (che nel caso dei gasteropodi raggiungono un numero sconfinato) si trovano a dover ricercare l'origine (o la differenziazione a partire da un ceppo comune) delle specie ormai irrimediabilmente decadute dal trono della permanenza eterna. La speciazione è una questione cruciale legata anche ad un'altra faccenda che, ove non accolta sotto l'ala del lamarckismo, genererà una costellazione di termini e teorie nell'intento di "completare" l'azione della selezione naturale come si vedrà più avanti. Questa faccenda è la spiegazione della variazione. Infatti, dire che la speciazione avviene a partire da variazioni individuali o di gruppo motivate da diversi fattori come il comportamento, l'isolamento geografico, la selezione sessuale, etc. è diverso dal dire che la speciazione avviene sulla base di variazioni casuali legate alla sfera ereditaria di una popolazione su cui, in seguito, si esercita l'azione della selezione naturale. La natura della variazione che certamente in Charles Darwin non si ancorava su un alcun terreno esclusivo di spiegazione, diviene invece, un campo simbolico delle scienze naturali che, ora tirate dalla parte dell'ambiente ora dalla parte delle mutazioni casuali, contribuirà a generare quel gioco di chiaro-scuro epistemico su cui lo stesso Piaget si sente chiamato a ragionare senza trovarsi a suo agio.

Il lavoro di una delle menti più brillanti del secolo scorso la cui formazione prende linfa dalle posizioni filo-lamarckiane dei suoi maestri e dai conti che la cultura francofona

---

8. Cfr. E. Gagliasso, *Ambiente* in F. Micheli, F. Davies (a cura di), *Frontiere della biologia: meditazioni filosofiche sulle scienze della vita*, EDB, Bologna 2011, pp. 285-294.

9. «I have gnashed my teeth, cursed species, and I asked what sin I have committed to be so punished», così Darwin si esprime in una lettera indirizzata a Hooker (1853) a proposito delle sue difficoltà durante il lavoro tassonomico sui cirripedi. F. Darwin (ed. by), *The Life and letters of Charles Darwin*, John Murray ed., London 1887, vol. II, p. 40.

iniziava a fare con il mendelismo, parte proprio, una volta forzata la prospettiva di partenza viziata dalla banalizzazione dell'adattamento (ambiente vs organismo), da due questioni cruciali: cosa sia la specie una volta abbandonata l'ottica tassonomica e quale siano le cause della variazione.

La 'cerniera' che Jean Piaget rappresenta tra due modi di interrogare il vivente, uno legato alla cultura descrittivo-morfologica della storia naturale e l'altro alla dimensione attiva (motoria) del farsi delle forme nell'evoluzione, è pure l'inizio di una ri-apertura verso temi come l'incidenza delle variazioni ontogenetiche sulla filogenesi o l'insufficienza della sola dotazione ereditaria nello sviluppo che, tra le maglie della Modern Synthesis, manterranno vitalità fino all'Evolutionary developmental theory (Evo-Devo) dei nostri giorni.

## 1.

### *Piaget, ami de la nature*

Piaget nasce il 9 agosto 1896 a Neuchâtel, capitale del cantone omonimo della Svizzera occidentale nel cuore della Catena del Giura, lambita dalle acque del lago dove il biologo precoce inizierà a raccogliere le sue preziose conchiglie. Tanto il 1896 quanto il massiccio del Jura introducono in medias res nel clima che caratterizzerà la formazione del giovane biologo.

Nell'anno di nascita di Piaget, infatti, parte del mondo scientifico che gravitava attorno alla teoria darwiniana inizia a sollecitare l'attenzione dei più intransigenti osservatori della selezione naturale verso le "selezioni indirette", ipotesi di trasmissione delle variazioni somatiche da una generazione all'altra senza adesione alla formulazione lamarckiana dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti. Nel 1896 lo psicologo statunitense James Mark Baldwin pubblica il famoso articolo *A new factor in evolution*<sup>10</sup>, un suo collega inglese Conwy Lloyd Morgan *Habit and Instinct*<sup>11</sup> e il paleontologo Henry Fairfield Os-

---

10. J.M. Baldwin, *A new factor in evolution*, «American Naturalist», 30/354, 1896, pp. 441-451 [tr. it. Baldwin: *L'Evoluzionismo in Psicologia*, a cura di B. Continenza, «Storia e Critica della Psicologia», III/2, 1982, pp. 335-370].

11. T.H. Morgan, *Habits and instinct*, Arnold, London 1896.

borne, allievo di Edward Drinker Cope a cui si richiamerà Piaget nelle sue prime ricerche, tiene una conferenza dal titolo *A mode of evolution requiring neither natural selection nor the hineritance of acquired characters*<sup>12</sup>. I tre contributi, coevi, seppur con accenti diversi, puntano sull'esistenza di processi ereditari in grado di trasmettere le variazioni ontogenetiche alle generazioni successive<sup>13</sup>. Come si vedrà oltre, la differenza cruciale che segna la distanza di queste ipotesi dall'ereditarietà dei caratteri acquisiti così come la si attribuiva a Lamarck era il processo non diretto di tale trasmissione, per cui la modificazione somatica prodotta dalle sollecitazioni ambientali o da quelle dovute a fattori consci in un gruppo poteva ripresentarsi simile nella generazione successiva grazie all'innescò di fattori endogeni che imitavano l'aspetto variante. Riabilitando l'ereditarietà indiretta delle variazioni ontogenetiche si apriva così una strada feconda verso la critica al ruolo sostanzialmente passivo in cui la vulgata darwiniana cominciava a confinare l'organismo rispetto all'ambiente. In questa direzione si andava problematizzando non solo la relazione organismo-ambiente ma, soprattutto, iniziava ad affacciarsi l'idea che l'evoluzione non fosse il campo di azione della sola selezione naturale, ma una cooperazione di più fattori tra cui, ma non solo, la legge più famosa individuata da Darwin che lo stesso naturalista inglese associava ad altri processi evolutivi.

Le Alpi e il massiccio del Jura sono stati lo scenario delle escursioni naturalistiche di molti savants svizzeri<sup>14</sup>. Motivo della loro importanza fu quello di essere state la prova più vicina del cambiamento della crosta terrestre nel tempo divenendo laboratorio naturale degli studi geologici e paleontologici. Louis Agassiz (1807-1873) contribuirà non poco alla costruzione di un ambiente sensibile alle scienze naturali nella città natale di Piaget. Nonostante la sua adesione al fissismo e la sua avversione per l'evoluzionismo à la Darwin, Agassiz produsse degli studi sui molluschi fossili e una innovativa teoria della glaciazione che gli diedero il prestigio necessario per inaugurare nel 1832, prima della sua partenza per gli Stati Uniti, la Société neuchâteloise des sciences naturelles.

---

12. H.F. Osborne, *A mode of evolution requiring neither natural selection nor the hineritance of acquired characters*, «Transactions of the New York Academy of sciences», 15, 1896, pp. 141-2, 148.

13. Cfr. B. Continenza, *Tra lamarckismo e darwinismo: l'«effetto Baldwin»*, cit.

14. F. Walter, *Les suisses et l'environnement. Une histoire du rapport à la nature du 18 siècle à nos jours*, Carouge-Genève, 1990.

All'indomani della disfatta napoleonica, gruppi di giovani infiammati dalla moda del gusto patriottico e attratti dallo studio del loro patrimonio ambientale si organizzano nell'intento di esplorarlo. Proliferano società, gruppi, riviste e altri organi più o meno ufficiali volti alla diffusione della cultura scientifica. Alla formazione dei giovani naturalisti è unita la convinzione che solo a partire da questi movimenti sia possibile instillare anche un'educazione civica e morale. Per questo motivo, dopo la partenza di Agassiz, nel 1848 circa, la Société resta il maggior centro locale di attività scientifica<sup>15</sup>, vero e proprio propulsore di idee da parte di giovani studiosi in via di formazione. Nel giro di una generazione, dopo il geologo Edouard Desor, segretario di Agassiz, toccherà al naturalista Paul Godet, maestro di Piaget, coagulare e coordinare un milieu scientifico in fermento come quello del Club des Amis de la nature fondato da Pierre Bovet e Carl Albert Loosli, allora quindicenni, nel 1893. Precedentemente, nel 1865, era stato fondato dal medico Louis Guillaume le Club Jurassien. Assieme alla Société d'histoire et d'archéologie di Neuchâtel anche il Club jurassien decide di dotarsi di una rivista specializzata. Questi laboratori culturali produrranno così, come pubblicazioni periodiche, le Musée neuchâtelois nel primo caso e le Rameau de Sapin nel secondo. Proprio su quest'ultima rivista, organo del Club, Piaget invierà all'età di soli undici anni un articolo di una pagina su un passero albino notato in un parco pubblico e intitolato per l'appunto Un moineau albinos<sup>16</sup>. «Mon article fut publié -racconta Piaget- et j'étais "lancé"! J'écrivis alors au directeur du Musée d'histoire naturelle pour lui demander la permission d'étudier ses collections d'oiseaux, de fossiles et de coquillages en dehors des heures d'ouverture du musée»<sup>17</sup>. Il direttore del museo di scienze naturali di Neuchâtel chiamato qui in causa è proprio Paul Godet, futuro membro onorario del Club des Amis de la nature, di cui pure Piaget farà parte svolgendo un'attività molto intensa dal 1910 al 1915. «Paul Godet -rammenta Piaget- était un malacogiste éminent qui passait ses samedis, sans crédits ni assistants, à réviser ses collections. Il m'a alors pris pour "famulus", m'a fait coller des étiquettes, m'a appris à collectionner moi-même et m'a initié à

---

15. J.M. Barrelet, *L'arrière-plan neuchâtelois*, in J.M. Barrelet, A.N. Perret-Clermont (a cura di), *Piaget et Neuchâtel. L'apprenti et le savant*, Editions Payot Lausanne, Lausanne 1996, pp. 15-26 e F. Vidal, *Jean Piaget, "Ami de la Nature"* in J.M. Barrelet, A.N. Perret-Clermont (a cura di), op. cit., pp. 95-109.

16. J. Piaget, *Un moineau albinos*, «Le Rameau de Sapin: organe du Club jurassien», 41, 1907, p. 36.

17. J. Piaget, *Autobiographie*, «Cahiers Vilfredo Pareto: revue européenne des sciences sociales», 18, 1966, pp. 129-159.

la systématique des mollusques terrestres et d'eau douce, ce qui fait que le lycée me paraissait un fâcheux ralentissement du travail et la zoologie la seule chose sérieuse dans la vie. Je tiens à noter ces débuts, car les uns sont formés au collège par les mathématiques ou par le latin etc., j'ai été formé par un problème précis: celui des espèces et de leurs variations indéfinies en fonction du milieu, celui des relations entre génotypes et phénotypes, avec prédilection pour l'étude des adaptations aux altitudes [...], à la vie des lacs, etc. Bref, j'ai toujours pensé depuis en termes de formes et d'évolution des formes»<sup>18</sup>.

Si giunge così alle conchiglie e al grande valore che gli studi malacologici apportarono agli esordi di un problema specifico come quello dell'adattamento e della costituzione-trasformazione delle forme in un momento particolarmente denso delle scienze della vita in procinto di riscoprire Mendel. Significativo può essere notare che dal campo della paleontologia e in particolare dalla ricerca fossile sui molluschi e sulle conchiglie prenderà piede circa cinquant'anni dopo, un'altra rivoluzione nel campo dell'adattamento. Gli studi di Gould ed Eldredge sui punctuated equilibria, in rottura con il dogma del gradualismo della Nuova Sintesi, nascevano infatti, anche dalle osservazioni sui trilobiti degli strati rocciosi del Devoniano e dalle riflessioni sui tempi e i modi della speciazione del loro maestro, il paleontologo G. Simpson<sup>19</sup>. Inoltre, legato indirettamente alla riflessione sulla speciazione, è anche lo studio delle forme dal punto di vista geometrico-statistico, in cui le conchiglie continuano a rappresentare un caso privilegiato d'osservazione<sup>20</sup>.

Per la ricerca piagetiana il campo malacologico costituisce una duplice fonte: in un primo tempo esso è oggetto di sistematizzazione tassonomica secondo la vecchia tradizione della storia naturale, successivamente -riscoperto l'organismo dietro alla morfologia descrittiva- esso diviene l'ambito su cui condurre l'indagine biologica su due

---

18. J. Piaget, *Les modèles abstraits sont-ils opposés aux interprétations psycho-physiologiques dans l'explication en psychologie? Esquisse d'autobiographie intellectuelle*, «Bulletin de psychologie», 13, 1959, pp. 7-13, p. 9.

19. Cfr. S.J. Gould, N. Eldredge, *Punctuated Equilibria: An alternative to Phyletic Gradualism*, in T.J.M. Schopf (a cura di), *Models in Paleobiology*, Freeman Cooper, San Francisco 1972, pp. 82-115 ; S.J. Gould, N. Eldredge, *Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered*, «Paleobiology» 3/2, 1977, pp. 115-151.

Cfr. ad esempio W. D'Arcy Thompson, *On growth and form*, Cambridge University Press, 1917, Cambridge 1917 [tr. it. *Crescita e forma*, Bollati Boringhieri, Torino 1992]; D.M. Raup, S. Stanley, *Principles of paleontology*, W.H. Freeman, London 1979

questioni: la speciazione a partire da variazioni individuali nel corso dello sviluppo e l'adattamento. Dalla tassonomia alla biologia il percorso di Piaget è intriso della cultura del suo tempo al punto che sembra possibile distinguere chiaramente queste due fasi: la prima sulla base dell'influenza del suo primo maestro, P. Godet (che muore nel 1911) e la seconda grazie alla controversia con W. Roszkowski (1912-1914).

### 1.1 L'eco lamarckiana nella Svizzera romanda: E. Yung, F. Forel e P. Godet

Paul Godet, a cinquant'anni da Agassiz, è immerso nel clima trasformista che ormai a partire dalla fine del XIX secolo si era diffuso in Francia sulla scia di Jean-Baptiste de Lamarck. Suo maestro fu il padre, Charles-Henri Godet (1797-1879), impegnato nello studio della flora del Giura e co-fondatore della Société d'horticulture e del Jardin botanique di Neuchâtel. La tradizione appresa da Godet figlio e trasmessa a Piaget e agli altri membri del Club des Amis de la nature, insisteva ancora sull'idea di aristotelica memoria che conoscere la natura è essenzialmente saperla definire/classificare. Perfettamente calzanti le parole di M. Foucault nel ritrarre questo atteggiamento della 'storia' della natura tra XVII e XVIII secolo: «Giardini botanici e gabinetti di storia naturale erano, al livello delle istituzioni, i correlativi necessari di tale delimitazione [quella della visibilità dei caratteri e non dell'unità organica]. E la loro importanza, per la cultura classica, sostanzialmente non sta in ciò che consentono di vedere, ma in ciò che nascondono e in ciò che, attraverso tale obliterazione, lasciano venire alla luce: sottraggono alla vista l'anatomia e il funzionamento, celano l'organismo, per far emergere davanti agli occhi che ne attendono la verità, il rilievo visibile delle forme, con i loro elementi, il loro modo di dispersione e le loro misure»<sup>21</sup>. L'identificazione corretta delle specie dipendeva così in gran parte dall'analisi dei caratteri esterni degli organismi direttamente osservabili<sup>22</sup>. Nonostante ciò, è sul piano dell'azione e non della parola che Godet figlio spinge i suoi allievi ad intraprendere la ricerca della natura. Su questo piano les amis producono lavori collettivi, a volte pubblicati, sulle osservazioni compiute durante le numerose escursioni botaniche,

---

21. M. Foucault, *Les mots et les choses*, Gallimard, Paris 1966 [tr. it. *Le parole e le cose*, Rizzoli, Roma 2009, p. 154].

22. cfr. F. Vidal, *Jean Piaget, Ami de la nature*, cit., p. 97.

paleontologiche e zoologiche. Il metodo suggerito dai savants della svizzera romanda ai giovani naturalisti non è quello di formulare delle ipotesi da dimostrare mediante esperimento a partire da un sapere teorico presupposto, piuttosto quello di cercare, attraverso l'esame dei fatti constatati, di elaborare una rete di nozioni suscettibili di spiegarli<sup>23</sup>. Questo atteggiamento rivela da una parte un'aderenza ancora indiscussa alla vecchia storia naturale, quella in cui il termine storia è legato alla sua più arcaica radice<sup>24</sup> ed allude alla nominabilità del visibile, dall'altra un sapere di sfondo ormai trasformista secondo cui i caratteri esteriori degli organismi non sono indifferenti alla conformazione del milieu circostante. Si tratta di una storia naturale in trasformazione. Emile Yung, successore di Carl Vogt all'insegnamento di zoologia e anatomia comparata all'università di Ginevra, François Alphonse Forel, autore di alcuni studi sulla fauna profonda del Lemano tra il 1868 e il 1870<sup>25</sup>, e lo stesso Paul Godet, maestri più o meno diretti di Piaget, si richiamano tutti, infatti, a spiegazioni di carattere lamarckiano. Forel si interroga sull'origine delle specie delle acque profonde e su una eventuale relazione di queste con quelle di superficie. Secondo le sue notazioni le specie profonde si sarebbero differenziate da quelle litorali a causa delle diverse influenze del milieu. Emile Yung a sua volta, insiste sul criterio anatomico per stabilire delle classificazioni comparate sulla fauna del Lemano e crea con l'aiuto della figlia dello psicologo ginevrino Claparède (lo stesso che affiderà a Piaget l'incarico di direttore dell'Istituto "Jean-Jacques Rousseau" di Ginevra) una stazione zoologica al fine di osservare la costituzione delle forme nel milieu naturale. In una spedizione con il battello "Edouard Claparède" vengono raccolti gli esemplari che poi saranno inviati al giovane Piaget. A Yung interessava capire gli effetti dell'ambiente sullo sviluppo e risolvere così il problema delle origini delle specie. Come la Francia anche la Svizzera romanda non sfugge alla mancata "introduzione" del darwinismo sul finire del XIX secolo. Come ha mostrato Yvette Conry nella sua tesi di dottorato sotto la guida di G.

---

23. «Non des jeunes gens qui parlent, mais des jeunes gens qui agissent [...]. Tout commençant qui se borne à parcourir quelques livres d'histoire naturelle et qui ne sent pas le besoin de se mettre en contact immédiat avec la nature, ne sera jamais qu'un naturaliste manqué», P. Godet, *Les collections d'histoire naturelle*, «le Rameau de Sapin», 2, 1875, pp. 5-6. [cit. anche in J.M. Barrelet, A.N. Perret-Clermont (a cura di), op. cit., p. 101].

24. Radice indoeuropea *wer-* connessa al vedere. Cfr. anche M. Foucault, op. cit., pp. 144-48.

25. F.A. Forel, *Introduction à l'étude de la faune profonde du lac Léman*, «Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles», 10, 1868-70, pp. 217-223.

Canguilhem, il darwinismo non rappresenta una teoria operativa nel milieu culturale già strutturato della Francia di fine Ottocento, non ne oltrepassa la “permeabilità selettiva”<sup>26</sup>. Pertanto, nonostante i lavori di A. Weismann, le ipotesi di Yung circa le influenze dell’ambiente sullo sviluppo degli organismi potevano essere accolte senza critiche. Tuttavia, molto presto, Piaget è costretto a misurarsi con nozioni nuove che mettono in questione l’insegnamento del suo maestro Godet. L’occasione è costituita dalla controversia con Roszkowski (1912-14), anch’egli giovane naturalista di origine polacca impegnato nello studio delle Limnaeae delle acque profonde del lago Lemano presso l’Università di Losanna.

## 1.2 Dal problema tassonomico a quello biologico della specie: la polemica con Waclaw Roszkowsky

Nel ricostruire la “permeabilità” di Piaget alle tematiche mendeliane a lui note tramite le critiche rivoltegli da Roszkowsky, è utile ricorrere alla conferenza sur la vanité de la nomenclature tenuta dal giovane Piaget presso il Club des Amis de la nature nel 1912 in quanto prima testimonianza di un timido passaggio dalla tassonomia alla biologia<sup>27</sup>. Infatti, in questa sede non si trattava più di ricorrere a cavilli morfologico-descrittivi che avevano prodotto, ancor più nel campo del genere Limnaea, centinaia di nomenclature per proporre una propria, ma di superare la storia naturale di stampo linneiano per passare alla considerazione degli assi spazio-temporali delle specie e quindi al problema della sua origine (dove e quando) in virtù di una strategia fisiologica-comportamentale dell'animale.

L'inquietudine della biologia trasformista tra XIX e XX secolo concerne essenzialmente l'origine delle variazioni nuove e la relazione che può essere stabilita tra tali adattamenti e la comparsa di una nuova specie. Per poter dirimere la controversia occorre comprendere in primo luogo come distinguere una semplice variazione da una specie inci-

---

26. Y. Conry, *L'introduction du darwinisme en France au XIX siècle*, Vrin, Paris 1974, p. 24.

27. F. Vidal, *La vanité de la nomenclature. Un manuscrit inédit de Jean Piaget*, «History of philosophy of the life sciences», 6/1, 1984, pp. 75-106. A differenza di F. Vidal ritengo che Piaget si distacchi dalla storia naturale prima degli anni '20. cfr. F. Vidal, *Piaget before Piaget*, Harvard University Press, Massachusetts 1994 e F. Vidal, *Piaget avant Piaget. Pour une relecture de l'œuvre piagétienne*, in O. Houdé, C. Meljac (a cura di), *L'esprit piagétien. Hommage internationale à Jean Piaget*, Puf, Paris 2000, pp. 21-37.

piante e di conseguenza, come identificare i criteri delimitanti il concetto di specie. A questo riguardo, Piaget attraversa fondamentalmente due fasi che possiamo indicare con una fase nominalista e una fase funzionalista. Durante gli anni giovanili del Club infatti, la realtà della specie è risolutamente negata; successivamente, quando Piaget ritorna alla biologia a partire dalla fine degli anni '50, alla specie viene attribuita una qualche realtà in quanto "totalità funzionale o relazionale"<sup>28</sup>. Dal punto di vista biologico il passaggio tra nominalismo e realtà funzionale della specie implica il superamento della posizione "empiristico-lamarckiana" dei suoi maestri che proprio in occasione della polemica con Roszkowski comincia a maturare per riemergere ufficialmente solo cinquant'anni più tardi.

Per Lamarck, come per Godet in effetti, le specie, immerse nel flusso cangiante del tempo, non esistono di per sé, al contrario hanno status ontologico solo gli individui che, al più, possono essere ricondotti ai grandi piani di organizzazione dei viventi (Baupläne)<sup>29</sup>. La rottura della scala naturae in favore della continuità dei viventi comporta la scomparsa della realtà della specie e l'implicita assunzione che l'organismo modellato dall'azione del milieu non abbia una struttura interna organizzata in modo tale da resistere<sup>30</sup>. La comprensione della nozione di specie come totalità relazionale giunge invece circa cinquant'anni dopo con la messa in stretta relazione di genotipo e fenotipo. Come osserva lo stesso Piaget: «La novità essenziale che caratterizza la genetica contemporanea, nei suoi progressi sulla genetica classica e mendeliana, è precisamente quella di avere reintegrato genotipi e fenotipi in una totalità relazionale»<sup>31</sup>, ma tale aspetto non poteva che essere ancora molto confuso negli anni giovanili del Club, sebbene già intuito e proprio attorno a tale intuizione ruota tutta la ricostruzione storica di questa prima parte.

In occasione della conferenza del '12, la realtà della specie percepita come un retaggio

---

28. Il tema dell'organizzazione tassonomica è uno degli esempi adottati per descrivere gli isomorfismi parziali tra le strutture organiche e quelle logiche. Cfr. J. Piaget, *Biologie et connaissance*, Gallimard, Paris 1967, cap. IV [tr. it. *Biologia e conoscenza*, Einaudi, Torino 1983]; J. Piaget, *Introduction à l'épistémologie génétique. La pensée biologique*, Puf, Paris 1970, cap. IX.

29. «Il n'y a réellement dans la nature que des individus», J. B. Lamarck, *Des espèces parmi les corps vivants* in *Recherches sur l'organisation des corps vivants*, 1802 [rist. Fayard, Paris 1986, p. 97].

30. J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., p. 97.

31. J. Piaget, *ivi*, p. 99 (corsivo mio).

essenzialistico della forma eterna è negata in modo deciso da Piaget secondo cui: «l'espèce est une utopie»<sup>32</sup>. Il fatto che in questo stesso anno, Piaget, appena sedicenne, fosse riconosciuto da tutti come il più autorevole esperto nella classificazione malacologica al punto da dover declinare l'ingaggio come responsabile da parte del direttore del museo di scienze naturali di Ginevra Maurice Bedot che chiaramente ignorava l'età di Piaget<sup>33</sup>, non significa infatti che il nostro giovane naturalista accordasse valore ontologico alla sua tassonomia. Piuttosto, tale lavoro è da ritenersi ancora fortemente legato all'ottica epistemica di natura descrittivo-morfologica che, proprio a partire da questo momento, con la riflessione sulla genealogia dei viventi, comincia sfocarsi. Come ricorda F. Vidal, Piaget in questa fase aveva avuto un "colpo di fulmine" per Henry Bergson di cui aveva appena letto sulle sponde del lago d'Annecy *l'Évolution créatrice*<sup>34</sup>. La concezione del vivente come continuum la cui frattura non può che essere arbitraria, rende vani i tentativi tassonomici degli scienziati che mediante i loro tagli pretendono di attribuire verità alle loro categorie obliando tale continuità. In questa fase per Piaget le specie sono come i paralleli e i meridiani dei geografi<sup>35</sup>: esistono nominalmente e rappresentano un'esigenza epistemica. Piaget, infatti, mette in guardia l'uditorio citando esplicitamente Bergson e invitando a trattenersi da quelli che potremmo chiamare, riecheggiando Diderot, i *sophismes de l'éphémère*<sup>36</sup> per rimanere su un nominalismo senza ingenua pretese realiste. Nonostante questa posizione, proprio l'individuazione delle specie nella flora dei grandi laghi svizzeri costituisce l'oggetto del vivace scontro con Roszkowski e ciò lascia pensare a un cambio di prospettiva sulla questione.

Nello stesso anno della conferenza sulla *vanité de nomenclature*, il nostro giovane malacologo pubblica sul *Journal de conchyliologie* un articolo sui dragaggi

---

32. F. Vidal, *La vanité de la nomenclature*, art. cit., p. 99.

33. Questo episodio viene raccontato da Piaget in diversi luoghi, tra questi v. J. Piaget, *Autobiographie*, cit., p. 131. Interessante il documento con cui Piaget rifiuta l'invito cfr. F. Vidal, "*I would eagerly leave Neuchâtel...*". *A 1912 letter by Jean Piaget with an introduction and notes*, «Journal of history of the behavioral sciences», 22, 1986, pp.23-26.

34. J. Piaget, *Autobiographie*, cit., p. 132.

35. F. Vidal, *La vanité de la nomenclature*, art. cit., p. 99.

36. Cfr. D. Diderot, *La rêve de d'Alembert*, 1769 [tr. it. Il sogno di d'Alembert, Bur, Milano 1996, p. 88]. In realtà il tema della relatività della durata del tempo con cui la biologia si storicizza è un tema tutto illuminista che ritroviamo in una lunga tradizione che da Fontenelle arriva a Lamarck. A questo proposito cfr. P. Omodeo, *Gli abissi del tempo*, Aracne, Roma 2000, pp. 10-12.

malacologici del lago Lemano dove, per la prima volta, viene fatta menzione del dottorando W. Roszkowski<sup>37</sup>. In questo articolo Piaget cerca di stabilire la tassonomia del genere *Limnaea* delle acque profonde attraverso una comparazione tra gli esemplari delle specie inviategli da E. Yung, riferiti in precedenza, con le osservazioni che F.A. Forel gli aveva comunicato prima di morire nel 1912<sup>38</sup>. Vengono stabilite complessivamente sei specie: *Limnaea profunda*, *L. abyssicola*, *L. foreli*, *L. valvata lacustris*, *L. psidium foreli* e *L. profundum*. Diversamente da questa classificazione, Roszkowski sostiene che le specie *profunda*, *foreli* e *abyssicola* siano in realtà delle semplici varietà: le prime due della *Limnaea ovata* mentre l'ultima della *L. palustris*. Nell'articolo in questione emerge che entrambi i malacologi sono d'accordo con Forel sul fatto che la fauna abissale derivi da quella litorale, tuttavia, secondo Piaget, non vi sono ragioni che giustifichino l'idea che le specie abissali costituiscano delle semplici varietà delle attuali specie litorali, mentre sembrerebbe molto più plausibile che le prime si siano differenziate dalle seconde molto tempo prima, originando delle nuove specie. Questa ipotesi spiegherebbe sia le rassomiglianze morfologiche sottolineate da Roszkowski tra quelle che, a suo parere, sono due varietà, sia preserverebbe quella che, secondo Piaget, costituisce la specificità dei due ordini di esemplari. «En résumé - conclude Piaget- je maintiens donc la distinction spécifique des espèces profondes et des espèces de surface contrairement à l'opinion de l'auteur cité [Roszkowski] et j'admets qu'à chaque forme profonde correspond une forme litorale ayant même origine ancestrale»<sup>39</sup>. Ora, se la specie è una pura questione arbitraria, la domanda che viene da porsi è quali siano realmente le ragioni di questo disaccordo.

All'inizio del XX secolo le affermazioni di Darwin secondo le quali la selezione naturale agisce attraverso la preservazione e l'accumulo di modificazioni ereditarie infinitamente piccole<sup>40</sup>, vengono messe in dubbio da quei biologi, soprattutto botanici,

---

37. J. Piaget, *Les récents dragages malacologique de le Prof. Emile Yung dans le lac Lemán*, «Journal de conchyliologie», 60, 1912, pp. 205-232

38. Roszkowski stava conducendo la sua tesi di dottorato a Lausanne sotto la guida del Prof. Blanc, che nel scrivere il necrologio di Forel non si sottrasse dal definirlo lamarckista più che darwinista. Anche in questo retroscena va interpretata la polemica tra Piaget, allievo indiretto di Forel, e Roszkowski.

39. *ivi*, p. 208-209.

40. Cfr. C. Darwin, *Origins of species*, John Murray, London 1859 [tr. it. *Origine delle specie*, Bollati Boringhieri, Torino 1967, cap. 4]

secondo cui solo le grandi variazioni discontinue possono divenire ereditarie per selezione naturale. Tra il 1901 e il 1903 il botanico Hugo de Vries, uno dei riscopritori di Mendel, argomenta una teoria della mutazione secondo la quale una nuova specie, geneticamente isolata dalla specie madre, appare grazie a delle grandi variazioni discontinue dove la selezione naturale gioca un ruolo ausiliario. La tassonomia secondo i mendeliani ha ora a disposizione dei criteri chiari, e cioè l'analisi dei caratteri ereditari che le consente di distinguere una specie dall'altra e di rigettare l'idea darwiniana di continuità tra le varietà e le specie. La discontinuità specie-specifica viene dimostrata attraverso esperimenti di isolamento riproduttivo tra le popolazioni a sostegno di una separazione altrettanto probante dei caratteri ereditari. Nel 1913, durante una nuova conferenza dal titolo *La notion d'espèce suivant l'école mendélienne*<sup>41</sup> Piaget, esprimendo le sue perplessità sul concetto di specie mendeliana, prende come esempio quanto scrive Roszkowski sul concetto di specie in un articolo pubblicato dalla rivista *Zoologischer Anzeiger*<sup>42</sup>. In questo articolo il dottorando di Losanna afferma «What makes it possible to define a species is hereditary characters to the exclusion of the so-called fluctuating characters. After a change of environment, the latter may appear and differentiate individuals that possess the same hereditary endowment. A return to the normal environment, however, produces a reversion to the type species»<sup>43</sup>. Malgrado alcuni fraintendimenti discussi da Vidal<sup>44</sup>, due diversi aspetti, per certi versi

---

41. F. Vidal, *Jean Piaget's early critique of mendelism: 'La notion d'espèce suivant l'école mendélienne'. (A 1913 Manuscript)*, «History and philosophy of the life sciences», 14, 1992, pp. 113-135.

42. W. Roszkowski, *A propos des Limnées de la faune profonde du lac Léman*, «Zoologischer Anzeiger», 43, 1913, pp. 88-90.

43. *ivi*, p. 90.

44. Secondo Vidal sembra che il giovane naturalista di Neuchâtel non avesse il lessico per comprendere pienamente le posizioni del suo avversario. Egli, ad esempio, non inquadrerebbe la posizione di Roszkowski nel mutazionismo *à la* H. de Vries, e la parola 'mutatio' nella terminologia piagetiana sarebbe ancora legata alla sfera tassonomico-morfologica con cui si indicava il cambiamento di colore nelle conchiglie. In aggiunta a ciò, Vidal argomenta l'idea secondo cui Piaget, almeno all'inizio, farebbe confusione tra variazioni fluttuanti e le variazioni ereditarie, per cui le prime sarebbero dovute ad un cambiamento in intensità del fattore ambientale esistente, mentre le seconde sarebbero causate dall'apparizione di un nuovo ed improvviso fattore ambientale. Anche le discussioni al *Club des Amis de la nature* che avevano spesso contrapposto il bergsonianesimo Piaget al suo amico, seguace di Felix le Dantec, Gustave Juvet (1896-1936), devono aver contato nello sviluppo della contrapposizione. Juvet in linea con Le Dantec [cfr. Félix Le Dantec, *Les néo-darwiniens et hérédité des caractères acquis*, «Revue philosophique de la France et de l'étranger», 47, 1899, pp. 1-41] si pronunciò aspramente contro Mendel e sembra che in questa occasione Piaget fosse d'accordo con lui. In altre parole secondo Vidal «[Piaget] criticized the mendelian species concept- but he confounded mendelism and mutationism and misunderstood both. [...]Piaget's misunderstanding and critique were consistent with his education as a naturalist, and largely derived from the biophilosophical point of view he was elaborating at the time» F.

contraddittori, caratterizzano l'approccio piagetiano alla questione: da una parte Piaget non crede che la specie abbia una realtà e a maggior ragione ritiene che essa non possa essere identificata in qualcosa, siano pure i germi dell'ereditarietà<sup>45</sup>; dall'altra, Piaget che evidentemente dimostra con questa polemica di voler distinguere una specie da una semplice variazione interna ad una specie, è colpito dalla separazione netta tra variazioni fluttuanti e dimensione ereditaria che andrebbe a silenziare la sua ipotesi di speciazione a partire da una variazione fluttuante<sup>46</sup>. Tale separazione infatti, contrasterebbe con i casi di specie incipienti da lui evidenziati nelle acque del Lemano ed eliminerebbe le sue analisi sull'interazione organismo-milieu.

Da quanto espresso fin qui, è possibile individuare due implicazioni: da una parte, si può affermare superficialmente che viene ribadito il nominalismo mediante la negazione della realtà della specie ontologicamente individuata dal dottorando polacco e dai mendeliani nei germi dell'eredità, dall'altra, però, vi è un' ammissione di una qualche realtà della specie a partire dalle variazioni fluttuanti originatesi dall'interazione tra organismo e ambiente. In altre parole, la polemica con Roszkowski non rappresenta la semplice occasione per affermare la propria tassonomia, in ballo vi è un ripensamento del concetto di specie fino a quel momento semplicemente negato e soprattutto l'esigenza di considerare la specie come una dimensione organizzata e coerente di un gruppo di viventi in interazione con il loro milieu fin quando le condizioni non ne mettono in crisi le geometrie. Se non si pondera adeguatamente questo secondo aspetto non si comprende bene, a mio avviso, perché Piaget si opponga così strenuamente alla possibilità che gli esemplari delle acque profonde da lui individuati siano varietà e non specie. A sostegno di questo déplacement di intenti, Piaget afferma nello stesso articolo: «Démontrer qu'il existe de bonnes espèces

---

Vidal, *Jean Piaget's early critique of mendelism*, art. cit., p. 113-114. Tuttavia, se accettassimo completamente l'analisi di Vidal non si capirebbe come mai Piaget torni sul bisogno di precisare la relazione dell'organismo con l'ambiente che, evidentemente, l'analisi del suo collega tendeva ad escludere.

45. «l'espèce n'est qu'une conception toute pratique et il ne faut pas d'étonner si, créant ces distinctions plus ou moins artificielles pour les besoins de l'étude, les naturalistes soient peu d'accord sur la valeur à y attribuer» *ivi*, p. 127.

46. «En deux mots voici le credo mendélienne: il existe deux sortes de variations dans toute l'évolution vitale, les variations héréditaires et celles dites fluctuantes. Cette distinction est fondamentale car la variation héréditaire est produite par la mise en jeu d'un facteur nouveau alors que la variation fluctuante n'est que le résultat de facteurs déjà existants. Les caractères fluctuantes ne donnent jamais que de simples variétés alors que l'hérédité explique la genèse de toutes les espèces» *ivi*, p. 129.

d'origine purement fluctuante, c'est réfuter la loi de Mendel. Or, considérez un peu les faunes profondes reléguées, le genre *Atherina* p. ex., ou le faune des cavernes avec les *Bythiosperma*, ou les faunes profondes indigènes et du Baïkal, etc.. Il y a même des espèces actuellement fort bonnes et dont on suit l'évolution en paléontologie»<sup>47</sup>. Ancora a sostegno di questa posizione, si vede bene come l'anno successivo, nella replica di Piaget a Roszkowski in *Zoologischer Anzeiger*<sup>48</sup>, la questione del nominalismo passi decisamente in secondo piano. Questo articolo, attraverso una *reductio ad absurdum*, mostra che in natura esistono specie risultanti solo da variazioni fluttuanti, ovvero specie che, una volta riportate nelle condizioni ambientali di partenza, non ritornano allo stato delle specie-madri ma mantengono la loro specificità. Per tale ragione la proposta mendeliana non viene ritenuta affatto decisiva per individuare una volta per tutte cosa sia la specie. Nel sostenere questa tesi, Piaget discute tre esempi nel dominio dei gasteropodi: il caso della *Clausilia* (frimbiata e laminata) nell'Europa centrale; il caso della *Tachea* (*sylvatica*, *nemoralis* e *hortensis*) e il caso delle specie *Digeirydium* e *Belgrandia*. In tutti questi esempi, mediante un passaggio graduale da una forma all'altra, le specie si sono costituite come tali in modo da non essere più interfeconde. Il caso della fauna relict, isolata da molto tempo da quella marina, rappresenta una ulteriore testimonianza di questo progressivo delinarsi della specie a partire da iniziali variazioni fluttuanti<sup>49</sup>. L'articolo si conclude con la menzione dell'evoluzionista tedesco Moritz Wagner, a sua volta conoscitore dei lavori di F.A. Forel<sup>50</sup>, con l'intento di corroborare la tesi secondo la quale è possibile che delle vere e proprie specie si

---

47. *Ivi*, p. 129.

48. J. Piaget, *L'espèce mendélienne a-t-elle une valeur absolue?*, «*Zoologischer Anzeiger*», 44, 1914, pp. 328-331; cfr anche H.E. Gruber, J.J. Vonèche (a cura di), *The essential Piaget*, Jason Aronson inc., London 1995, Parte I.

49. «Ne serait ce pas de nouveau l'isolement plus o moins considérable des grottes, qui produit, tout comme dans la formation des faunes reléguées et insulaires, des variations d'abord fluctuantes puis héréditaires et même génériquement distinctes?» J. Piaget, *L'espèce mendélienne a-t-elle une valeur absolue?*, art. cit., p. 331.

50. «Einen sehr interessanten Fall von morphologischer und physiologischer Umwandlung durch Standortwechsel bei veränderten Lebensbedingungen hat in jüngster Zeit J.A. Forel im Genfersee beobachtet», M. Wagner, *der Naturprozess der Artbildung*, «*Ausland*», 22-26, 1875, pp. 282-342. p. 316. Piuttosto bizzarro il fatto che l'iniziale del nome di Forel sia una "J" anziché una "F". L'argomento complessivo del passo lascia pensare che si tratti di una svista. Wagner discute il caso di Forel come esempio analogo ma opposto a quello dell'axolotl, infatti quest'ultimo sviluppa i polmoni dalle branchie, mentre la *limnaea abyssicola*, caduta nelle acque profonde, ha progressivamente sviluppato le branchie dai polmoni.

costituiscano a seguito dell'isolamento ambientale. In realtà, la riflessione sulle variazioni fluttuanti spinge Piaget a ricercare le ragioni della differenziazione specie-specifica sul piano dell'adattamento. Il concetto di adattamento che comincia ad essere al centro degli interessi di Piaget non si caratterizza per una semplice considerazione del ruolo meccanico delle influenze ambientali sulla morfologia degli organismi, ma per una inclusione di fattori attivi concernenti l'organismo, come il comportamento. Nel 1914 Piaget pubblica delle *Notes sur la biologie des limnées abyssales* in cui viene descritto minuziosamente il comportamento di un gruppo di chiocciole allevate in acquario<sup>51</sup>. Scopo dell'articolo è mostrare come la distinzione mendeliana di specie adottata da Roszkowski non funzioni. In effetti, malgrado l'osservazione di lievi cambiamenti nelle specie delle acque profonde, non è possibile provare che tali specie sottoposte alle condizioni ambientali di partenza, si siano completamente riconvertite alle specie-madri di superficie. In questi anni, la polemica Piaget-Roszkowski è testimoniata anche da un significativo scambio epistolare. Il 17 maggio 1913 il dottorando di Lausanne spiega in tono informale la sua posizione: «En réponse à vos idées sur la systématique, je vous avouerais que je considère, comme vous, la notion d'espèce comme relative. Mais, comme du reste la plupart des systématiciens, je considère comme caractères spécifiques seulement les caractères héréditaires»<sup>52</sup>. Tale affermazione è seguita da una serie di consigli bibliografici volti a sostenere il ruolo della scuola mendeliana, tra questi i lavori di Cuénot, De Vries e di W. Bateson che seppur noti a Piaget dovevano rimanere sullo sfondo dei suoi interessi immediati.

Da quanto discusso, la nozione di specie del giovane Piaget, ami de la nature, si costituisce in relazione a due ambienti: quello lamarckiano dei suoi maestri legato in modo stretto al metodo osservazionale della vecchia tassonomia e alla comparazione morfologica dipendente dall'azione ambientale, e quello mendeliano secondo cui una specie si distingue dalle altre in virtù dei suoi fattori ereditari, che proprio agli inizi del Novecento vengono designati col nome di geni. A partire da questo incontro che suggerisce una travagliata via verso una definizione ontologica di specie, Piaget si orienta verso la questione dell'adattamento e della relazione interattiva tra organismo e

---

51. J. Piaget, *Notes sur la biologie des Limnées abyssales*, «Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie. Biologisches Supplement», 6, 1914, pp. 1-15.

52. Corrispondenza indirizzata a Piaget 1905-15. *Archives Jean Piaget*, lettera n° 171.

ambiente in modo che essa possa ripercuotersi sul piano filogenetico. La specie, come totalità relazionale, si configura infondo già nel 1929 al momento della pubblicazione di due articoli fondamentali che verranno discussi nel capitolo terzo. Infatti, suggerita dall'incontro con Roszkowski, la questione che Piaget si andrà ponendo è: le variazioni delle limnee «sont-elles héréditaires ou ne sont-ce que des accommodats réapparaissant à chaque nouvelle génération? Et si elles son héréditaires, faut-il voir en elles un produit de l'action du milieu ou sont-ce des mutations "préadaptées" qui ont trouvé dans les lacs un milieu plus propice que dans les marais?»<sup>53</sup>. Benché più tardi Piaget ritratterà la sua tesi a proposito dello status specifico delle limnee delle acque profonde, dando indirettamente ragione a Roszkowski sulla status variazionale di alcuni esemplari<sup>54</sup>, la possibilità che un adattamento fenotipico possa innescare una riorganizzazione interna tale da incidere sulla dimensione ereditaria, sarà un'idea che non verrà mai meno nel pensiero biologico di Piaget ma al contrario si rafforzerà avviando un fondamentale ripensamento della relazione genotipo-fenotipo.

## 2.

### Il problema della speciazione al di là della selezione naturale

Lo studio malacologico che porta Piaget alla messa in questione delle forme così come erano state concepite dalla tradizione tassonomica settecentesca, interagisce più o meno direttamente con un intenso fermento di correnti evolutive da cui il giovane malacologo di Neuchâtel non si lascia trascinare passivamente, ma che con una innegabile abilità egli assimila progressivamente alla volta di quello che diventerà il suo grande progetto epistemologico<sup>55</sup>.

---

53. J. Piaget, *Les races lacustres de la Limnaea stagnalis L.: recherches sur les rapports de l'adaptation héréditaire avec le milieu*, «Bulletin biologique de la France et de la Belgique», 63/3, 1929, pp. 424-455, p. 424.

54. Durante l'elaborazione della fenocopia Piaget menziona la possibilità che una specie possa adattarsi per mezzo di semplici accomodamenti fenotipici non soggetti a trasmissione ereditaria. In questo caso viene fatta rientrare la *limnea ovata* «habitant les zones abyssales du Léman y perpétuent l'espèce au moyen d'accommodats si différents du type que plusieurs auteurs (dont nous-même) les ont pris pour des espèces distinctes» J. Piaget, *Le comportement, moteur de l'évolution*, Gallimard, Paris, 1976, p. 44.

55. Per un approfondimento dei diversi "environnements cognitifs" con cui Piaget entra a contatto si è

Alla fine del XIX secolo infatti, la teoria darwiniana è minata da critiche profonde concernenti il meccanismo responsabile della variazione e in generale dell'adattamento, ora attribuendo un maggior ruolo allo sviluppo individuale (Mivart)<sup>56</sup>, ora accordando più forza all'isolamento geografico (Wagner), ora richiamandosi alla selezione sessuale (Romanes), etc... Più precisamente, all'indomani della pubblicazione di *The descent of man and selection in relation to sex* (1871), lo stesso Darwin esplicita una sua perplessità legata alla ricezione della sua opera più nota *The Origin of species* (1859), osservando: «in the earlier edition of my *Origin of species* I probably attributed too much to the action of natural selection or the survival of the fittest»<sup>57</sup>.

Ora, sarebbe totalmente infondato sostenere che l'opera darwiniana non sia disseminata di meccanismi evolutivi differenti e alternativi alla selezione naturale, tuttavia sarebbe altrettanto fuorviante, forse, non riconoscere una sintesi mancata, o almeno non del tutto compiuta, tra i meccanismi concernenti la variazione e l'agente-chiave del cambiamento evolutivo: la selezione naturale. La proliferazione di processi evolutivi aggiuntivi a quelli individuati da Darwin, testimoniano questa ricerca di integrazione ma, prima di discuterne alcuni, è opportuno seguire il ragionamento darwiniano e il suo tentativo di includere gli adattamenti individuali dello sviluppo nei processi evolutivi attraverso la sua teoria della pangenesi e argomentare le possibili ragioni della sua messa in disparte.

Come è possibile che strutture così sofisticate e ben adattate negli organismi possano aver avuto luogo gradualmente presupponendo fasi incipienti inutili di strutture utili<sup>58</sup>? Come possono essersi formate ad opera del solo caso queste strutture? Per quali ragioni la selezione naturale ha conservato anche tratti adattativi apparentemente inutili?

---

tenuto presente lo studio di J.J. Ducret, *Jean Piaget. Savant et philosophe*, 2 voll, Droz, Genève 1984.

56. Per una rassegna storica della questione cfr ad esempio G. Gottlieb, *Individual development and evolution. The genesis of novel behavior*, Oxford University Press, NY-Oxford 1992.

57. C. Darwin, *The descent of man*, op. cit., p. 152.

58. Si tratta di una eco della critica di Mivart. Cfr St. George Mivart, *On the genesis of species*, New York 1871. Ci si riferisce al capitolo "L'incompetenza della selezione naturale a spiegare le fasi incipienti di strutture utili".

Queste sono solo alcune delle questioni che ad esempio lo zoologo inglese Mivart, ma anche l'ingegnere Fleeming Jenkin<sup>59</sup> posero a Darwin tra gli anni '60 e '70 dell'Ottocento. In realtà, ben prima e cioè intorno al 1840<sup>60</sup>, Darwin comincia a lavorare su una ipotesi concernente l'ereditarietà anticipando soluzioni ad alcune delle critiche che gli saranno successivamente mosse. Nell'opera in due volumi *The variation of animals and plants under domestication*<sup>61</sup> viene elaborata una teoria dell'ereditarietà che dia conto: a) della somiglianza genitori-prole; b) della eventuale permanenza di tratti adattativi "inutili"; c) della trasmissione di variazioni acquisite tra le generazioni e d) della distinzione tra espressione e semplice trasmissione dei caratteri mediante il "principio di reversione".

Secondo la teoria darwiniana della pangenesi la trasmissione dei caratteri alla prole viene garantita per mezzo di gemmule infinitamente piccole che, distaccandosi da tutte le parti degli organismi genitoriali, confluiscono nelle cellule sessuali dalla cui unione viene generato il nuovo individuo. Il nascituro potrà rassomigliare a entrambi i genitori ma anche esprimere caratteri ancestrali presenti nei suoi avi e rimasti inespressi nella generazione a lui precedente. Infatti, la *blending inheritance* elaborata da Darwin non implicava solo un totale mescolamento delle gemmule, aspetto che avrebbe comportato una progressiva omogenizzazione dei caratteri, ma anche una loro trasmissione esclusiva che poteva essere espressa o meno<sup>62</sup>. Aspetto ancor più importante, nel cap. XXII Darwin non esclude ma enfatizza la possibilità che il nuovo organismo nel corso

---

59. Nel 1867 Jenkin scrive una recensione negativa all'opera darwiniana del 1859. Cfr F. Jenkin, *The origin of species*, «North British review», 46, 1867, pp. 277-318. V. anche D. Bulmer, *Did Jenkin's swamping argument invalidate Darwin's theory of natural selection?*, «British society for history of sciences», 37, 2004, pp. 281-297.

60. V. J. Hodge, *The Darwin of pangenesis*, «C. R. Biologies», 333, 2010, pp. 129-133; P. Vorzimmer, *Charles Darwin and the blending inheritance*, «Isis», 54, 1963, pp. 371-390.

61. C. Darwin, *The variation of animals and plants under domestication*, John Murray, London 1868 [tr. it. *La variazione degli animali e delle piante allo stato domestico*, Unione Tipografico-Editrice, Torino 1876]. v. in particolare cap. XXVII.

62. Si tratta della grande intuizione concernente il "principio di reversione" secondo cui la trasmissione e l'espressione di un carattere possono essere disgiunte. Cfr. C. Darwin, *La variazione degli animali*, op. cit. capp. XII e XIII. Ancora nel cap. XV Darwin ribadisce che in base alle tecniche dell'allevamento, l'incrocio di due razze non dà luogo immancabilmente alla fusione dei caratteri ma possono verificarsi casi in cui i caratteri rifiutano la mescolanza e si trasmettono invariati.

della sua esistenza possa acquisire sotto l'effetto dell'uso/disuso, della correlazione delle parti o del cambiamento di abitudini, delle modificazioni particolari che possono essere trasmesse alla generazione successiva.

In estrema sintesi, possono essere annoverate almeno due tipi di variazioni nel pensiero darwiniano: le *variazioni continue* che rispondono al "principio di divergenza"<sup>63</sup> e le *variazioni ontogenetiche* dovute all'interazione dell'organismo con il suo ambiente. Nello stesso capitolo (XXII- *Cause della variabilità*) di *The variation of animals and plants under domestication* Darwin illustra due considerazioni apparentemente contrastanti: secondo la prima «noi dobbiamo innalzarci maggiormente e dire che gli esseri organizzati, soggetti per molte generazioni a cambiamenti nelle loro condizioni, tendano a variare, dipendendo il genere delle variazioni molto più dalla natura e costituzione dell'essere che dalla natura delle cambiate condizioni»<sup>64</sup>. Poco oltre, elencata una serie eterogenea di casi, Darwin riassume: «Da tutte queste considerazioni emerge essere probabile che la variabilità sia causata direttamente o indirettamente da cangiamenti nelle condizioni esteriori; o per presentare il fatto sotto un'altra forma non vi sarebbe variabilità se fosse possibile mantenere per un gran numero di generazioni tutti gli individui di una specie in condizioni d'esistenza assolutamente uniformi»<sup>65</sup>. Il contrasto apparente è costituito dal fatto che la prima affermazione sembra dare maggior peso alle dinamiche interne degli organismi in sviluppo, mentre la seconda al cambiamento delle condizioni esterne. Come è stato sottolineato da R.G. Winther nel suo articolo *Darwin on variation and heredity*, l'impiego di questi due agenti non ha il

---

63. A proposito del "principio di divergenza": «But at that time [1844] I overlooked one problem of great importance; and it is astonishing to me, except on the principle of Columbus and his egg, how I could have overlooked it and its solution. This problem is the tendency in organic beings descended from the same stock to diverge in character as they become modified. That they have diverged greatly is obvious from the manner in which species of all kinds can be classed under genera, genera under families, families, under sub-orders and so forth; and I can remember the very spot in the road, whilst in my carriage, when to my joy the solution occurred to me; and this was long after I had come to Down. The solution, as I believe, is that the modified offspring of all dominant and increasing forms tend to become adapted to many and highly diversified places in the economy of nature» v. F. Darwin (a cura di), *The life and letters of Charles Darwin, including an autobiographical chapter*, J. Murray, London 1887, p. 84.

64. C. Darwin, *La variazione degli animali e delle piante allo stato domestico*, op. cit., p. 593.

65. *Ivi*, p. 597.

medesimo valore<sup>66</sup>. Tutti i fattori esterni che comportano una relazione organismo-ambiente<sup>67</sup> hanno un'importanza decisiva per l'apparizione di caratteri nuovi. Sul piano ontogenetico infatti, tali fattori sono presenti quando si adottano strategie di uso/disuso, correlazione delle parti, cambiamento di abitudini e tutti quei processi di lamarckiana memoria che secondo Darwin causano *ex abrupto* delle variazioni fenotipiche durante l'ontogenesi. Sul piano filogenetico le variazioni dovute a condizioni esterne possono essere a loro volta trasmesse grazie alle gemmule che entrano nella composizione delle cellule sessuali. In questa maniera, i fattori esterni la cui interazione con l'organismo produce *realmente* delle modificazioni adattative sono assorbiti dal dominio ereditario. Al contrario, i fattori interni che concernono l'ibridismo e l'incrocio intra-specifico non conducono a novità ma a *riarrangiamenti* delle variazioni già esistenti, le variazioni continue per l'appunto. Ora, presumibilmente proprio nel 1868, Darwin riceve dal naturalista tedesco Moritz Wagner, di cui è stata fatta menzione precedentemente, un saggio concernente il ruolo dell'isolamento geografico nell'evoluzione<sup>68</sup>. In uno scambio epistolare Darwin rende noto al suo collega tedesco di nutrire delle forti obiezioni nei confronti del ruolo dell'isolamento geografico come unica fonte della speciazione per quanto egli stesso fosse stato colpito proprio dalla distribuzione geografica delle specie a bordo del Beagle<sup>69</sup>. L'elaborazione della pangenesi si

---

66. «Changes in the conditions of life ultimately caused all genuinely new variation; reversion and blending exemplified the rearrangement of already existing-variation» R.G. Winther, *Darwin on variation and heredity*, «Journal of history of biology», 33, 2000, pp. 425-455, p. 434.

67. Si deduce tale interazione dall'impiego di termini che presuppongono sempre una relazione duale quali "circumstances", "conditions of existence", "conditions of life", "economy of nature", "station", "habitation", ecc..

68. M. Wagner, *Darwinische Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen*, Duncker & Humblot, Leipzig 1868.

69. «Although I saw the effects of isolation in the case of islands and mountain-ranges, and knew of a few instances of rivers, yet the greater number of your facts were quite unknown to me. I now see that from the want of knowledge I did not make nearly sufficient use of the views which you advocate; and I almost wish I could believe in its importance to the same extent with you; for you well show, in a manner which never occurred to me, that it removes many difficulties and objections. But I must still believe that in many large areas all the individuals of the same species have been slowly modified, in the same manner, for instance, as the English race-horse has been improved, that is by the continued selection of the fleetest individuals, without any separation» F. Darwin, *The life and letters of Charles Darwin, including an autobiographical chapter*, op. cit., vol. III, p. 158.

confronta pertanto con il bisogno di affermare allo stesso tempo, in polemica con Wagner, il gradualismo del cambiamento e l'azione della selezione artificiale attuata dagli allevatori in uno stesso territorio. Pochi anni dopo, nel 1876, a seguito dell'invio di un altro saggio da parte di Wagner<sup>70</sup>, Darwin si pronuncia in modo più marcato: «my strongest objection to your theory is that it does not explain the manifold adaptations in structure in every organic being—for instance in a *Picus* for climbing trees and catching insects—or in a *Strix* for catching animals at night, and so on ad infinitum. No theory is in the least satisfactory to me unless it clearly explains such adaptations. I think that you misunderstand my views on isolation. I believe that all the individuals of a species can be slowly modified within the same district, in nearly the same manner as man effects by what I have called the process of unconscious selection. . . . »<sup>71</sup>. Tale disaccordo era stato definitivamente sancito pochi anni prima, nel 1872 anno in cui Darwin legge le critiche di Weismann a Wagner: «In the first part of your essay, I thought that you wasted (to use an English expression) too much powder and shot on M. Wagner; but I changed my opinion when I saw how admirably you treated the whole case, and how well you used the facts about the *Planorbis*. I wish I had studied this latter case more carefully. The manner in which, as you show, the different varieties blend together and make a constant whole, agrees perfectly with my hypothetical illustrations»<sup>72</sup>. Il caso delle *planorbis*, lumache d'acqua dolce il cui deposito fossile, analizzato da Weismann, evidenziava una speciazione di tipo simpatico (diremmo oggi), era una testimonianza più che convincente del fatto che l'influenza delle condizioni esterne non potevano minare del tutto l'azione graduale della selezione naturale pur sempre cruciale per l'affermazione di specie.

In conclusione, la pangenesi sembra avere un ruolo significativo per la comparsa di specie incipienti a partire da variazioni ontogenetiche ma, allo stesso tempo, essa non

---

70. M. Wagner, *Der Naturprozess der Artbildung*, art. cit..

71. F. Darwin, *The life and letters of Charles Darwin, including an autobiographical chapter*, op. cit., vol. III, p. 158-159. Per selezione inconscia si intende quella artificiale dell'allevatore.

72. *Ivi*, p. 156.

sembra agire sinergicamente con la selezione naturale, nonostante i propositi espressi dallo stesso Darwin nell'opera del 1868. Infatti, se questa teoria dell'ereditarietà garantisce la trasmissione di tratti adattativi innescati da condizioni di vita mutate, cosa rimane all'azione della selezione naturale? In una lettera datata 8 maggio 1868, Darwin confessa ad Asa Gray le sue preoccupazioni: «If the right variations occurred, and no others, natural selection would be superfluous»<sup>73</sup>. Per questa ragione Darwin non smette di ricordare che è molto difficile distinguere *gli effetti della selezione naturale di variazioni indefinite* dalle *modificazioni dovute all'azione diretta delle condizioni di vita*<sup>74</sup> e proprio un frettoloso schiacciamento dei primi fattori sulle seconde genera ingenua ipotesi adattazioniste come quella di Wagner che proprio a ridosso dalla pubblicazione della sua opera sulle variazioni spinge Darwin a riconsiderare la selezione naturale e il gradualismo come vie maestre dell'evoluzione. Da questo punto di vista la teoria dell'ereditarietà di Darwin si concilia solo in parte con la teoria della selezione naturale. Infatti, se la pangenesi spiega la trasmissione delle modificazioni per mutate condizioni di vita, allo stesso tempo, essa risponde anche al “rimiscolamento” dei caratteri paterni e materni che nella prole presenta una tendenza fondamentale a divergere<sup>75</sup>, fornendo la base all'azione della selezione naturale che “come un architetto” seleziona le pietre già modellate (variazioni continue) e le colloca in una posizione ottimale senza però che queste fossero in vista dell'uso stabilito dall'architetto<sup>76</sup>. Lungi dall'averne delineato un quadro esaustivo, il ragionamento darwiniano sulla pangenesi qui presentato ci aiuta ad inquadrare i tentativi di altri evolucionisti che si sono intrecciati, in modo più o meno diretto, al percorso piagetiano.

---

73. *Ivi*, p. 267.

74. Si vedrà nella terza parte che molte delle critiche verso i processi di trasmissione indiretta di adattamenti somatici riecheggia questo medesimo *caute* darwiniano.

75. «E' un errore l'immaginarsi che l'uomo influisca sulla natura e produca la variabilità. Se noi poniamo un pezzo di ferro nell'acido solforico, non possiamo dire strettamente di aver fatto il solfato di ferro, ma solamente di aver messo in azione le loro affinità elettive. Se gli esseri organizzati non avessero in se stessi inerente la tendenza a variare, l'uomo non riuscirebbe a nulla» C. Darwin, *La variazione degli animali e delle piante allo stato domestico*, cit., p. 6.

76. Questa metafora compare al termine dell'opera darwiniana qui in esame.

La scelta di questi autori, legata all'importanza da essi accordata alla selezione sessuale e comportamentale, all'ambiente e all'organizzazione organica dell'individuo nel corso dello sviluppo risponde infatti al tentativo di delineare meglio la maturazione del pensiero evolutivo piagetiano.

## 2.1 Georges Romanes e la selezione fisiologica

Romanes fu anzitutto amico, oltre che discepolo, di Charles Darwin, al punto che questi affidò proprio a lui il suo saggio sull'Istinto<sup>77</sup>. Malgrado questa vicinanza, il pensatore americano è riuscito ugualmente a distinguersi per la sua originalità e a non limitarsi alla diffusione del già ricco quadro evolutivo ereditato dal maestro. Più precisamente, Romanes condivide il malcontento di quei naturalisti che sulla fine dell'Ottocento lamentano una inefficacia nello spiegare l'origine delle specie da parte dell'azione della selezione naturale. In un articolo piuttosto dirompente egli scrive: «while drifting into this position of scepticism with regard to natural selection as in itself a full explanation of the origin of species, it was to me a satisfaction to find that other evolutionists including Mr Darwin himself, were travelling the same way»<sup>78</sup>. Romanes si dedica pertanto all'integrazione della selezione naturale, assolutamente pertinente nello spiegare la conservazione e l'amplificazione di tratti favorevoli, con la "selezione fisiologica" e difende la teoria pangenetica di Darwin dagli attacchi di Weismann<sup>79</sup> in una piccola opera intitolata *An examination of weismannism*<sup>80</sup>. Proprio a Romanes spetta la paternità del termine neo-darwinismo volto a designare la corrente darwiniana legata alla rigida separazione del plasma generativo dalle influenze dell'ambiente e ancora Romanes avrà un ruolo importante nello sviluppo di due domini: quello dello

---

77. v. G. Romanes, *Mental evolution in animals with a Posthumous essay on instinct by C. Darwin*, Kegan Paul, London 1883. cfr. Joel S. Schwartz (a cura di), *Darwin's disciple. George John Romanes. A life in letters*, American Philosophical Society, Philadelphia 2010.

78. G. Romanes, *Physiological selection: an additional suggestion on the Origin of the species*, «Journal of the Linnean society. Zoology», 19, 1886, pp. 337-411, p. 338. Cfr. anche G. Romanes, *Darwin after Darwin*, The open court Publishing, Chicago 1896, capp. IX e X.

79. A. Weismann, *Aufsätze über Vererbung un verwandte biologisches Fragen*, Fischer, Jena 1891 e A. Weismann, *The all-sufficiency of natural selection*, «Contemporary review», 64, 1893, pp. 308-9; 596-610.

80. G. Romanes, *An examination of weismannism*, The Open Court Publ., London 1893.

studio dell'evoluzione mentale nell'animale e nell'uomo e quello della ricerca di un meccanismo di speciazione alternativo ma non opposto a quello della selezione naturale. In questa sezione si prenderà in esame solamente questo secondo aspetto che prende le mosse dall'insufficienza con cui la selezione naturale spiega: a) la differenza che intercorre sul piano riproduttivo tra le specie naturali e quelle domestiche (sterilità); b) l'inutilità dei tratti adattativi che caratterizzano le variazioni delle specie incipienti e c) l'influenza dell'incrocio intra-specifico nel dileguare le variazioni.

Secondo Romanes la selezione naturale costituisce un semplice strumento di accumulo delle variazioni e non un processo all'origine delle specie. L'isolamento riproduttivo<sup>81</sup> e la sterilità come variazione indipendente, rappresentano, al contrario, dei processi fondamentali per comprendere la genesi di specie incipienti. Più precisamente, affinché la divergenza tra due sotto popolazioni abbia luogo, è necessario che si verifichi precedentemente una variazione che produca sterilità. In questo modo, la sterilità, causata sia da ragioni intrinseche come un cambiamento all'interno del sistema riproduttivo, sia da motivazioni estrinseche come l'isolamento o la migrazione, diviene causa e non più conseguenza della speciazione. Solo a seguito di tale selezione detta "fisiologica", che impedisce l'incrocio tra il gruppo nascente con la specie-madre, l'azione della selezione naturale può avere un ruolo di primo piano nel sostenere e favorire questa nuova specie. La proposta di Romanes mette in primo piano anche il ruolo comportamentale concernente la scelta del partner oltre alla comparsa incompatibilità riproduttiva per fattori endogeni o esogeni.

## 2.2 Moritz Wagner e la *Separationstheorie*

Nel saggio inviato a Darwin nel 1868 menzionato in precedenza<sup>82</sup>, Wagner sostiene che affinché vi sia speciazione è indispensabile che intervengano la migrazione e l'isolamento geografico. Nonostante lo scarso entusiasmo dimostrato da Darwin, profondo ispiratore del lavoro del naturalista tedesco, dopo due anni Wagner articola

---

81. cfr. J. E. Lesch, *The role of isolation in evolution: George J. Romanes and John T. Gulick*, «Isis», 66/4, 1975, pp. 483-503.

82. Si tratta di M. Wagner, *Darwinische Theorie und das Migrationsgesetz*, op. cit.

ufficialmente la sua teoria insistendo sulla sua linea e rispondendo alle critiche di Weismann contenute in *Über die Berechtigung der darwinischen Theorie*<sup>83</sup>. Ancora nel 1876, un articolo apparso in «Ausland»<sup>84</sup> è volto a spiegare l'origine dei tratti adattativi sulla base dell'influenza diretta dell'ambiente. Wagner sostiene che la selezione naturale può agire solo in modo “conservatore” cioè eliminando le forme anomale dalle popolazioni già adattate e secondo questa prospettiva la selezione naturale non è in grado di dar luogo a novità evolutive. Per il naturalista tedesco la migrazione incrementa le probabilità di sopravvivenza e coerentemente a questa ipotesi egli sostiene, ad esempio, che l'orso polare deriverebbe da una forma albina di orso che sarebbe migrato verso zone coperte di neve per aumentare la sua chance di sopravvivenza. Su questo medesimo trend il ragionamento per tutti gli altri casi di mimetismo in natura. Sembra molto facile che alla mutazione succeda la migrazione in luoghi ad hoc per il mimetismo, piuttosto che sostenere l'immane lavoro della selezione naturale. Sono questi argomenti ‘forzati’ sull'adattamento che devono aver indotto Darwin a prender un netto distacco critico, come si è visto. In ogni caso, il naturalista tedesco continuerà ad insistere sul ruolo cruciale dell'isolamento ambientale come causa della speciazione, elemento che è certo da prendere in considerazione<sup>85</sup> ma non in maniera esclusiva.

### 2.3 James Mark Baldwin e la selezione organica

La messa in questione della selezione naturale come fonte della speciazione e il tentativo di integrare il punto di vista dell'ontogenesi con quello della filogenesi prendono esemplarmente rilievo nell'opera dello psicologo americano J.M. Baldwin, particolarmente preziosa per lo sviluppo del pensiero piagetiano. In un clima di

---

83. cfr. M. Wagner, *Über den Einfluss der Geographischen Isolierung*, Bavarian Academy of sciences, Monaco 1870 e A. Weismann, *Über die Berechtigung der darwinischen Theorie*. ein akademischer Vortrag gehalten am 8 Juli 1868 in der Aula der Universität zu Freiburg im Breisgau. Leipzig 1868. v. C. Weissman, *The origins of species: the debate between A. Weismann and M. Wagner*, «Journal of the history of biology», 43, 2010, pp. 727-766.

84. M. Wagner, *Der Naturprozess der Artbildung*, art. cit..

85. Si pensi alla speciazione "allopatrica" teorizzata da Mayr, cfr. E. Mayr, *Animal Species and Evolution*, Belknap Press, Cambridge (MA) 1963 [tr. it. *L'evoluzione delle specie animali*, Einaudi, Torino 1970].

tensione crescente tra i neo-darwiniani che facevano appello al darwinismo filtrato da Weismann e i neo-lamarckiani come D. Cope e Y. Delage che, al contrario, sostenevano la priorità dei fattori ambientali e la trasmissione dei caratteri acquisiti, Baldwin, senza ricorrere a spiegazioni di tipo lamarckiano, è portavoce di un "nuovo fattore" di carattere positivo in continuità con l'"azione negativa" della selezione naturale. Come si vedrà più avanti, proprio «l'importanza formatrice del comportamento» e «la natura complessa dell'epigenesi»<sup>86</sup> sono gli elementi centrali che spingono Piaget alla ricerca di un pensiero evolutivo che vada oltre la banale dicotomia lamarckismo/darwinismo, tentativo che può esser ricondotto in prima istanza a Baldwin sul finire dell'Ottocento e che verrà ripreso da Piaget anche in seguito, negli anni '70, contro le frange più conservatrici della Sintesi Moderna. Infatti, nel 1979 alla domanda «what exactly the precise significance of the Baldwin effect in your recent biological works?» Piaget risponde «there is a certain convergence here on the insufficiencies of the neodarwinism. Waddington didn't attach much importance to Baldwin»<sup>87</sup>. Nello psicologo americano Piaget trova un valido alleato nel tempo non solo per la costruzione di una psicologia genetica, ma anche per la concettualizzazione di un processo che sfugga al lessico della biologia molecolare e soprattutto al suo predominio verso cui il padre dell'assimilazione genetica, Waddington, si poneva in modo decisamente diverso. La vera intuizione di Baldwin secondo Piaget risiede nel fatto che «nel completare la selezione dovuta all'ambiente esterno attraverso "selezione organica" Baldwin apre la via all'azione dell'organismo stesso sulla canalizzazione di nuove forme ereditarie e ciò in virtù dei suoi comportamenti esplorativi»<sup>88</sup>. Da psicologo Baldwin va dunque alla ricerca del rapporto tra struttura e genesi e fin da subito comprende la necessità di guardare ai processi d'interazione tra organismo e ambiente senza perdere mai di vista il quadro più ampio della filogenesi<sup>89</sup>. Con l'obiettivo di raccogliere in un rapido abbozzo le linee principali della concezione del processo di sviluppo che le precedenti pubblicazioni avevano di volta in volta

---

86. cfr. J. Piaget, *Le comportement, moteur de l'évolution*, op. cit., p. 12-13.

87. J. Piaget, *Refelctions on Baldwin. An Interview conducted in March 1979 by J.J. Vonèche*, in J.M. Broughton, J. Freeman-Moir (a cura di), *The cognitive developmental psychology of J.M. Baldwin*, Ablex publishing corporation, Norwood 1987, pp. 80-86.

88. J. Piaget, *Le comportement*, op. cit., p. 13.

89. cfr. B. Continenza, *Tra lamarckismo e darwinismo: l'"effetto Baldwin"*, cit.

affrontato, Baldwin pubblica nel 1896 il famoso articolo, già menzionato, *A new factor in evolution*. Secondo quanto viene esplicitato in questo contributo, i piani implicati nello sviluppo organico sono tre:

1. Ontogenesi,
2. Filogenesi,
3. Eredità sociale.

Da subito Baldwin insiste sulla netta predominanza del piano "ontogenico-genetico" che, infatti, vedremo essere il terreno di riferimento per l'azione della selezione organica. Nel corso della sua storia l'organismo espleta due tipi di funzioni:

a) quelle date dallo sviluppo del suo impulso ereditario, e cioè le forme e le funzioni del suo genere di appartenenza e le variazioni congenite ereditate da quel particolare individuo;

b) quelle derivanti dagli atti che impara da sé a compiere nell'arco della sua vita, dette anche accomodamenti, caratteri acquisiti o ancora variazioni ontogenetiche.

A fronte dell'esercizio di tali funzioni, la domanda che si pone Baldwin è come un organismo possa modificarsi nel corso della sua vita<sup>90</sup>. Baldwin risponde distinguendo tre tipi di modificazioni ontogenetiche corredate dei rispettivi agenti ontogenici<sup>91</sup>:

<i>Modificazioni ontogenetiche</i>	<i>Agenti Ontogenici</i>
1. Fisico-genetiche .....	1. Meccanici
2. Neuro-genetiche.....	2. Nervosi
3. Psico-genetiche.....	3. Intelligenti:
	Imitazione,
	Piacere-
	dolore,
	Ragioname
	nto

La selezione organica riguarda la capacità dell'organismo di selezionare tra i repertori variegati che derivano dalla tendenza dell'individuo a reiterare i movimenti benefici, quelle variazioni adeguate al riproponimento delle condizioni favorevoli che comportano innovazioni nelle funzioni e influenze sulle strutture. Il comportamento riveste un ruolo centrale e, rispondendo alla legge dell'uso e del disuso, innesca la

---

90. J.M. Baldwin, *ivi*, p. 344.

91. *Ivi*, p. 345.

"selezione organica". Questo principio permette all'organismo di evitare l'incidenza della selezione naturale e offre di fatto maggiori chances di sopravvivenza agli organismi in grado di modificarsi rispetto agli organismi meno plastici.

Secondo la prospettiva baldwiniana occorre elaborare una teoria selettiva che renda conto di una convergenza indiretta tra gli accomodamenti individuali e la dotazione ereditaria in modo da orientare il susseguirsi delle generazioni in direzione di "ciò che gli organismi possono fare" e non in direzione di "ciò che gli organismi devono essere" a costo dell'eliminazione di coloro che non esprimono o non possiedono certi caratteri. L'idea chiave, espressa anche nel saggio *Mental development in the child and race* (1890), è che gli organismi siano capaci di rispondere alle condizioni esterne e di sceglierle. In questo modo si attiva una selezione interna all'organismo stesso che si orienta nel milieu circostante e ad esso si adatta grazie alla ripetizione (detta reazione circolare<sup>92</sup>) dei movimenti più vantaggiosi in luogo di altri meno favorevoli innescando una riorganizzazione globale della dotazione ereditaria abilitata così ad esprimere potenzialmente le strategie adattativamente vincenti. Infatti, le modificazioni che sul piano ontogenetico sono dovute alle tre tipologie di agenti (ambientali, congeniti, cioè relativi alla propria costituzione ereditaria e coscienti) sono conservate grazie alla capacità della dotazione ereditaria di imitare gli accomodamenti della generazione precedente in quella successiva senza che questi vengano fissati alla maniera lamarckiana, ma siano resi indirettamente possibili. Il linguaggio pre-mendeliano mediante il quale si esprime Baldwin costituisce un motivo di allontanamento e discredito nei confronti della sua proposta teorica nell'ambito della Sintesi Moderna degli anni '30 a cui l'embriologo C.H. Waddington, come si vedrà nella terza parte, si lega in modo ambivalente, in continuità e in rottura alla volta di una sua innovazione dall'interno. Il passaggio dall'acquisito all'ereditario che l'embriologo inglese elabora mediante il processo di "assimilazione genetica" viene risolutamente distinto dal cosiddetto "effetto Baldwin"<sup>93</sup> in quanto, a suo parere, assolutamente fuori ad ogni idea plausibile di genetica<sup>94</sup>. Al contrario, Piaget, seppur incline a trovarsi uno spazio

---

92. Si tratta della reiterazione di certi movimenti che provocano degli stati vantaggiosi e gradevoli per l'organismo. Piaget utilizza questo principio per spiegare lo sviluppo nello stadio senso-motorio.

93. Il processo responsabile della selezione organica verrà designato da Simpson con il nome di "Effetto Baldwin", cfr. G.G. Simpson, *The Baldwin Effect*, «Evolution», 7/2, 1953, pp. 110-117.

94. «The process, if understood in this sense, differs from the notion of genetic assimilation primarily

eccentrico nel dibattito neo-darwiniano attraverso il richiamo a Waddington, è molto vicino all'elaborazione della selezione organica baldwiniana sebbene si riservi di distinguere all'indomani della scoperta della trascrittasi inversa, tra "fissazione" e "rimpiazzamento" dei caratteri mettendo al centro ben più di una semplice questione terminologica. L'idea cruciale che avvicina Piaget a Baldwin è il fatto che le modificazioni ontogenetiche che possono essere ereditate non dipendono totalmente da agenti congeniti (ereditari), o altrimenti detto, dal fatto che l'adattamento a nuove condizioni ambientali può essere un fenomeno fondamentalmente extra-genetico<sup>95</sup>.

La selezione organica si caratterizza per la capacità dell'organismo di scegliere delle funzioni che evitino l'incidenza della selezione naturale (e dunque l'eliminazione del meno adatto). La scelta di tali funzioni si accorda all'azione di diversi agenti di modificazione di cui gli agenti congeniti fanno parte senza esserne i soli. Baldwin è molto chiaro su questo punto: le modificazioni che si realizzano durante l'ontogenesi non sono pre-formate (ovvero, non sono contenute nel dominio congenito): «The ontogenetic adaptations -osserva Baldwin- are really new, not preformed: and they are really reproduced in succeeding generations, although not physically inherited»<sup>96</sup>, nel senso che non sono gli adattamenti particolari della generazione precedente a fissarsi ereditariamente e a essere trasmessi, ma una nuova organizzazione della dotazione ereditaria influenzata dalle nuove condizioni che, a sua volta, ha reso possibile imitare tali adattamenti nuovi. Occorre ricordare che gli agenti di modificazione più importanti sono proprio gli agenti ambientali e gli agenti coscienti dovuti alle capacità cognitive (come la coscienza, la memoria, ecc..).

Piaget sottolinea la dimensione non-preformata degli accomodamenti individuali

---

because it considers the initial adaptation to the new environment to be a non genetic phenomenon on which selection has no effect.[...] This theory seems to be an impossible one. The acquirement of an adaptive modification in response to an enviromental stress cannot, according to all our basic ideas of genetics, be due simply to a plasticity of the phenotype to which the genotype is quite irrelevant», C.H. Waddington, *Evolution of an evolutionist*, Edinburgh University Press, London 1975, p. 88-89.

95. Si tornerà più diffusamente su questi aspetti nella terza parte, tuttavia è opportuno precisare il seguente aspetto: per Waddington la selezione naturale agisce sui fenotipi o più precisamente sugli epigenotipi ma non a livello dell'organismo intero. Piaget accoglie l'idea di una selezione organica perché costituisce un processo selettivo che coinvolge un sistema di ereditarietà più ampio abbracciando l'intera organizzazione interna. Questa idea si andrà progressivamente affermando nel pensatore ginevrino a partire dalla fine degli anni '60 per quanto già lo studio sull'adattamento della *limnaea stagnalis* del 1929 sollevi questo problema.

96. J. M. Baldwin, *A new factor*, art. cit., p. 451.

affermando: «Une originalité de Baldwin qui est également à retenir est que, selon lui, une bonne part des accommodations qui dans la suite prépareront les nouveaux génotypes sont dues à des initiatives se produisant au cours de l'ontogenèse et qui ne sont pas préformées mais consistent en nouveautés réelles, quoique utilisant des structures congénitales que ces innovations font alors varier»<sup>97</sup>.

Si potrebbe tuttavia obiettare: come è possibile che a partire da movimenti ripetuti secondo reazione circolare si produca l'apparizione di un adattamento nuovo? Baldwin spiega in una delle sue opere più conosciute *The mental development in the child and the race*<sup>98</sup> che le variazioni possono imitare atteggiamenti già esistenti (abitudini) o, al contrario, costituire dei movimenti nuovi (accomodazioni) reiterati grazie al funzionamento della selezione organica. La differenza tra l'uomo e la macchina a vapore consiste nel fatto che in quest'ultima ha luogo un meccansimo che si ripete continuamente senza variazione, mentre nell'uomo vi è sviluppo e crescita per cui gli organismi per sopravvivere quali sono nel corso dell'evoluzione devono cambiare continuamente<sup>99</sup>. La proposta di Baldwin ha il merito di riconciliare l'ontogenesi con la filogenesi mediante l'accordo tra l'azione della selezione naturale e l'orientamento scandito dalle variazioni dello sviluppo ma anche di accennare a quel meccanismo di "maggiorazione" piagetiano che sarà cruciale negli studi sul processo di equilibrio dopo il 1957<sup>100</sup>. Come la ricerca di Baldwin tra neo-lamarckiani e neo-darwiniani passa per la selezione organica, così per Piaget tale tertium si incanalerà nella fenocopia.

---

97. J. Piaget, *Le comportement*, op. cit., p. 45 (corsivo mio). La proposizione concessiva è particolarmente preziosa per comprendere il suo processo della fenocopia che ha in mente.

98. J. M. Baldwin, *The mental development in the child and the race*, Macmillan & Co, London 1895[tr. fr. *Le développement mental chez l'enfant et dans la race*, L'Harmattan, Paris 2006, p. 150-151]

99. *Ivi*, p. 185.

100. cfr. seconda parte.

### Il caso della *Limnaea stagnalis* nel 1929

Declinato l'interesse per la storia naturale, il problema della speciazione nel pensiero biologico di Jean Piaget viene affrontato, come già discusso, attraverso lo studio delle chioccioline d'acqua dolce nei grandi laghi svizzeri. Dopo la sua tesi di dottorato sulla malacologia del Valais<sup>101</sup> presso la facoltà di Scienze di Neuchâtel, Piaget sente di dover cambiare metodo al fine di spingersi "più avanti" in biologia<sup>102</sup> e, paradossalmente, nel perseguire questo obiettivo, rende marginale la sua ricerca nel campo biologico<sup>103</sup>. Prima di abbandonare ufficiosamente questa indagine per dedicarsi allo studio della conoscenza e delle sue trasformazioni<sup>104</sup>, Piaget pubblica due articoli<sup>105</sup> concernenti l'adattamento della *Limnaea stagnalis* agli ambienti lacustri in cui formula ciò che a partire dalla fine degli anni '60 chiamerà fenocopia, processo che risponde alla possibilità di legare la variazione individuale all'origine di una speciazione. L'indagine verte sulla ricerca delle cause dell'accorciamento della conchiglia e della variazione delle dimensioni della sua apertura. L'indice metrico di questi parametri insieme alla valutazione delle condizioni ambientali e comportamentali di questi organismi diventano la materia su cui Piaget eserciterà in modo originale il suo pensiero. Già Geyer<sup>106</sup> -ricorda Piaget citando qualcuno lontano dal suo maestro indiretto Forel eppure in perfetto accordo con le sue conclusioni- aveva mostrato che il fenotipo di alcune limnee era dovuto all'azione meccanica dell'ambiente su di esse, come ad

---

101. J. Piaget, *Introduction à la malacologie valaisanne*, F. Aymon, Sion 1921.

102. «que ce catalogue est un résumé de recherches passées faites par quelqu'un qui aujourd'hui, n'y comprend plus grand' chose, qui ne peut aller plus avant sans changer de méthode et qui, avant de se mettre à ce travail éprouve le besoin de faire son bilan» J. Piaget, *Introduction à la malacologie valaisanne*, op. cit., pp. 2-3.

103. Cfr. M. Buscaglia, *Jean Piaget biologiste*, «Archives de psychologie», 50, 1982, pp. 31-39; M. Buscaglia, *La biologie de Jean Piaget: cohérence et marginalité*, «Synthèse», 65, 1985, pp. 99-120.

104. J.C. Bringuier (a cura di), *Conversations libres avec Jean Piaget*, Edition R. Laffont, Paris 1977 [tr. it. *Intervista su conoscenza e psicologia*, Laterza, Roma-Bari 1978].

105. J. Piaget, *Les races lacustres de la "Limnaea stagnalis" L.*, art. cit. e J. Piaget, *L'adaptation de la Limnaea stagnalis aux milieux lacustres de la Suisse romande: étude biométrique et génétique*, «Revue suisse de zoologie», 36/17, 1929, pp. 263-531.

106. D. Geyer, *Die Weichtiere Deutschlands. Eine biologische Darstellung der einheimischen Schnecken und Muscheln*, Strecker & Schröder, Stuttgart, 1909.

esempio la presenza di onde, correnti o vento. Ma le sperimentazioni affrontate nell'indagine piagetiana rilevano come il fenotipo contratto allevato per 6 generazioni in laboratorio continui ad esprimersi in modo stabile anche in condizioni ambientali diverse dalle originarie che lo avevano prodotto. Lo studio<sup>107</sup> di Piaget si basa su:

- 65.000 individui della specie prelevata nelle acque stagnanti della Svizzera romanda;
- più di 10.000 specie prelevate nel lago;
- circa 3.000 individui lacustri e non lacustri fuori dalla Svizzera.

Piaget alleva in acquario circa 4.000 esemplari presi da differenti luoghi lacustri della Suisse.

L'indice metrico che rende meglio conto della contrazione è il rapporto tra l'ampiezza dell'apertura e l'altezza totale della conchiglia. Più la conchiglia è allungata più l'indice è elevato.

Nella ricerche presso 209 stazioni tra stagni, paludi e laghi della Suisse Romande e delle contrade limitrofe viene osservato che il fenotipo allungato presenta degli indici tra 1,89-1,90 e quello contratto tra 1,66-1,65.

Su 165 stazioni all'interno del lago di Neuchâtel, di Bienne, di Morat e Lemàn non ce ne sono che 23 che rientrano nei limiti precedenti di dispersione. Tra queste risulta che in due vi sono fenotipi più allungati rispetto a quelli rintracciati nelle paludi con indice tra 1,94-1,91 di media che ben si sono adattati agli ambienti non esposti alle onde. Per le altre 142 stazioni rimanenti le medie sono tra 1,30 e 1,64, e le più numerose sono raggruppate intorno a 1,50. Pertanto, il fenotipo contratto è presente nelle zone maggiormente esposte dei grandi laghi.

Dai risultati statistici che Piaget incrocia si riscontra che negli ambienti lacustri soggetti a correnti (litorali) le forme contratte escono dal dominio delle variazioni della specie presente nelle acque stagnanti. Da questo si deduce che la contrazione è legata all'agitazione dell'acqua la quale non raggiunge un livello significativo nello stagno o nella palude come invece lo raggiunge nei laghi. Ma è tutto? Bisogna attribuire alla sola azione meccanica del milieu lacustre-litorale la maggiore contrazione di questa specie di *Limnaea*? Piaget non è di questo avviso e nella sua proposta risiede in nuce la

---

107. Si tratta dello studio raccolto in J. Piaget, *L'adaptation de la Limnaea stagnalis aux milieux lacustres*, art. cit..

dialettica dell'adattamento che diventerà una nozione chiave anche nell'indagine sull'intelligenza.

Attraverso l'allevamento negli acquari dei discendenti di esemplari provenienti da un certo numero di stazioni lacustri e non lacustri fino alla quinta generazione, ne è risultato che possono essere distinte almeno 5 specie stabili. Infatti, «les cinq générations n'ont pas donné lieu à des déviations dans une direction constante»<sup>108</sup>. Una serie di evidenze sperimentali porta così a sostenere l'ereditarietà della contrazione negli esemplari provenienti dalle acque lacustri di superficie. Se dunque, pur diminuendo, la contrazione non scompare nelle generazioni lacustri nate in acquario, l'azione dell'ambiente non è la sola spiegazione della contrazione. Si tratta allora di una dotazione ereditaria della specie?

Come accennato sul finire del primo paragrafo, la riflessione sull'origine delle variazioni nel caso delle limnee si apre con la questione dell'origine delle variazioni: se esse siano fluttuanti o ereditarie e in questo secondo caso se siano da considerarsi pre-adattate o un prodotto dell'azione del milieu. Nel preparare la risposta a questo problema, Piaget mette in luce almeno due aspetti: 1) la priorità del comportamento e 2) l'adozione di una prospettiva d'interazione tra organismo-ambiente e eredità che conduce ad un inevitabile ampliamento di quest'ultimo piano.

### 3.1 Il ruolo del comportamento e la relazione organismo-milieu-eredità

Il ruolo dell'ambiente non è il solo fattore in gioco nella formazione dei caratteri fenotipici, infatti -afferma Piaget- «la contraction-accommodat ne résulte pas d'une action directe du milieu sur la coquille, mais d'une action sollicitant de l'animal certaines réactions motrices, lesquelles impriment à la coquille sa forme phénotypique. [...] En bref, contraction et allongement sont dus, sur le plan de l'accommodation individuelle, à des facteurs entièrement psychomoteurs: c'est ce que Cope a appelé la cinétogenèse»<sup>109</sup>. Il ricorso alla cinetogenesi di Cope si iscrive nella più generale tendenza a sottolineare il ruolo del comportamento animale piuttosto che quello

---

108. J. Piaget, *Les races lacustres de la "Limnaea stagnalis"* etc, art. cit., p. 437.

109. J. Piaget, *Les races lacustres de la "Limnaea stagnalis" L.*, art. cit., p. 447; Cfr. E. D. Cope, *The primary factors of organic evolution*, The open court publishing company, Chicago-London 1896.

dell'azione meccanica delle condizioni ambientali. Non a caso Piaget recupera la nozione di cinetogenesi che lo stesso Cope descrive come un «development by motion» distinto dalla "fisiogenesi" che consiste nell'azione diretta dei fenomeni fisico-chimici esterni sulle funzioni di nutrizione che a loro volta possono ripercuotersi sulla forma (modificazione di taglia, di colore, ecc.)<sup>110</sup>. Il paleontologo americano lega espressamente la cinetogenesi all'uso e disuso e alla variazione correlata richiamandosi a Darwin e insistendo sulla totalità organica, sulla compensazione e sulle strutture, spiegazioni che, seppur con qualche diversità, hanno una certa eco nel pensiero biologico piagetiano.

Una volta sostenuta una prospettiva interazionista tra organismo e ambiente nel corso dello sviluppo individuale, che progressivamente andrà definendosi in termini di «choix écologique» da parte dell'organismo<sup>111</sup>, rimane da comprendere in che modo una variazione fenotipica così prodotta possa ripresentarsi nelle generazioni successive determinando cambiamenti talmente significativi da sedimentarsi e orientare la filogenesi della specie. L'ereditarietà degli accomodamenti si pone in modo rilevante a partire dal momento in cui tali caratteri si mantengono costanti malgrado l'assenza delle condizioni ambientali che li avevano sollecitati in partenza. L'allevamento in acquario chiaramente azzerava le condizioni avverse delle acque dei grandi laghi in cui l'indice metrico della *limnaea stagnalis* risulta ridotto. Tale sperimentazione mostra una sostanziale stabilità dell'indice metrico e non una sua modificazione in vista di un allentamento come invece, il ritorno alle condizioni di partenza farebbe supporre. Si può, dunque, affermare che le variazioni degli esemplari risultati stabili nell'esperimento in acquario siano ereditarie. A questo punto si pone un'altra questione cruciale: «le problème qui se pose donc maintenant est de savoir s'il y a, entre les organes héréditaires et les mouvements d'accommodation, série irréversible ou mutuelle dépendance: sont-ces des organes apparus au hasard par mutation, qui prédéterminent les habitudes de l'animal, ou les mouvements d'accommodation qui, en certaines circonstances, se gravent dans le patrimoine héréditaire sous forme d'organes

---

110. *Ivi*, cap. VI, pp. 246-384; v. J. Piaget, *L'adaptation de la Limnaea stagnalis aux milieux lacustres*, art. cit., p. 455.

111. J. Piaget, *Les races lacustres de la "Limnaea stagnalis"*, art. cit., p. 448.

nouveaux?»<sup>112</sup> La questione si pone nel tentativo di superare la rigida alternativa accomodazione/mutazione casuale, per volgere verso una possibile azione circolare tra il ruolo dell'attività organica (a diversi gradi) e il piano ereditario<sup>113</sup>. Il ruolo attivo del comportamento innesca un rivolgimento profondo nel concetto di ereditarietà che accompagnerà l'intero percorso di Piaget qui in esame.

### 3.2 I geni e la potenzialità dello sviluppo: l'illusione della virtus dormitiva

La polemica con il dottorando Roszkowsky conduce la ricerca piagetiana verso lo studio dell'interazione organismo-milieu, allontanando una concezione dell'ereditarietà come ricettacolo di variazioni potenziali da sottoporre a selezione. Durante l'intervento del suo amico e avversario Gustave Juvet sulla critica del filosofo materialista Le Dantec alla teoria mendeliana presso il Club des amis de la nature, Piaget si rivela in profonda sintonia. In un articolo apparso nel 1899, *Les néo-darwiniens et l'hérédité des caractères acquis*<sup>114</sup>, Le Dantec attacca la teoria di Weismann sotto il profilo metodologico mostrando come il plasma generativo contenga fin dall'inizio proprio ciò che si propone di spiegare. Al di là delle semplificazioni che la stratificazione della teoria di Weismann ha subito nel tempo, è abbastanza condivisibile il fatto che la sua ricerca ha individuato un concetto di variabilità legato al mescolamento e alle combinazioni possibili delle cellule sessuali, mettendo fuori gioco l'interazione reale della dinamica adattativa e dando impulso al fronte della genetica<sup>115</sup>. Il pensiero di Weismann si traduce così in una versione "analitica" delle ragioni della variazione,

---

112. J. Piaget, *L'adaptation de la Limnaea stagnalis aux milieux lacustres*, art. cit., p. 485. Si tratta del problema dell'uovo o della gallina, osserva Piaget in un saggio più maturo: «Appena si rinuncia all'atomismo a vantaggio di un costruttivismo dialettico, ci si accorge che il problema di sapere se sono gli individui a determinare i caratteri del gruppo sociale e del "pool genetico", oppure se avviene il contrario, è analogo al problema senza soluzione di stabilire se è nato prima l'uovo o la gallina, problema che noi preferiremmo porre in termini di gallina e di pulcino perché l'uovo non è che un momento passeggero dello sviluppo», J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op.cit., p. 234-35.

113. «En conclusion, le milieu ne s'imprime pas passivement sur l'organisme, mais on voit mal, en retour, comment l'organisme varierait en toute indépendance par rapport au milieu. Entre le mutationnisme intégral et l'hypothèse d'une hérédité continue de l'acquis, il doit donc y avoir un tertium» J. Piaget, *L'adaptation de la Limnaea stagnalis aux milieux lacustres*, art. cit., p. 454.

114. Félix Le Dantec, *Les néo-darwiniens et l'hérédité des caractères acquis*, «Revue philosophique de la France et de l'étranger», 47, 1899, pp. 1-41.

115. cfr. G. Corbellini, *La grammatica del vivente*, Laterza, Roma-Bari 1999.

ponendo gli effetti come dei contenuti potenziali delle cause. In una forma di ragionamento tautologica come questa, la spiegazione diviene una semplice illusione e non viene aggiunto niente alla descrizione del fenomeno. Le Dantec sceglie una battuta della commedia di Molière *Le malade imaginaire* per mostrarlo e cioè la risposta del medico alla domanda "quære opium facit dormire?" perché nell'oppio risiede la virtù dormitiva. Questa risposta cela una trappola della ragione che si accontenta di una formula che nasconde esattamente ciò che si vuole spiegare. Secondo Le Dantec l'*homunculus* e la teoria dei germi hanno lo stesso carattere preformista e finiscono per indicare nello sviluppo nient'altro che uno svolgimento già determinato dall'inizio. Ma se lo sviluppo non è altro che il già noto in differimento temporale, come è possibile l'evoluzione, il cambiamento reale, la novità? Questo problema spinge anche Darwin a moltiplicare le chiavi di indagine dell'evoluzione<sup>116</sup> e lo stesso Le Dantec mette in guardia dal pericolo del preformismo vitalista adottando una teoria fisico-chimica che spieghi a partire dalla composizione delle particelle i cambiamenti dell'organismo intero<sup>117</sup>. Le Dantec insiste dunque sulla necessità di aprire il sistema per individuare un'incidenza reale delle variazioni sull'evoluzione e non una loro pura e semplice determinazione<sup>118</sup>.

Anche Piaget, fin dall'incontro con la scuola mendeliana, si allontana dalla nozione di geni come elementi virtuali dello sviluppo, ovvero come elementi che contengono a livello potenziale lo sviluppo complessivo dell'intero organismo. L'idea "pericolosa" della potenzialità sarà da Piaget indicata durante un convegno internazionale come una «notion aristotélicienne du type "vertu dormitive"»<sup>119</sup> recuperando questa lezione giovanile su Le Dantec e testimoniando indirettamente una nuova pensabilità del concetto di eredità già nel 1929.

---

116. «Darwin n'était pas assez darwiniste et s'était laissé aller à prendre au sérieux le deuxième principe de Lamarck, celui de l'hérédité des caractères acquis, comme si ce principe était nécessaire et comme si la sélection naturelle n'était pas suffisante à elle seule pour expliquer la formation des espèces!» Le Dantec, art. cit., p. 18.

117. F. Le Dantec, *Théorie nouvelle de la vie*, Alcan, Paris 1896.

118. Infondo anche Weismann è costretto ad ammettere l'allomorfosi che concerne la possibilità degli organismi (in particolare i vegetali) di essere influenzati dall'ambiente.

119. Cfr. M. Piattelli Palmarini (a cura di), *Théories du langage et théories de l'apprentissage*, Seuil, Paris 1979, p. 103.

### 3.3 Adattamento e *hérédité générale*

L'articolo sull'adattamento della *limnaea stagnalis* agli ambienti lacustri si conclude con un'importante intuizione circa il rapporto tra azione individuale e piano dell'ereditarietà: «Les mutacionnistes les plus convaincus distinguent aujourd'hui, à côté de l'hérédité mendélienne, une hérédité générale dont l'effet serait de conserver les grands "plans d'organisations", y compris naturellement l'essentiel de l'organisation réflexe. Le jour où l'on connaîtra les rapports exacts de cette hérédité générale avec la production des mutations, on comprendra peut-être comment le fonctionnement somatique peut intervenir dans l'hérédité»<sup>120</sup>.

Questo passo distingue un piano dell'ereditarietà mendeliana in cui rientrerebbero i caratteri specie-specifici dell'organismo (piano strutturale) e un piano dell'ereditarietà generale che alluderebbe all'organizzazione globale degli esseri viventi (piano funzionale). A entrambi si aggiunge un tipo di funzionamento, quello somatico, che concerne il comportamento e lo sviluppo dell'individuo senza che esso possa dirsi dipendente completamente da nessuna delle due forme ereditarie. L'idea che Piaget ha in mente fin dalla sua opposizione a Roszkowsky, si rende progressivamente meno confusa e riguarda la possibilità che il piano funzionale organico sia soggetto alle influenze dell'attività somatica in modo da produrre delle alterazioni funzionali che possono incidere sulla mutazione delle strutture, i geni. D'altronde, fin da questo momento, è chiaro che il piano funzionale organico è aperto e flessibile e non può essere assiomatizzato in un sistema chiuso dai comportamenti prevedibili secondo tutte le condizioni ambientali possibili. Per questo motivo l'attività ontogenetica può sfuggire al "programma" genetico e provocarne indirettamente una modificazione facendolo saltare in quanto programma. Per essere ancora più chiari, la prospettiva con la quale Piaget guarda agli organismi non si risolve in una sorta di risoluzione genetica di sfondo che comprende tutti i piani dell'organismo, ma tale intuizione si farà ancora più

---

120. J. Piaget, *L'adaptation de la Limnaea stagnalis aux milieux lacustres*, art. cit., p. 455.

esplicita in seguito. Per ora, l'eredità generale ha soprattutto un ruolo regolatore e contribuisce a mantenere la coerenza (conservazione) degli organismi a fronte dei cambiamenti che incidono indirettamente sull'ereditarietà specifica-mendeliana. Da questo punto di vista la rigida separazione tra somatico/ereditario, fenotipico/genotipico o acquisito/innato, è destituita di senso. Si ha a che fare piuttosto, con una reale costruzione/conservazione, una sorta di *metabolizzazione funzionale del nuovo* sottoposto ai vincoli dell'organizzazione globale. In effetti, già qui la fenocopia sembra abbozzata: la possibilità che un reale disequilibrio possa arrivare ai geni regolatori innescando un'azione di questi ultimi in direzione di una ri-organizzazione che integri la perturbazione senza disgregare il sistema intero, ricostruendo la reazione somatica sul piano ereditario.

La chiave mendeliana ha costituito e costituisce tuttora una spiegazione potente nelle pratiche di laboratorio del XX e XXI secolo, tuttavia il grande rivolgimento che biologi come Richard Goldschmidt hanno contribuito ad apportare a questa ricerca è irreversibile e consiste nel fatto che accanto ad un "meccanismo dell'eredità" sempre più sfocato legato alla trasmissione dei caratteri esiste una "fisiologia dell'eredità" connessa ad un'idea sistemica del genoma che esprime lo sviluppo nel tempo e nello spazio<sup>121</sup>. Questa integrazione riduce la differenza tra genotipo e fenotipo e, come vedremo nella seconda parte, l'ampliamento della dimensione ereditaria oltre i geni (*hérédité extra-nucleaire*), in una qualche misura la ripensa radicalmente. Infatti, questo secondo passaggio costituisce la vera chiave di volta nei riguardi dell'ampliamento costruttivo del piano ereditario nel vivente. L'eredità generale, come apparirà chiaro in *Biologia e conoscenza* (1967), passerà a designare il risvolto inaggrabile dell'ereditarietà specifica essendo quest'ultima espressa funzionalmente. In altre parole, il mutazionismo neo-darwiniano contro cui progressivamente si pronuncia Piaget oblia

---

121. Questa distinzione è discussa in R. Goldschmidt, *The material basis of evolution*, Yale University Press, Yale 1940; v. anche *Physiologische Theorie der Vererbung*, 1926 [tr. ingl. *The physiological genetics*, Mc-Graw Hill Book Co., NY 1938]; cfr M.S. Schmitt, *L'œuvre de Richard Goldschmidt: un tentative de synthèse de la génétique, de la biologie du développement et de la théorie de l'évolution autour du concept d'homéose*, «Revue d'histoire des sciences» 53, 2000, pp. 381-400.

l'ambiente e l'organizzazione funzionale che è invece condizione necessaria di ogni trasmissione ereditaria e tale posizione porta a recepire in modo intrinsecamente dinamico il genoma<sup>122</sup>.

Prima di passare a questi esiti, si può mostrare come in questa fase del pensiero piagetiano il rifiuto del pensiero analitico conduca di pari passo al superamento del mendelismo. Nel discutere la tesi della preformazione connessa ai geni Piaget rifiuta anzitutto il suo presunto valore esplicativo: «Il faut avouer, au reste, qu'une telle manière de voir est logiquement irréfutable: lorsqu'un caractère nouveau apparaît en fonction d'un certain milieu, il est impossible de démontrer qu'il n'existait pas virtuellement avant de se manifester. Mais on accordera également qu'un tel emploi de la notion de virtuel ne va pas sans quelque difficulté. Cette notion est d'un emploi fort légitime lorsque l'élément appelé virtuel a déjà été réel: ainsi, l'on peut dire qu'une larve d'oursin mutilée contient virtuellement une nouvelle forme d'ensemble, parce que, en se régénérant, elle reproduira une forme qui a déjà été réelle. Mais de considérer une réalité apparaissant pour la première fois, et par conséquent entièrement imprévisible, comme étant l'actualisation d'une virtualité antérieure, c'est ne plus dire grand'chose»<sup>123</sup>.

Alla luce di questa denuncia del ragionamento preformista, l'organismo non può essere ricondotto né ad «une somme d'empreintes déposées par le milieu, ni -comme- une mosaïque de caractères apparus au hasard et s'accommodant après coup aux conditions extérieures, mais -comme- un système s'organisant en fonction du milieu»<sup>124</sup>. A questo punto un "sistema organizzante" che possa realmente incidere nella filogenesi modificando il piano ereditario, suggerisce la possibilità, accennata sopra, che si possa andare al di là dei geni e della relazione tra essi. In altre parole, il pensiero che si va abbozzando in conformità all'opzione teorica adottata, e cioè il costruttivismo, riguarda la possibilità che altri fattori oltre alla relazione tra i geni possano intervenire nella regolazione come testimonia questo passo estremamente sagace del '29: «Nous croyons

---

122. Cfr. *Biologia e conoscenza*, op. cit., p. 127

123. J. Piaget, *L'adaptation de la Limnaea stagnalis aux milieux lacustres*, art. cit., p. 516.

124. *Ivi*, p. 517.

savoir que l'hérédité spéciale (mutations) est essentiellement nucléaire. Il apparaît, d'autre part, que la morphogenèse tient à des facteurs cytoplasmique. L'hérédité générale est-elle cytoplasmique, nucléaire ou globale? Aucune expérimentation n'a pu, jusqu'aujourd'hui, aborder la question»<sup>125</sup>. Non stupisce che Piaget abbia già nella testa una delle conseguenze più lucide del suo pensiero, ovvero l'idea di uno sviluppo e di una evoluzione complesse, sistemiche senza che vi sia una fonte univoca di ordine data una volta per tutte nell'eredità e condensata nei geni, ma delle relazioni a geometria variabile che accogliendo gli accomodamenti si modificano malgrado la conservazione di coerenza. Pertanto «Il n'y a pas en biologie de caractères isolés, mais uniquement de complexes de caractères»<sup>126</sup> ci ricorda Piaget, e questa sarà la strada che lo porterà ad avvicinarsi a Waddington circa trent'anni dopo per poi maturarne un parziale distacco. Riassumendo il piano teorico discusso nell'articolo sull'adattamento della *limnaea stagnalis*, si possono annoverare le seguenti ipotesi in campo:

- 1) L'ipotesi dell'ereditarietà dell'acquisito in cui:
  - a. l'ambiente modella direttamente i genotipi,
  - b. vi è identità tra accomodamento individuale e adattamento ereditario.
- 2) L'ipotesi dei mutazionisti secondo cui le variazioni si producono per caso e secondo i quali:
  - a. la produzione dei genotipi è indipendente dal milieu,
  - b. non c'è rapporto tra l'accomodazione individuale e l'adattamento ereditario.
- 3) L'ipotesi dei mutazionisti eterodossi che credono alle variazioni preformate, per i quali:
  - a. i genotipi nuovi sono innescati e non causati dall'ambiente,
  - b. non vi è relazione alcuna tra accomodamento individuale e adattamento ereditario.
- 4) L'ipotesi dell'azione del milieu sui germi per cui:
  - a. i nuovi genotipi sono dovuti ad un'interazione dell'ambiente e dell'organismo,

---

125. *Ivi*, p. 519.

126. *Ivi*, p. 451.

b. vi è discontinuità tra l'accomodamento individuale e l'adattamento ereditario sebbene il primo si costituisca in modo comparabile al secondo, ma senza causazione diretta.

La posizione di Piaget si accorda a quest'ultima ipotesi sulla base di una integrazione indiretta dell'accomodamento in ciò che lui chiama *l'organisation héréditaire*, sfuggendo sia al preformismo sia all'empirismo. Questo orientamento condurrà il pensiero piagetiano ai confini della ricerca biologica e questo sia per ragioni, per così dire, interne sia per ragioni esterne. Tra le prime vanno annoverati almeno due ordini di motivi: il primo riguarda la dimensione spuria che caratterizza la sintesi piagetiana. Non va dimenticato infatti, che dalla pubblicazione della sua tesi di dottorato (1918) alla stesura dei due articoli sulla *limnaea stagnalis* qui discussi (1929), Piaget vive delle esperienze di formazione piuttosto eterogenee. Dopo il '18 parte per Zurigo verso i laboratori di G.E. Lipps e Wreschner e la clinica psichiatrica di Bleuler. Nella primavera del 1919 studia con il metodo statistico di Lipps la variabilità biometrica dei molluschi di terra in funzione dell'altitudine, poi in autunno prende il treno per Parigi e trascorre due anni alla Sorbona. Qui segue i corsi di psicologia patologica di Dumas, i corsi di Piéron e Delacroix insieme alla logica e alla filosofia della scienza di Lalande e Brunshvicg. Ha occasione di lavorare presso il laboratorio di Binet alla scuola Grange-aux-Belles di Parigi. Qui è incaricato di standardizzare i test di ragionamento di Burt sui bambini parigini, lavora anche alla Salpêtrière. Alla fine di questi studi ne vengono fuori tre articoli che lo psicologo ginevrino Edouard Claparède accolse con talmente tanto entusiasmo da proporre a Piaget il posto di "direttore dei lavori" presso l' "Istituto J.J. Rousseau" di Ginevra. È il 1921. Nel 1925 Reymond, suo professore di logica, lascia la cattedra e Piaget rimpiazza parte del suo insegnamento mentre è impegnato alla facoltà di lettere con l'insegnamento della psicologia, della filosofia della scienza (per quattro anni il corso fu dedicato allo studio dello sviluppo delle idee nella storia delle scienze<sup>127</sup>) e con un seminario di filosofia. Tra il 1925 e il 1931 nascono i suoi tre

---

127. J. Piaget, *Psychologie et critique de la connaissance*, «Archives de psychologie» 1925, 19, pp. 193-210.

figli che grazie all'aiuto della moglie, Valentine Châtenay, divengono i suoi principali soggetti sperimentali. Nel '23 pubblica *Le langage et la pensée chez l'enfant* che gli darà fama internazionale e avvierà la disputa con Vygotskij. Insomma, in dieci anni, dal termine del suo dottorato sulla fauna malacologica di Valais, Piaget è impegnato intensamente su molteplici fronti che di certo non lo mantengono al centro del dibattito evoluzionista. A questo decentramento di interessi, si aggiunge come ulteriore motivazione interna concernente la marginalità del pensiero biologico piagetiano, il fatto che lo stesso Piaget non mostra sufficiente apertura nei riguardi del pensiero biologico a lui contemporaneo, mentre si dedica con ferma e tenace volontà alla realizzazione della sua sintesi teorica che lo porterà all'epistemologia genetica passando per la psicogenesi delle strutture della conoscenza. «Mon but qui était de découvrir une sorte d'embryologie de l'intelligence -scrive nella sua Autobiografia- était adapté à ma formation biologique; dès le début de mes réflexions théoriques j'étais convaincu que le problème des relations entre organisme et milieu se posait aussi dans le domaine de la connaissance, apparaissant alors comme le problème des relations entre le sujet agissant et pensant et les objets de son expérience. L'occasion m'était donnée d'étudier ce problème en termes de psychogenèse»<sup>128</sup>. Questo passo testimonia l'assoluta concentrazione con cui Piaget ha perseguito la sua sintesi senza 'compromettersi' mai del tutto con il sapere specifico dei domini da lui abbracciati provocando come effetto collaterale una mancanza di dialogo effettivo tra il suo sistema e le discipline da lui "assimilate".

Tra le ragioni esterne connesse alla scarsa attenzione riscossa dal pensiero biologico piagetiano senz'altro va ricordato che le sue posizioni, a partire da un quadro teorico in controtendenza, mal si conciliavano con gli entusiasmi della nascente genetica durante la prima decade del Novecento e non diversamente accadrà a partire dagli anni '60 quando Piaget, in pieno clima neo-darwiniano, deciderà di ritornare sulla relazione tra adattamento e ereditarietà mediante il processo della fenocopia. Eppure, questo spazio

---

128. J. Piaget, *Autobiographie*, cit., p. 137.

marginale ma completamente coerente<sup>129</sup> del Piaget biologo è nondimeno pertinente nel quadro della biologia teorica attuale in cui non possiamo esimerci dal ripensare le categorie del vivente al di là delle vecchie e insidiose dicotomie. E da questa prospettiva, senza lasciarsi assorbire completamente nelle maglie del sistema piagetiano, vale la pena tornare a ragionare.

---

129. Come recita il titolo di un articolo di M. Buscaglia, *La biologie de Jean Piaget: cohérence et marginalité*, art. cit..

## SECONDA PARTE

La costruttività tra biologia e conoscenza.

La questione dell'apertura sul nuovo (1967-1980)

Le possible n'est jamais simplement l'actualisation de quelque chose de préformé, et il y a réellement une création de nouveautés dans les ouvertures d'un possible qui engendre le suivant.

J. Piaget, *Epistemologie génétique et équilibration*

Nell'intervista a J.C. Bringuier Piaget, ricordando la figura di suo padre, professore di letteratura medievale e storico, riferisce che questi lo dissuase dall'intraprendere studi storici perché la storia «non è una scienza seria. Secondo lui, non si potevano verificare le anticipazioni»<sup>130</sup>. Eppure ironia della sorte, nonostante l'attenzione nei riguardi della conservazione delle strutture del vivente e della conoscenza, le ricerche più interessanti del Piaget biologo ed epistemologo si convogliano proprio nell'impossibilità di stabilire delle connessioni certe che anticipino gli sviluppi futuri dell'organismo e dunque nella sua costitutiva costruttività che riporta l'andamento delle scienze naturali dalla parte della narrazione storica.

Sebbene le due anime della ricerca non si siano mai disgiunte, a partire dalla fine degli anni '60 la questione del mutamento strutturale, e non lo sviluppo strutturale nella sua conservazione e successione, assume un ruolo di maggior peso, mutamento che avviene grazie alla presenza di una funzione organizzatrice costruttiva. Già ne La nascita dell'intelligenza nel fanciullo Piaget rileva due tipi di fattori ereditari: i fattori ereditari strutturali, per lo più limitativi, come la costituzione del nostro sistema nervoso o dei nostri

---

130. Jean-Claude Bringuier, *Intervista su conoscenza e psicologia*, op. cit., p. 3.

organi di senso e i fattori ereditari funzionali<sup>131</sup>. Questi ultimi rappresentano chiaramente "l'eredità generale" dell'organizzazione vitale a cui le strutture sono indissociabilmente legate. L'organismo non potrebbe adattarsi se non avesse già un'attività organizzata e così l'intelligenza non potrebbe cogliere nessun elemento nuovo se non avesse funzioni di coerenza. Ciò che è importante è che tale eredità generale possa interagire con elementi esterni in modo da poter modificare le strutture stesse mantenendo al fianco di una attività assimilatrice quella accomodatrice. La critica al preformismo vitalista del periodo giovanile costituisce un'appendice della critica più generale all'innatismo come la critica al lamarckismo lo è nei confronti dell'empirismo. Entrambi gli approcci, infatti, come dimostrato dai lavori sulle chioccioline, non danno ragione del movimento costruttivo dell'adattamento che alla fine degli anni '60, quando Piaget decide di modificare le direttive di ricerca del Centre International d'Epistémologie Génétique in direzione dello studio dei meccanismi funzionali<sup>132</sup>, costituisce ugualmente il funzionamento esemplare dell'intelligenza. La possibilità di costruire conoscenze nuove, articolate secondo un piano intersoggettivo e dunque condivisibile, diviene il problema fondamentale che muove le indagini della sua epistemologia genetica<sup>133</sup> e la ragione profonda della sua adesione al costruttivismo tanto sul piano biologico che cognitivo. Ricordando le parole di C. Sinha, Piaget è il più illustre esponente di un "epigenetismo costruttivista" per cui l'assimilazione, in primo luogo, e l'accomodazione in secondo, giocano un ruolo fondamentale per garantire allo stesso tempo la stabilità strutturale e la sua trasformazione senza contemplare mai un passivo adeguamento del pensiero ad una realtà preesistente<sup>134</sup>. In questo quadro la fenocopia, in quanto caso di "equilibrante maggiore", occupa un posto fondamentale poiché la sua comprensione dà accesso al movimento costruttivo stesso nell'organizzazione organica e cognitiva. Allo stesso tempo, se il nostro adattamento cognitivo e biologico è costruttivo, se non è dato una volta per tutte in qualche magica formula del corpo ma si intesse mediante il paziente gioco

---

131. J. Piaget, *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*, Delachaux et Niestlé, Paris 1936 [tr. it. La nascita dell'intelligenza nel fanciullo, pp. 9-11].

132. J. Piaget, *The constructivist approach: recent studies in genetic epistemology*, «Cahiers de la fondation J. Piaget», 1, 1980, pp. 1-7.

133. J. Piaget, *L'épistémologie génétique*, Puf, Paris 1979, p.110 e ss.

134. C. Sinha, *A socio-naturalistic approach to human development* in Mae-Wan Ho, P. T. Saunders (a cura di), *Beyond neo-Darwinism*, op. cit., pp. 331-362.

dell'interazione e dell'integrazione, allora anche la dimensione ereditaria dovrà costituirsi come accordo tra ontogenesi e filogenesi in modo che tale costruzione lasci traccia nelle generazioni a venire e ne orienti in qualche modo le sorti senza determinarle. Questo sforzo di ripensare l'ereditarietà già negli anni '50 al di fuori dell'idea di "programma" è una delle conseguenze fondamentali di questo approccio a cui, tuttavia, si giungerà solo dopo aver delineato il tentativo piagetiano di individuare una dialettica costruttiva tra le strutture -che rischiavano di cristallizzarsi negli stadi dell'intelligenza- e le funzioni. In questa fase si intrecciano a) gli studi di matrice biologica sulle regolazioni bio-cognitive, sul comportamento e sulla fenocopia; b) gli studi sui possibili e sull'equilibratura e c) gli studi sulle procedure come percorsi di ampliamento delle strutture. Questi argomenti si condensano negli ultimi vent'anni della vita di Piaget ed esprimono, seppur da prospettive diverse, un medesimo appello allo studio e alla comprensione dell'ouverture sur les nouveaux possibles, la tendenza dell'attività del conoscere e dell'evolversi che, mediante vincoli di coerenza, possono dar corpo a sviluppi 'imprevedibili', essendo ogni possibile fonte di un altro. Cominceremo dal delineare i punti b. e c., mentre lasceremo alla terza parte il compito di illustrare il punto di vista biologico, fonte ispiratrice degli altri.

## 1.

### Verso l'apertura. Il cambio di rotta del *Centre International d'Epistémologie Génétique* (CIEG)

Come ha messo in evidenza J.J. Ducret, al di là della sua nascita terminologica, la questione dell'equilibratura si sviluppa nel corso dell'intera opera piagetiana costituendosi in diverse forme e secondo diversi gradi di consapevolezza<sup>135</sup>. Dal livello speculativo della Recherche<sup>136</sup>, a quello probabilistico di Logique et équilibre<sup>137</sup> fino al problema della "maggiorazione" in L'équilibration des structures cognitives<sup>138</sup>, la questione di

---

135. J.J. Ducret, G. Cellérier, *L'équilibration: concept central de la conception piagétienne de l'épistémogénèse*, Fondation J. Piaget, Genève 2007

136. J. Piaget, *Recherche*, Edition La concorde, Lausanne 1918

137. J. Piaget, *Logique et équilibre*. II Etude d'épistémologie génétique (EEG), Puf, Paris 1957

138. J. Piaget, *L'équilibration des structures cognitives*. XXXIII EEG, Puf, Paris 1975 [tr. it.

sfondo resta l'articolazione dialettica tra nuovo e generale<sup>139</sup>, ovvero come tenere insieme la dinamica parti-tutto in modo da produrre qualcosa di nuovo che allo stesso tempo abbia una coerenza con ciò che lo precede, o altrimenti detto una sorta di discontinuità qualitativa nella continuità. A tale coerenza si aggiunge nel corso delle ultime ricerche del CIEG la consapevolezza di un aspetto cruciale che caratterizza l'attività vivente: l'irreversibilità. Questa dimensione temporale apporta ampliamento al sistema e impedisce che la sua attività possa riassorbirsi nell'ordine precedente per quanto ad esso compatibile. La temporalità e la storia degli organismi segnano le dinamiche dell'equilibratura in modo da ampliare, estendere il sistema con cui si ha a che fare mantenendo così una duplice azione: quella assimilatrice che, mediante un funzionamento globale, sa ricondurre le contingenze all'ordine alimentando, per quanto possibile, la neghentropia (ruolo costruttivo), e quella accomodatrice che modifica il sistema stesso ampliandone i confini funzionali (ruolo compensatorio).

Nel II volume degli *Études d'épistémologie génétique*, il raggiungimento di uno stato di equilibrio a partire da uno stato instabile è esemplificato con il classico modello del termostato che mantiene la temperatura costante malgrado le variazioni esterne. In questo modello l'equilibrio ritratto è dinamico ma stabile e riflette lo stato delle ricerche del 1957 ancora fortemente legate alla sfera logica come piano atemporale reversibile.

Le categorie reversibile/irreversibile designano due realtà profondamente diverse che possono essere individuate nel processo logico e in quello vivente. La fase di ricerca che precede gli anni '60, si caratterizzava per una profonda indagine dei processi logici e matematici come presunto punto di arrivo definitivo dello sviluppo cognitivo. Tale soglia costituiva infatti l'accesso alla reversibilità, ovvero alla formulazione di operazioni logiche vere e atemporali, percorribili a doppio senso senza compromissione della loro validità. Al contrario, il piano del vivente su cui Piaget torna in questa ultima fase della sua ricerca, comporta una rottura della simmetria temporale<sup>140</sup> grazie alla storicità dello sviluppo e alla possibilità di "creazione cognitiva", come afferma Ducret, o compensa-

---

*L'equilibratura delle strutture cognitive*, Bollati Boringhieri, Torino 1981]

139. A proposito dell'aggettivo generale, Piaget afferma «Général (que je préfère appeler 'intersubjectif') ne signifie inné» v. M. Piattelli Palmarini (a cura di), *Théories du langage et théories de l'apprentissage*, op. cit., p. 131.

140. cfr. V. De Angelis, *La logica della complessità*, Mondadori, Milano 1986.

zione costruttiva che si riconosce in ciò che la ha preceduta ma non può più esservi semplicemente riassorbita. Se nel 1957 Piaget parte dal modello a cui arriva, quello dell'equilibrio logico esteso a tutti gli stadi dello sviluppo nel tentativo di rendere conto di un ordine di successione necessario ma non innato delle strutture cognitive, nel 1975, dopo *Biologie et connaissance*, l'interesse di Piaget e dei suoi collaboratori si centra sul cambiamento qualitativo implicato dall'equilibratura maggiorante e si ancora sul terreno funzionale. La potenza cognitiva di questo modello per quanto ispirata dalla biologia, supera l'organizzazione organica. Infatti, la maggiorazione delle regolazioni biologiche dipende dal successo delle condotte compensatrici che devono trovarsi di fronte a delle perturbazioni esterne, mentre la maggiorazione cognitiva può utilizzare processi interni al suo stesso procedere come nel caso dell'"astrazione riflettente". In altre parole, il sistema cognitivo, al livello più sviluppato, può accrescersi senza contenuti esogeni ma attraverso il suo stesso funzionamento, mentre l'organismo vivente ha bisogno di scambiare continuamente informazione con l'esterno. In ogni caso, tanto il piano mentale che quello vitale hanno la capacità di riorganizzarsi in seguito ad una perturbazione significativa e di trasformarsi, modificando lo stato precedente in un modo non prevedibile né deduttibile a partire da quest'ultimo<sup>141</sup>.

Negli anni '70, gli studi sull'equilibratura mettono in rilievo la fase di apertura del sistema e il fatto che tale processo non torna indietro né può farlo, ma estende e migliora l'equilibrio raggiunto in un'attività senza posa. La regolazione si orienta in direzione di un superamento della perturbazione sopraggiunta, e questo superamento comprende la perturbazione stessa in modo da modificare significativamente il sistema e da generare altre lacune da colmare<sup>142</sup>. L'apertura costante del sistema rileva che la conoscenza e in una certa misura anche lo sviluppo organico non hanno mai fine. Ogni equilibratura, infatti, è fonte e risultato di una perturbazione che è tale sempre rispetto ad un quadro coerente che in prima istanza la accoglie. In questo senso la distinzione tra compensa-

---

141. Come vedremo nella parte conclusiva di questo lavoro, tale approccio ha un'eco significativa nel programma di ricerca di G. Longo che situa l'imprevedibilità costitutiva della materia vivente nella cornice teorica della rottura dello "spazio delle fasi" della fisica newtoniana, volgendo invece al concetto di "enablement" e cioè all'idea che la vita, nella sua condizione costante di "criticità estesa", costituisca una rete di implicazioni e vincoli da cui essa stessa, radicalmente, emerge senza previsioni. Questa suggestione è ripresa nella terza parte a proposito del "modello ecologico" di Weiss.

142. Si vedrà questo processo in modo più dettagliato con la trattazione delle condotte  $\beta$ .

zione e costruzione si riduce poichè non è possibile distinguere ciò che risulta dalla prima da ciò che deriva dall'estensione costruttiva del sistema<sup>143</sup>.

Prima di discutere le condotte che caratterizzano il processo di equilibratura, si intende tornare sul quadro teorico connesso al rifiuto dell'istanza preformista del giovane Piaget. Tale aspetto, infatti, consente di cogliere le ragioni profonde che irrorano la ricerca costruttivista successiva. Il bisogno di uno studio sui possibili come ultima via sperimentale tracciata da Piaget nel 1980, anno della sua morte, si accorda con l'esigenza giovanile di pensare la trasformazione del vivente e della conoscenza come momento d'innovazione. Il problema della creatività dell'adattamento biologico, ovvero come una varietà inedita e creativa possa formarsi e dar luogo a una specie incipiente, diventa un problema epistemologico che ha a che fare con l'organizzazione della parti e il loro cambiamento qualitativo.

Per far risuonare questo accordo tra studio dei possibili e ricerche giovanili sull'adattamento si è scelto di partire da Émile Boutroux e Henry Bergson entrambi cari alla formazione di Piaget. Come ultima postilla si farà riferimento alla relazione Piaget-Aristotele, individuando un fraintendimento che, se corretto, può condurre ad una vicinanza insospettata.

## 1.1 Émile Boutroux e lo scarto della contingenza

Al momento della sua dissertazione di dottorato, *De la contingence des lois de la nature* (1874)<sup>144</sup>, Émile Boutroux, di cui Piaget leggerà i lavori sulla scienza e la religione<sup>145</sup>, era impegnato con il problema della sintesi a priori di Kant. Sulle tracce del suo maes-

---

143. «La raison de cette amélioration nécessaire de tout équilibre cognitif est alors que le processus comme tel de l'équilibration entraîne de façon intrinsèque une nécessité de construction, donc de dépassement, par le fait même qu'il assure une certaine conservation stabilisatrice qu'au sein de transformations dont cette dernière constitue seulement le résultante: autrement dit compensation et construction sont toujours indissociables» J. Piaget, *L'équilibration des structures cognitives*, op. cit., p. 36.

144. É. Boutroux, *De la contingence des lois de la nature*, Alcan, Paris 1915 [ed. or. 1874; tr. it. *Sulla contingenza delle leggi naturali*, Signorelli, Milano 1952].

145. É. Boutroux, *Science et Religion dans la philosophie contemporaine*, Flammarion, Paris 1908.

tro, Jules Lachelier<sup>146</sup>, egli sostenne che la sintesi a priori in quanto conoscenza esprime un giudizio sintetico in cui il predicato non è compreso nel soggetto, non può essere ammessa. Infatti, ogni conoscenza che aggiunge al soggetto altro da sé, non può essere separata dall'esperienza. Per questa ragione tutta la conoscenza a priori resta essenzialmente analitica ( $A=A$ ), riducendosi al pensiero tautologico dell'identità. Conoscere allora, si realizza solo attraverso delle sintesi a posteriori che producono giudizi legati all'esperienza. Questa esperienza però, in quanto relazione tra i fatti, non può essere necessaria, ma dipenderà da un soggetto che coordina tali relazioni<sup>147</sup>. Se la necessità assoluta non esiste che nel principio di identità  $A=A$ , bisogna che la vita per dirsi assolutamente necessaria consista nel ripetersi dell'identico mentre essa, al contrario, è varia, dinamica e irriducibile. La natura che si afferma grazie alla contingenza del suo atto si apre a variazioni infinite che non possono essere ricondotte a leggi necessarie e valide universalmente, ma a delle semplici relazioni costanti da cui trarre inferenzialmente la nostra conoscenza. Alcune notazioni contenute nel primo e secondo capitolo della dissertazione di dottorato sopra citata, e cioè il capitolo sulla necessità e quello sull'essere, sono particolarmente utili per comprendere la genesi del "possibile" in Piaget. In questi passi, infatti, la critica al positivismo si traduce nella messa in questione della linearità causale, ovvero al passaggio necessario che risiederebbe tra causa e effetto. A tal proposito si domanda Boutroux: «Peut-on déduire l'être du possible comme la conclusion d'un syllogisme se déduit des prémisses?»<sup>148</sup>. Vi è una irriducibile distanza, uno scarto, che separa il possibile dall'essere, in modo che questo non possa essere inteso come lo sviluppo necessario del primo né il primo come una deduzione necessaria a partire dal reale. A ben vedere, ricorda Boutroux facendo propria la lezione aristotelica, il possibile in quanto tale ha in se stesso la virtualità dei contrari. Se si pensa diversamente, se si guarda al possibile come ad un effetto prevedibile ed inevitabile del reale, l'attualizzazione perde il suo momento creativo e l'esperienza attuale diviene secondo

---

146. Il cui maestro fu F. Ravaisson che, a sua volta, aveva sviluppato l'idea dell'atto di libertà in M. De Biran. Ravaisson attraverso un'analisi profonda dell'opera aristotelica aveva inoltre indicato dal punto di vista sintetico di atto e potenza l'attività del vivente.

147. Come ricorderà Piaget negli studi sul possibile e il necessario, la necessità non è nella natura delle cose ma nel soggetto che le comprende secondo una relazione di interdipendenza. cfr. J. Piaget, *Essai sur la nécessité*, «Archives de psychologie», 45, 1977, pp. 235-251.

148. É. Boutroux, *De la contingence*, op. cit., p. 15.

uno sguardo retrospettivo, una possibilità conducibile alla sintesi a priori dove l'esperienza non gioca alcun ruolo. «Faut-il admettre que la distinction du possible et de l'être n'est qu'une illusion causée par l'interposition du temps entre notre point de vue et les choses en soi?»<sup>149</sup>. Ammettere una tale prospettiva significherebbe accettare una natura deterministica, già realizzata in nuce, che non fa altro che diluirsi nel tempo. Al contrario, si è detto che la conoscenza sintetica a priori non può cogliere la natura proprio poiché essa non si riduce a un sistema chiuso nel quale le relazioni costituiscono tutte le innumerevoli ma finite possibilità di trasformazione nel tempo. Se pensata fino in fondo, la contingenza inaugura lo spazio d'apertura sui possibili che implicano la messa in questione del preformismo e del determinismo. Lo sviluppo di un essere vivente e la formazione della natura stessa infatti, non possono essere concepiti come semplici svolgimenti temporali di qualcosa di già dato esattamente come delle conclusioni derivano dalle premesse di un sillogismo. «Il n'y a pas équivalence, rapport de causalité pure et simple, entre un homme et les éléments qui lui ont donné naissance, entre l'être développé et l'être en voie de formation»<sup>150</sup>. Infondo, al cuore dell'impresa "genetica" dell'epistemologia piagetiana non si trova la ricerca dell' "origine" della conoscenza<sup>151</sup>, ma lo studio della sua formazione nel corso dello sviluppo, formazione che si costituisce per l'attività coordinata ma indeterminata di un sistema come quello vivente in espansione.

## 1.2 Henry Bergson, il possibile e il reale

La contingenza della natura che in Boutroux richiede l'esercizio della ragione pratica, diviene nel pensiero di Bergson la conseguenza di una forza imprevedibile connessa al-

---

149. *Ivi*, p. 18-19.

150. *Ivi*, p. 28.

151. «La grande lezione che implica lo studio della o delle genesi è mostrare che non esistono mai cominciamenti assoluti. [...] Affermare la necessità di risalire alla genesi non significa dunque affatto accordare un privilegio a questa o a quella fase considerata come prima, parlando in assoluto: significa invece ricordare l'esistenza di una costruzione indefinita e soprattutto insistere sul fatto che, per comprendere i motivi e il meccanismo, bisogna conoscerne tutte le fasi o per lo meno il massimo possibile», J. Piaget, *L'epistemologia genetica*, op. cit., p. 7.

la realtà organica<sup>152</sup>. L'imprevedibilità è fortemente legata alla condizione temporale degli esseri viventi che hanno bisogno di "durare" per formarsi<sup>153</sup>. In questa durata risiede l'incommensurabilità tra vivente e non-vivente, poiché, malgrado la partecipazione comune alla costituzione fisico-chimica, ciò che vive, a differenza dell'inorganico, traccia nel corso della sua durata un proprio percorso in modo irreversibile e unico. Il tempo agisce, permette che non sia dato tutto in un colpo solo, ritarda. Sarà dunque un'elaborazione di qualcosa che ancora non può essere previsto, la propria linea di vita. All'inizio del suo articolo su *Possible et réel*, Bergson afferma di tornare su un argomento già discusso, ovvero "la creazione continua di novità che sembra perseguirsi nell'universo"<sup>154</sup>. La realizzazione porta con sé un qualcosa di imprevedibile che cambia tutto e, almeno di non sottrarre completamente la vita da ciò che si osserva, tale realizzazione non è anticipabile. Spesso, rappresentarsi un fatto che deve ancora accadere è una mera giustapposizione di cose già conosciute che, pertanto, per quanto verosimile, non è l'evento assolutamente nuovo e inedito che sta per prodursi così come una pellicola cinematografica non è una storia che si sta realizzando. Non si tratta della mancata conoscenza delle circostanze o dei personaggi implicati nel fatto che ci si è rappresentati, non dipende da questo la sua novità. D'altra parte, questo stesso sentimento lo si prova per lo svolgersi della propria vita interiore di cui certo non possiamo ignorare soggetto e circostanze, essendo le proprie. L'atto stesso per quanto contenga il voluto e il deliberato (e dunque il previsto) mantiene la sua forma originale. Pur ammettendo un intelletto superiore come immaginato da Laplace, non si caverebbe alcuna previsione sullo stato vivente della materia per Bergson. Per questo motivo, il possibile non presuppone il reale poiché a differenza del pensiero tradizionale che concepisce il possibile come qualcosa in attesa della sua realizzazione sulla base di determinate condizioni, il possibile di Bergson non attende affatto "une transfusion de vie". Il possibile sarà dopo e non prima dell'esistenza delle cose, perché la realtà concreta, il vivente, continuamente elabora il nuovo. Il posizionamento del possibile nel futuro, in una dimensione che eccede

---

152. cfr. J.J. Ducret, *Jean Piaget, savant et philosophe*, op. cit., p. 331.

153. «Il vivente dura perché elabora senza sosta il nuovo e perché non vi è elaborazione senza ricerca, né ricerca senza tentativo» [H. Bergson, *Le possible et le réel* in *La pensée et le mouvant*, Alcan, Paris 1934, pp. 115-134, p. 117 [tr. it. *Il possibile e il necessario* in *Pensiero e Movimento*, Bompiani, Milano 2000, pp. 83-97].

154. H. Bergson, *Il possibile e il necessario*, op. cit., p. 83.

o supera il presente che, a sua volta, è continuamente eroso dal passato, sembra essere una chiave di lettura molto vicina all'ottica adottata dal giovane Piaget. I possibili non sono combinazioni a partire da condizioni limitate, essi sono delle aperture che possono cambiare sensibilmente l'esistenza delle cose rendendole imprevedibili. Il possibile indica la realtà corrispondente con qualcosa in più, mentre spesso si è spesso pensato al possibile come all'effetto combinato della realtà una volta apparsa e di un dispositivo che la rigetta all'indietro come evento già contenuto in potenza. L'idea che il possibile si realizzerebbe mediante un'acquisizione di esistenza varrebbe a dire che l'uomo in carne e ossa proviene dalla materializzazione della propria immagine allo specchio<sup>155</sup>, ma questo contraddice la sua processualità concreta (mi si perdoni il trattino con cui intendo sottolineare la semplice dimensione etimologica del participio usato che indica per l'appunto il crescere con/insieme alla materia). Bergson sottolinea la priorità dell'atto come stato non prevedibile del vivente e tale posizione avvalorava le sue posizioni sull'insufficienza sia del meccanicismo che del finalismo nella comprensione della natura organica, poiché entrambi attingono il reale da configurazioni passate o future senza coglierlo mai nel suo darsi effettivo<sup>156</sup>. Quando si parla di indeterminazione e di libertà, rammenta Bergson, non si parla dell'esistenza di più possibili e di una scelta tra possibili, ma è la libertà stessa a creare la possibilità. Per questo motivo, il nuovo non è un riordinamento di vecchi elementi e insiste Bergson «bisogna decidersi è il reale che si fa possibile e non il possibile che diviene reale»<sup>157</sup>. Questa prospettiva è alle spalle del pensiero piagetiano nel momento in cui si pone la seguente osservazione: «Se consideriamo come determinata ogni produzione nuova per il solo fatto che essa era possibile alla luce dei risultati ottenuti, il problema è allora di stabilire se, in rapporto al reale e ai suoi cambiamenti continui, il possibile è per sua natura stabile perché già interamente dotato e in maniera atemporale, o se è esso stesso soggetto a trasformazione, nel senso che l'attualizzazione di alcuni dei suoi settori costituisce una apertura su dei «nuovi» possibili»<sup>158</sup>. Questa apertura all'imprevedibile che si verifica nel corso di ques-

---

155. *Ivi*, p. 93.

156. A questo proposito Bergson cita un paragrafo di *Development and evolution* di J.M. Baldwin in cui viene evidenziata l'irreversibilità dei processi viventi. Cfr. H. Bergson, *L'évolution créatrice*, Puf, Paris, p. 27; cfr. J.M. Baldwin, *Development and evolution*, The Macmillan Co., London 1902, p. 327 e ss.

157. H. Bergson, *Il possibile e il reale*, op. cit., p. 96.

158. J. Piaget, *L'epistemologie genétique*, Presses Universitaires de France, Paris 1970 [tr. it.

ta sorta di attualizzazione del possibile, destituisce di senso l'altra opzione secondo la quale il possibile è un prius già completamente stabilito.

### 1.3 Piaget e Aristotele, un'insospettata vicinanza

L'incontro di Piaget con Aristotele avviene verosimilmente durante i corsi di A. Raymond, suo docente di logica al Ginnasio e presso l'Università di Neuchâtel. Tale incontro non fu affatto secondario visto che Piaget stesso racconta di averne avvertito una profonda vicinanza: «ebbi la sorpresa un po' ingenua di scoprire che il mio problema non era poi così lontano da quello delle classi logiche, e che la mia logica della vita poteva inserirsi facilmente in quella del grande Aristotele che aveva concepito la nozione di "forma" precisamente come governante il pensiero e al tempo stesso corrispondente alle strutture dell'organismo!»<sup>159</sup> Ciononostante, l'approccio evolutivo-adattativo ricercato da Piaget nello svolgimento delle sue ricerche biologiche e cognitive mal si conciliava con la visione aristotelica che, invece, sembrava avergli suggerito una qualche affinità nell'inquadramento della coerenza delle strutture ma non nella loro evoluzione: «Niente era più lontano dal pensiero di Aristotele di una evoluzione della ragione, poiché le "forme", anche se non sono situate in un mondo soprasensibile come le Idee platoniche, garantiscono un'armonia permanente tra le loro [...] manifestazioni di forme degli oggetti, di strutture logiche al servizio dell'intelligenza e di principio motore organico»<sup>160</sup>. Eppure possiamo chiederci se, oltre all'intuizione profonda rintracciata da Piaget, non vi sia anche una qualche altra affinità con lo Stagirita. In effetti, senza la minima intenzione di attribuire una visione evoluzionistica alle forme aristoteliche, sembra possibile rintracciare questa ulteriore vicinanza nell'idea di epigenesi e nella difesa della potenzialità come stato non sovrapponibile all'atto che Aristotele aveva elaborato probabilmente in funzione anti-megarica. In altre parole, è legittimo pensare che la processualità finalistica delle sostanze naturali individuali in Aristotele sia contingente? Piaget sembra avere le idee piuttosto chiare in proposito: «sembra che fra le vedute aristote-

---

*L'epistemologia genetica*, Laterza, Roma-Bari 1971, p. 109].

159. J. Piaget, *Sagesse et Illusions de la Philosophie*, Puf, Paris, 1965 [trad. it. *Saggezza e Illusioni della Filosofia*, Einaudi, Torino 1969, pp. 18-19]

160. J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., pp. 86-87.

liche e la prospettiva contemporanea ci sia stato un completo capovolgimento di senso. Infatti mentre per Aristotele l'anima è il motore del corpo, per la fisiologia le funzioni cognitive sono una delle risultanti della vita organica e motrice. D'altra parte, mentre per Aristotele l'inferiore dipende dal superiore, dal punto di vista dell'evoluzione il secondo deriva dal primo attraverso un processo storico e, se esiste una direzione, è dovuta a dei sistemi regolatori e non certo ad una preordinazione finalistica». Le righe che seguono al contrario, intendono supportare un'idea diversa, quella secondo cui la genesi delle sostanze naturali in Aristotele non è affatto deterministica benché soggetta a causa finale.

Nell'ultimo capitolo di *Physica B* Aristotele si chiede se ciò che di necessità è presente nelle cose naturali lo sia "in modo assoluto" (*haplos*) o "secondo un'ipotesi" (condizionatamente) (*ex hypoteseos*). Nel cominciare ad affrontare la questione l'indagine sembra subito prendere un taglio volto a distinguere la materia, le cui interazioni sarebbero di necessità assoluta, dalla causa finale la cui operatività sarebbe secondo necessità condizionata. «In effetti -afferma Aristotele- pensatori recenti ritengono che il necessario sia nella generazione, come se reputassero che il muro si sia prodotto necessariamente, poiché le cose pesanti sono portate naturalmente in basso, mentre le cose leggere verso la superficie; sicché pietre e fondamenta si dispongono in basso, la terra in alto perché è leggera, mentre il legno si colloca alla superficie di tutto, dal momento che esso è il materiale più leggero»<sup>161</sup>. Ora, a dir il vero, spiegazioni di questo tipo non sono affatto estranee ad Aristotele, ad esempio in *De partibus animalium* (PA) 642 a 35-b 3 Aristotele spiega la respirazione affermando che essa avviene di "necessità assoluta" in quanto bisogna che il calore esca dal corpo e poi di nuovo rientri incontrando resistenza e ciò è dovuto alla costituzione degli elementi. Pertanto, in un certo senso, la spiegazione di necessità assoluta, connessa alle sole ragioni della materia, è ritenuta compatibile con la spiegazione teleologica, ma ciò che invece, sembra non essere compatibile, seguendo Sorabji<sup>162</sup>, è il valore esplicativo da attribuire ai due ordini di spiegazioni, come se solo la spiegazione teleologica rendesse conto fino in fondo della totalità del processo arrestando il ricorso alle cause. Infatti, il passo citato della *Phys.* insiste sulla priorità della causa finale nei processi naturali a cui tuttavia, devono essere fornite le

---

161. *Phys.* 199b 34- 200a 6 [*Fisica*, a cura di L. Ruggiu, Mimesis, Milano 2007 (abbr. *Phys.*)].

162. A. Sorabji, *Necessity, cause and blame*, Duckworth, London 1980.

condizioni materiali di realizzazione. Secondo la critica di Piaget la causalità finale predetermina la struttura, eppure per quanti passi a sostegno di questa ipotesi possano essere rintracciati, Aristotele sente l'esigenza di precisare che il fine non è garantito nel regno naturale e ciò in particolare nella formazione delle sostanze naturali individuali, i singoli esseri viventi.

Per i sinoli di materia e forma come le sostanze naturali sublunari, non è possibile ricongiungere il loro inizio alla fine in modo da tornare identici<sup>163</sup>, vi sarà, pertanto, una successione rettilinea, una consecutività per cui la futura esistenza non è necessaria ma contingente, legata cioè alla necessità solo in via ipotetica, solo a condizione che ci sia una certa situazione prima. Al contrario il perpetuarsi della specie risponde alla finalità generale dell'essere per cui è meglio essere che non essere<sup>164</sup>. Nel caso un ente sia necessario di necessità assoluta bisogna che lo sia anche come conseguente che come antecedente di un'altro ente. L'unica forma che soddisfi questa mutua implicazione dei membri è la circolarità infinita che come tale è anche eterna. La generazione sublunare partecipa così dell'eternità e dell'essere secondo la specie che attraverso la successione delle generazioni continuamente si genera e si conserva. Al contrario, l'individuo è soggetto a un processo lineare e la sua generazione è subordinata all'ipotesi dell'occorrenza di un'altra cosa temporalmente precedente. Ma il vero punto che merita di essere sottolineato è che l'occorrenza del fine non è necessaria, la generazione di una pianta non è detto si realizzi di necessità, occorrono infatti certe condizioni materiali come il seme, l'acqua, il terreno, oltre all'azione della causa finale. Infatti, afferma Aristotele, «neppure nell'ambito delle cose che hanno un limite sarà vero affermare che si dà una necessità assoluta della loro generazione, ad esempio che si produrrà una casa quando siano state fatte le fondamenta. Infatti «se ciò fosse vero», allorché viene generato un qualcosa la cui generazione non è sempre necessaria, si avrebbe come conseguenza la perenne esistenza di ciò che non sempre può essere»<sup>165</sup>. Sul legame che intercorre tra le

---

163. cfr. Alcmeone di Crotona, Fr. DK 2 tr. it. G. Giannantoni, *I presocratici. Testimonianze e frammenti*, Bari, Laterza, 1969.

164. Senza addentrarci troppo nella questione ricordo brevemente i passi *de gen. et corr.* B.10 e *Phys.* B.2 194b 14 in cui si distinguono due cause efficienti della generazione: l'uomo e il sole. Nel primo caso bisogna che il padre sia se c'è già il figlio, mentre nel secondo il movimento eterno del sole genera di necessità assoluta il perpetuarsi della specie

165. *De gen et corr.* B.11 337b 30-35 [*Della generazione e della corruzione*, a cura di A. Russo, in Aristotele, *Opere*, vol.4, Laterza, Roma-Bari 2004 (abbr. *de gen. et corr.*)].

due accezioni di necessità e la temporalità Aristotele si pronuncia esplicitamente in PA: «non a tutti i fatti della natura inerisce in modo simile quel fattore della necessità, al quale quasi tutti cercano di ricondurre le loro spiegazioni, non distinguendo in quanti sensi si parli di ‘necessario’. La necessità incondizionata appartiene a ciò che è eterno, quella condizionata invece anche a tutto ciò che è soggetto al processo della formazione naturale e a quello della produzione tecnica, per esempio una casa o qualsiasi altro oggetto di tal genere. È necessario che una determinata materia esista, se vi ha da essere una casa o qualche altro fine, cioè sino a ciò in vista di cui ogni cosa è prodotta o esiste; lo stesso avviene nel campo dei processi naturali»<sup>166</sup>. Quanto espresso da Aristotele ha un'intima risonanza in Piaget relativamente all'individuazione della contingenza che inevitabilmente mette fuori gioco il preformismo. In altre parole, il processo di interazione che avviene durante la formazione dell'individuo non è stabilito fin dalla sua comparsa. Come afferma E. Boutroux: «La finalité aristotélicienne n'est pas la fabrication du monde comme d'un horloge par un ouvrier qui se propose une idée et calcule les moyens de la réaliser»<sup>167</sup>. Inoltre, senza pretese di esaustività, è opportuno fare riferimento alla concezione della modalità di atto/potenza dell'essere che Aristotele definisce in *Metaphys. Θ* ove (cap. 3), polemizzando probabilmente con la scuola megarica e in particolare con la concezione della “potenza” di Diodoro Crono, reso celebre dalla dibattuta elaborazione del *kyrieuon logos*, viene stabilito che nessuna cosa eterna è in potenza, essendo ogni potenza contemporaneamente potenza di due cose contraddittorie e che, invece, «le cose che hanno in se stesse il principio della generazione sono in potenza tutte le cose che diventeranno attraverso se stesse se nessuno dei fattori esterni lo impedisce; per esempio il seme non è ancora l'uomo in potenza in questo senso, perché deve cadere in qualcos'altro e mutarsi, ma quando ad opera del principio che ha in se stesso, ha realizzato queste condizioni, diciamo che è uomo in potenza»<sup>168</sup>. In questo modo il mutamento sostanziale non viene ancorato alla necessità assoluta del suo dis-

---

166. PA 639b 21-30 [*Le parti degli animali*, a cura di M. Vegetti in Aristotele, *Opere biologiche*, Utet, Torino 1971 (abbr. PA)]

167. É. Boutroux, *Aristote* in *La Grande Encyclopédie*, 1886 rist. in É. Boutroux, *Aristote* in E. Boutroux, *Études d'histoire de la philosophie*, Paris, Alcan, 1908, p. 95-211, p. 207.

168. *Metaphys. Θ*, 1049 a 11-17 [*Metafisica*, a cura di C.A. Viano, Utet, Torino 1995]; Per la relazione Diodoro Crono-Filone megarico e Aristotele v. G. Giannantoni, *il kyrieuon logos di Diodoro Crono*, «Elenchos», 2, 1981, pp. 239-272.

piegamento come invece è il caso delle sostanze eterne sempre in atto ma ad una certa dimensione contingente.

Nonostante questa insospettata vicinanza, la questione della novità rimane lontana dalla prospettiva aristotelica, essendo concepita solo in termini di mostruosità (i cosiddetti terata). Sembra tuttavia interessante notare che anche in uno dei padri più illustri del pensiero naturale, si riscontra la stessa tendenza a distinguere un mero dispiegamento del vivente da una sua costruzione essendo la forma stessa una sua "configurazione funzionale" (la stessa attività del vivere) che ha bisogno di interagire con le condizioni esterne per realizzarsi. Ed è esattamente sul filo di questo discorso che Piaget inizia a pensare ai possibili nella sua lunga indagine sul vivente.

## 2.

### Lo studio sui possibili

L'elaborazione del concetto di "costruzione", che diviene sempre più consapevole nella scelta epistemologica di Jean Piaget, riflette la ferma convinzione nell'isufficienza di tutti gli approcci innati o di tendenza pre-formista così come di quelli empirici per la comprensione dello sviluppo organico e cognitivo. Lo sforzo di comprendere la relazione tra soggetto e oggetto nel loro costituirsi effettivo senza cedere ad un qualche appoggio esterno che ne orienti l'andamento, è lo sforzo che matura nelle letture giovanili di Piaget e nelle eco dei pensatori del "possibile" discussi nei paragrafi precedenti. Infatti, sullo sfondo del legame che va istituendosi tra costruzione e compensazione, risiede la riflessione su possibile e reale in modo che il primo non sia contenuto a titolo di potenzialità inespressa nel secondo, e che, per questa ragione, la compensazione realizzata si riveli sempre come una costruzione reale. In effetti, lo studio sull'*Équilibration des structures cognitives* (1975) che diviene oggetto di molteplici interventi in occasione dell'ottantesimo compleanno di Piaget nel 1976<sup>169</sup>, lascia in sospeso secondo lo stesso autore un punto, ovvero «le caractère indissociable que je suppose sur le terrain cognitif entre les compensations et les constructions et c'est ce qui m'a fait souhaiter une

---

169. B. Inhelder, R. Garcia, J. Vonèche, *Epistémologie génétique et équilibration. Hommage à J. Piaget*, Delachaux et Niestlé, Paris 1976.

étude sur les possibles»<sup>170</sup>. Questo studio, oggetto dei paragrafi seguenti, concerne la storia di una «victoire progressive mais laborieuse sur les limitations»<sup>171</sup>, ovvero la storia dell'accrescimento dei possibili (apertura) rispetto alle limitazioni che lo pseudo-necessario (ciò che si ritiene non poter essere altrimenti) oppone ai possibili in divenire, ma si potrebbe dire la storia dell'evoluzione dell'uomo in quanto processo di superamento che, senza voler attribuire sfumature di progresso, non si riduce mai ad un ritorno allo stato precedente. L'apertura sui nuovi possibili è dunque sullo sfondo dell'equilibrante maggiorante che articolando la reazione compensatrice alle perturbazioni, le supera, e ricostruisce proprio come avviene nello sviluppo organico mediante assimilazione e accomodamento. Veniamo quindi alla discussione del processo di equilibrante maggiorante per poi passare alla distinzione dei possibili e alla tematizzazione delle procedure/strutture che verrà sviluppata da Inhelder.

## 2.1. Equilibrante maggiorante e condotte $\beta$

L'equilibrante maggiorante, come già accennato, viene elaborata nel XXXIII° studio di epistemologia genetica, allo scopo di modificare e correggere le argomentazioni e i modelli legati al II° studio *Logique et équilibre* del 1957. Nel '57 Piaget parte dal modello dell'equilibrio nelle operazioni logiche per estenderlo agli altri livelli. L'equilibrio delle operazioni logiche cerca di promuovere una concezione delle strutture di conoscenza sempre meno influenzata dalle condizioni concrete. In quest'ottica l'equilibrio non supera l'alterazione ma è in grado di considerarla ininfluenza, riassorbendola nel funzionamento d'origine. Questo modello ha senso nella misura in cui consideriamo il pensiero logico-matematico come il punto di arrivo necessario dello sviluppo ontogenetico.

In *Biologia e conoscenza* (1967) il modello biologico della conoscenza è l'autoregolazione, meccanismo mediante il quale un sistema qualsiasi (comportamentale, fisiologico, ecc..) riesce a mantenere l'equilibrio fra se stesso e l'ambiente. L'idea centrale è che

---

170. *Ivi*, p. 2.

171. J. Piaget, *Le possible, l'impossible et le nécessaire*, «Archives de psychologie», 44/172, 1976 p. 281-299, p. 292.

le conoscenze non procedano né dalla sola esperienza degli oggetti né da una programmazione innata pre-formata nel soggetto, ma da costruzioni successive con elaborazioni costanti di strutture nuove<sup>172</sup>. In questo senso i meccanismi coinvolti sono meccanismi regolativi che non mirano ad ottenere equilibri statici, ma riequilibrazioni migliorative delle strutture anteriori. Ecco perché si parlerà di equilibrazioni e soprattutto equilibrazioni maggioranti che integrano e correggono le forme d'equilibrio precedente. Non si intende cogliere uno stato di equilibrio simile a quello delle elaborazioni percettivo-sensoriali della Gestalt, al contrario, si intende cogliere il processo che va da certi stati di equilibrio ad altri qualitativamente differenti per via di perturbazioni e compensazioni. I problemi da comprendere sono i tipi di equilibrio, le ragioni del disequilibrio e il processo causale di equilibratura e riequilibratura sulla base dell'idea che «comme les organismes, les systèmes cognitifs sont, en effet, à la fois ouverts en un sens (celui des échanges avec le milieu) et fermés en un autre, en tant que “cycles”»<sup>173</sup>. Le componenti dell'equilibratura cognitiva sono essenzialmente assimilazione e accomodamento, cioè l'incorporazione di un elemento esteriore in uno schema preesistente, e la necessità della stessa assimilazione di accomodarsi in vista degli elementi da assimilare. Tra questi due processi possono realizzarsi diverse forme di equilibrio, tuttavia ciò che preme comprendere nel saggio in questione è come si origina il disequilibrio, se sia esso intrinseco o dovuto ad agenti esterni, e come compensarlo. Piaget non esclude entrambe le fonti, sottolineando una maggiore contraddizione interna nel caso dell'attività cognitiva per cui nessuna forma di pensiero è in grado di abbracciare simultaneamente in un tutto coerente la totalità del reale e dell'universo nel discorso. Ogni regolazione è una risposta di un soggetto a una perturbazione ma non è vera la reciproca poiché non tutte le perturbazioni comportano delle regolazioni proprio come non tutte le lacune sono perturbazioni ma solo quelle che mettono in questione o incidono su schemi assimilatori già avviati. Come nei sistemi biologici, anche in quelli cognitivi il tutto ha una notevole forza di coesione e le sue proprietà di conservazione e autoorganizzazione lo

---

172. «Io penso che la conoscenza umana sia essenzialmente attiva. Conoscere è assimilare la realtà entro sistemi di trasformazioni. Conoscere è trasformare la realtà nel senso di comprendere come un certo stato sia conseguito. Grazie a questo punto di vista la mia concezione si trova ad essere opposta a quella che considera la conoscenza una copia, una copia passiva della realtà», J. Piaget, *Genetic Epistemology*, Columbia University Press, NY-London, 1971 [tr.it. *Conferenze sulla Epistemologia genetica*, Armando, Roma, 1972, p. 26].

173. J. Piaget, *L'équilibration des structures cognitives*, op. cit., p. 10.

distinguono da qualsiasi aggregato fisico-chimico: «E' significativo infatti che in tutti i campi vitali e cognitivi la forma totale sembri più stabile delle sue componenti»<sup>174</sup>. Qualunque ne sia l'origine, il disequilibrio, quando avvertito, ha il ruolo di "attivare" delle strategie compensatorie e la sua fecondità dipende dal suo superamento. Le tre principali caratteristiche delle compensazioni sono: 1° che ogni compensazione si orienta in direzione inversa o reciproca alla perturbazione; 2° che a ciascuna compensazione segue valutazione di suo successo o insufficienza e 3° che proprio delle compensazioni è tendere alle conservazioni.

Ora, l'equilibratura cognitiva non ha mai un punto di arresto. Il fatto che gli stati di equilibrio siano sempre superati ha una ragione intrinseca: ogni conoscenza consiste nel sollevare problemi man mano che risolve i precedenti. «La ragione di questo miglioramento necessario di qualunque equilibrio cognitivo sta allora nel fatto che il processo di equilibratura come tale comporta in maniera intrinseca una necessità di costruzione, dunque di superamento, per il fatto stesso che esso assicura una certa conservazione stabilizzatrice solo all'interno di trasformazioni di cui questa conservazione stabilizzatrice è solo la risultante; in altri termini compensazione e costruzione sono sempre indissociabili»<sup>175</sup>. Al §13 il tema delle compensazioni è ripreso in modo da individuarne delle condotte di fondo. Ne vengono presentate tre:

α) le condotte "alfa". Quando si determina un fatto nuovo si possono avere due alternative: o tale fatto è riconducibile al già noto e vi si inserisce, oppure costituisce una perturbazione, nel senso che il dato nuovo non è integrabile ad alcuna conoscenza pregressa, anzi la mette in questione. In questo secondo caso si possono avere due reazioni: o si otterrà una modifica indotta dal soggetto in modo inverso alla perturbazione, o il soggetto tenderà a ignorare il fatto nuovo o a deformarlo. Questo tipo di condotte presentano questa seconda tendenza.

---

174. J. Piaget, *L'equilibratura delle strutture cognitive*, op. cit., p. 52. Vedremo nella parte conclusiva che tale prospettiva sul sistema è la medesima di P. Weiss, secondo il quale i sistemi sono composti da parti eterogenee che si aggregano e disgregano secondo un "modello di campo" del sistema. Tale modello tende a conservare la sua configurazione e la sua unità durante l'equilibratura, mentre le sottounità sono relativamente di più libere di muoversi. Sotto perturbazione il modello è in grado di riconfigurarsi e «la morfologia di un sistema deve essere considerata come la manifestazione derivata di una dinamica formatrice o più precisamente "trasformatrice"» P. Weiss, *L'archipel scientifique*, Maloine Editeur, Paris 1974, p. 106; cfr. anche G. Bocchi, M. Ceruti, *Disordine e costruzione*, Feltrinelli, Milano 1981, cap. III.

175. J. Piaget, *L'equilibratura delle strutture cognitive*, op. cit., p. 60.

β) Le condotte "beta". Esse consistono nell'integrare l'elemento perturbatore al sistema. In questo caso l'equilibrio del sistema è modificato in modo che la perturbazione esterna non venga né deformata né ignorata. Ciò che era perturbante diviene variazione all'interno di una struttura riorganizzata. In questo caso le compensazioni sono superiori a quelle di tipo α, in quanto si modifica lo schema di assimilazione per accomodarlo all'oggetto.

γ) Le condotte "gamma". Tali condotte consistono nell'anticipare le variazioni possibili le quali per il fatto di essere prevedibili e deducibili, perdono il carattere di perturbabilità e diventano trasformazioni virtuali del sistema.

Dei tre tipi di condotte presentate, è chiaro che il tipo β rappresenta il motore principale dell'equilibratura. Una loro eventuale successione  $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \gamma$  invece, riconduce agli obiettivi del '57, ovvero alla reversibilità come punto di arrivo del processo cognitivo. Aspetto questo che non viene certo rinnegato nello studio del '75, ma che viene posto in secondo piano rispetto alla comprensione del processo funzionale che ad esso può portare.

Ricapitolando, il soggetto, per diversi che siano i fini perseguiti dall'azione o dal pensiero, cerca di sfuggire all'incoerenza pertanto tende verso delle forme di equilibrio che tuttavia, non sono mai raggiunte completamente. In questo senso il problema centrale dello sviluppo cognitivo rimane il miglioramento delle forme di equilibrio o "equilibratura maggiorante". Il saggio presenta così due movimenti inseparabili: la compensazione delle perturbazioni e la costruzione di novità. Un sistema modificato a causa di perturbazioni significative attua strategie compensatorie del tipo β o γ, cioè incorporazioni coerenti dove però solo le β attuano una ricostruzione del sistema.

Al termine di questo saggio Piaget muove delle obiezioni alla sua interpretazione ed individua un "problema fondamentale" che conduce verso la questione dei possibili. Soffermandosi sul rapporto assimilazione/accomodamento interno all'equilibratura, Piaget suggerisce che si possa parlare di una sorta di "norma di accomodazioni" in analogia con la "norma di reazione" del genoma, nel senso che l'insieme dei possibili accomodamenti dello schema di assimilazione rappresenta la stessa relazione che caratterizza l'insieme dei fenotipi possibili di un genotipo in relazione alle variazioni

ambientali<sup>176</sup>. Tuttavia, la resistenza e la plasticità dello schema da cui deriva la norma di accomodazione, non sono delimitabili una volta per tutte in modo univoco (come d'altronde accade anche nel caso del genotipo che non è altro che un "travail de l'esprit" o un'astrazione, non essendo mai osservabile in stato assoluto<sup>177</sup>). In altri termini, una tale norma non può essere espressa sotto forma di una qualche equazione o legge che ne determina i confini, poiché ogni delimitazione è sempre un'osservazione retrospettiva, ovvero una deduzione a partire da condizioni già attualizzate. Se non si conosce la virtualità che un sistema genera per sua stessa costituzione, non si può evidentemente definire fino a che punto il sistema è esteso né stabilire nella fattispecie l'insieme degli accomodamenti possibili. Che senso avrebbe infatti, parlare di "insieme di possibili"? Se la novità da costruire fosse davvero suggerita dalle acquisizioni precedenti, non vi sarebbe predeterminazione? «La risposta è che il mondo dei possibili non è mai acquisito, né di conseguenza dato in anticipo (tenendo conto che la nozione di tutti i possibili rimane indubbiamente una nozione antinomica, perché il "tutto" è esso stesso solo un possibile). In altri termini, ogni acquisizione apre nuove possibilità che ai livelli precedenti non esistevano in quanto tali»<sup>178</sup>. Si comprende allora come l'apertura su nuovi possibili sia l'implicazione principale dell'equilibratura maggiorante nella misura in cui essa, a causa del suo stesso funzionamento, espone il soggetto a nuove lacune da colmare. Se il possibile fosse ricondotto a una trasformazione virtuale delle relazioni all'interno del sistema non ci sarebbe trasformazione e il sistema tenuto dalle condotte  $\gamma$ , sarebbe chiuso. Al contrario, pur sostenendo un carattere indissociabile tra compensazioni e costruzioni, Piaget non intende ricondurre la novità della costruzione ad un aggiustamento prevedibile del sistema. Eppure, l'analogia discussa sopra inerente alla norma di reazione non lo aiuta affatto, esponendosi ancora di più al rischio di predeterminazione. Le ragioni che spingono l'epistemologo ginevrino a far ricorso alla

---

176. J. Piaget, *L'équilibration des structures cognitives*, op. cit., p. 28. Il termine *Reactionsnorm* fu coniato da Woltereck nel 1919 nei suoi studi sulla ciclomorfofisi nei cladoceri (componente del plancton d'acqua dolce) per descrivere l'ampio spettro di fenotipi che potevano aver luogo a partire da un singolo genotipo in particolari condizioni ambientali.

177. J. Piaget, *Introduction à l'épistémologie génétique. La pensée biologique, psychologique et sociale*, vol.III, Puf, Paris 1950, pp. 27-29.

178. J. Piaget, *L'equilibratura delle strutture cognitive*, op. cit., p. 207 [segnaliamo che nella tr.it. a volte si traduce "possibles" in "possibile" obliando la pluralità costitutiva del discorso piagetiano sui possibili. Siamo intervenuti nella traduzione laddove necessario per mantenere questo aspetto].

norma di reazione saranno spiegate nella parte successiva, tuttavia è chiaro che, dopo quarant'anni di lontananza dalle scene del dibattito biologico, a partire dal '67 egli ricercasse uno spazio di discussione all'interno della biologia evoluzionistica. A questo scopo la genetica di popolazioni sembrava offrire un terreno congeniale. Vedremo in seguito come questo tentativo si sia rivelato fallimentare soprattutto in vista dell'enorme fraintendimento che rischiava di generare, ovvero l'idea che le auto-regolazioni fossero completamente pre-formate o innate.

Le conclusioni del lavoro sul concetto di possibile nei bambini<sup>179</sup> si concentrano soprattutto sul rapporto tra evoluzione dei possibili e equilibratura, in modo da mostrare nella stessa nozione di possibile le ragioni di un doppio aspetto costruttivo/compensativo dell'equilibratura. Come osserva Piaget: «La naissance d'un possible présente le double aspect d'une conquête actualisable et de l'acquisition d'un pouvoir tendant à s'exercer et devenant donc source de déséquilibre tant qu'il n'a pas conduit à une nouvelle conquête»<sup>180</sup>. Ciò significa che il funzionamento maggiorante dell'equilibratura è implicato dalla dinamica propria del possibile il quale è «essentiellement un pouvoir qui en tendant à se exercer s'impose à lui-même la production de variations donnant prise à cet exercice d'où une formation endogène de nouveaux possibles»<sup>181</sup>. Si tratta di una costruzione del reale che si genera a partire da un vuoto percepito come qualcosa da colmare da parte dell'attività dell'organismo. In conclusione, questi continui superamenti cognitivi (dépassements) possono essere spiegati mediante il ricorso a tre processi: «L'innéisme, l'empirisme ou le recours aux autorégulations. Seulement dans les deux premières interprétations le caractère novateur des dépassement ne demeure qu'apparent, puisqu'ils sont prédéterminés dans le sujet ou dans l'object: pour qu'il y ait réellement innovation il faut donc faire appel à un mécanisme auto-organisateur et comme sa créativité ne saurait consister en productions ex nihilo, elle ne peut résulter que de processus à la fois complétifs et correctifs. D'où le mécanisme que j'appelle "équilibrature majorante" et dont la dynamique interne est à

---

179. J. Piaget, *Le possible et le nécessaire*, Presses Universitaires de France, Paris 1981 studio realizzato con la collaborazione di: I. Berthoud-papandropoulou, A. Blanchet, Ch. Brulhart, C. Coll, S. Dionnet, I. e M. Flückiger, A. Henriques, H. Kilcher, ect..

180. *Ivi*, p. 185.

181. *Ivi*, p. 187. Cfr. anche J.J. Ducret, *Jean Piaget 1968-1979: une décennie de recherches sur les mécanismes de construction cognitive*, SRED, Genève 2000, cap. VIII, p. 392.

comblent des lacunes, mais comme on vient de le rappeler à ne trouver jamais que de solutions qui soulèvent de nouveaux possibles»<sup>182</sup>.

## 2.2 Possibili in divenire e possibili deduttibili

Una «piccola e imprudente opera» sul comportamento<sup>183</sup> e un articolo dal titolo *Le possible, l'impossible et le nécessaire* vengono pubblicati nello stesso anno (1976) da Piaget. Il percorso di ricerca inaugurato da *Biologia e conoscenza* continua così negli anni immediatamente successivi a segnare la via dell'indagine epistemologica intersecando il terreno cognitivo con quello biologico. La dinamica che sostiene il ruolo del comportamento in quanto «fattore attivo di accrescimento dei poteri dell'organismo e di estensione dell'ambiente abitabile e conoscibile», ha a che fare con la comprensione del dominio del possibile, lavoro che si protrarrà, come detto, fino all'anno della scomparsa di Piaget. In generale, il pensiero biologico di Piaget, mai realmente interrotto, costituisce la genesi "paradossale" della sua ricerca sull'attività del soggetto, poiché la biologia, che lui definisce scienza "realista", ha come soggetto/oggetto la stessa attività pensante e agente<sup>184</sup>. Da questo punto di vista la biologia resta il piano esemplare e privilegiato da cui osservare il movimento costruttivo poiché essa presenta un carattere intrinsecamente non-deduttivo dovuto allo sviluppo storico del vivente che incessantemente costruisce se stesso costruendo il mondo. Questa lezione bergsoniana, si traduce nell'idea che le trasformazioni vitali durante lo sviluppo di un organismo sono dovute ad un numero indefinito di sequenze causali, per lo più non lineari, che rendono sottodeterminata l'organizzazione finale. Infatti, la sottodeterminazione intrinseca al vivente rende impossibile stabilire dei legami necessari tra le condizioni di partenza e l'organizzazione finale poiché né il risultato ottenuto né le condizioni in gioco (ammettendo che esse possano essere isolate con

---

182. J. Piaget in B. Inhelder, R. Garcia, J. Vonèche, *Epistémologie génétique et équilibration. Hommage à J. Piaget*, op. cit., p. 139.

183. Si tratta di J. Piaget, *Le comportement, moteur de l'évolution*, op. cit.

184. J. Piaget, *Introduction à l'épistémologie génétique*. III, op. cit., p.7. Per "scienza realista" Piaget intende il fatto che la biologia, a differenza del pensiero matematico, non può fare a meno di considerare il vivente come una realtà indipendente dal pensiero soggettivo, mentre la matematica, "scienza empirista" è legata all'attività del soggetto e fa della deduzione un'operazione cruciale per il suo svolgimento.

certezza) possono essere ripetute sperimentalmente. Questo aspetto non inficia le scienze biologiche in quanto tali, ma fa da monito a tutti i tentativi di assiomatizzazione del vivente, orientando piuttosto sul piano inferenziale lo sforzo di illuminare una uniformità della natura che pur riconosciamo. Più in generale, si può dire che la conoscenza stessa nel suo momento costruttivo non può appoggiarsi su vincoli necessari legati ad un insieme di conoscenza anteriore, mentre si trova a doversi porre nel momento della sua giustificazione e validazione. Malgrado il problema della sottodeterminazione resti un problema interno all'euristica della conoscenza in generale, il vivente, vista la sua dimensione storica e dinamica, si caratterizza per essere intrinsecamente non-deduttibile. Anche per queste ragioni la ricerca teorica di Piaget, orientata verso una spiegazione della genesi delle strutture attraverso meccanismi interni di trasformazione e di ristrutturazione progressiva, si scosta dalla logica per ancorarsi alla biologia e all'embriogenesi del comportamento<sup>185</sup>.

Anzitutto, ciò che interessa all'epistemologo svizzero è il possibile nel suo processo di formazione che egli chiama anche "ouverture sur les nouveaux possibles" poiché da ogni elaborazione del possibile ne scaturiscono altri. Da questo processo dipende «le probleme centrale de l'épistémologie constructiviste: celui de la construction ou création de ce qui n'existait pas encore, sinon précisément en cet état virtuel du "possible" et qu'il s'agira pour le sujet d'actualiser»<sup>186</sup>.

Possono essere indicate due tipi di interpretazioni di "possibile":

- 1) quella delle discipline a tendenza preformista, tra le quali Piaget annovera in primo luogo la biologia (scienza dalla quale evidentemente si sentiva sotto accusa), secondo cui «tous les possibles sont prédéterminés dans les réalités de départ»<sup>187</sup>. L'esempio più potente addotto a questo riguardo è quello del Dna ritenuto un insieme di innumerevoli combinazioni nelle quali tutte le variazioni sono già comprese;
- 2) quella dei possibili che «sont constamment en devenir et ne comportent pas de caractères statiques: autrement dit un possible "devient possible" dans la mesure où il

---

185. B. Inhelder, R. Garcia, J. Vonèche, *Epistémologie génétique et équilibration*, op. cit., p. 8.

186. J. Piaget, *Le possible, l'impossible et le nécessaire*, art. cit., p. 281. In questo passo l'attività del soggetto è ad un tempo psicologica e epistemologica. Le ricerche successive di Inhelder, Cellérier, de Caprona, Ducret et al., *Le cheminement des découvertes de l'enfant*, Delachaux et Niestlé, Paris 1992, metteranno in evidenza questo aspetto.

187. J. Piaget, *Le possible, l'impossible et le nécessaire*, art. cit., p. 281.

parvient au niveau de l'actualisable, ou dans la mesure où il est conçu comme tel par un sujet et même pas seulement conçu mais encore compris en ses conditions d'actualisation»<sup>188</sup>.

Piaget cerca di sostenere questa seconda interpretazione sia a livello speculativo che sperimentale. Secondo il primo piano l'adozione del "possibile in divenire" si fonda essenzialmente sul rifiuto del primo non appena si dimostra: (a) il fatto che i possibili determinati fin dall'inizio, e dunque deduttibili, presuppongono una struttura globale già formata alle spalle e (b) di conseguenza, che tali possibili hanno un carattere profondamente illusorio a causa del fatto che le relazioni che li compongono sono già date e dunque non aggiungono nulla di nuovo al loro costituirsi. «Il possibile -afferma Piaget- non è riconosciuto in maniera autentica che retroattivamente una volta realizzato, e questa attualizzazione comporta una interazione necessaria con le circostanze contingenti dell'ambiente: la preformazione di un genotipo nuovo non significa dunque, infatti, se non l'esistenza di una certa continuità con coloro da cui è nato, ma non copre l'insieme delle condizioni necessarie e sufficienti alla sua formazione»<sup>189</sup>. In altre parole, il "senso", l'orientamento, che un certo genotipo andrà a costituire non dipende interamente da sé e contenutisticamente non ci dice nulla sulla sua estensione globale per quanto le sue espressioni possano contribuire a indicarlo. Pertanto, il possibile non può essere inteso come un "insieme di deduttibili" se non retrospettivamente, quando cioè tali possibilità si sono già realizzate, e il modo con cui prendere coscienza di questo fatto è rendersi conto della loro costitutiva imprevedibilità. Il piano sperimentale è volto a chiarire questo problema e soprattutto a difendere il costruttivismo. Nell'introduzione agli studi sul possibile e il necessario, pubblicati postumi, Piaget precisa che non è sufficiente argomentare che tutta la conoscenza "nuova" risulta da regolazioni tra cui le equilibrazioni maggioranti, poiché si potrà sempre dire che questi sistemi regolatori sono ereditari, prestando il fianco all'innatismo da cui assieme all'empirismo si voleva sfuggire, oppure si potrà dire che tale conoscenza nuova deriva sempre da una combinazione di apprendimenti più o meno complessi. Per questa ragione Piaget cerca di «aborder le problème de la production des

---

188. *Ivi*, p. 282.

189. J. Piaget, *L'epistemologie genétique*, Puf, Paris 1970 [tr. it. *L'epistemologia genetica*, Laterza, Roma-Bari 1971, p. 107-108].

nouveautés d'une autre manière, en centrant les questions sur la formations des "possibles"»<sup>190</sup>. Effettivamente, l'attualizzazione di un'azione o di un'idea implica che esse siano state rese possibili in via preliminare e l'osservazione mostra che la nascita di un possibile ne trascina altri. Il problema de "l'ouverture sur de nouveaux possibles" ha dunque un certo interesse epistemologico anche perchè la formazione dei possibili durante lo sviluppo costituisce uno dei migliori argomenti contro l'empirismo, ovvero contro l'idea che sia l'oggetto ad essere già cognitivamente pregno. Il possibile è il prodotto di una costruzione di un soggetto non è un osservabile, poiché il soggetto intesse possibilità sulla base di interpretazioni che implicano interazioni tra gli oggetti di cui magari si conoscono appena le proprietà. Non c'è dunque una semplice lettura di un evento, ma un'interpretazione di un soggetto. Piaget medesimo si obietterà che se i possibili precedono la loro attualizzazione, sono "pre-formati", allontanandoci dal costruttivismo che si intende giustificare. A questa obiezione vengono avanzate due risposte una psicologica e l'altra logica:

1) psicologicamente bisogna distinguere il punto di vista del soggetto da quello dell'osservatore, tenendo presente che interessa il punto di vista del primo il quale mostra dai 4-5 anni fino ai 12 uno sviluppo qualitativo e progressivo dei possibili mostrando un'arricchimento complesso e regolare che dimostra l'ipotesi di una formazione progressiva dei possibili contro una loro predeterminazione.

2) logicamente, "l'insieme dei possibili" è un'espressione che ha senso nel caso di possibili "deduttibili", ovvero subordinati a una legge necessaria (es. tutte le forme possibili di un triangolo, etc.) che li comprende in partenza. Tuttavia, in questo caso si tratta di variazioni possibili che un soggetto scopre passo dopo passo in una situazione che cerca di analizzare comparando la regola generale ai casi concreti. In questo contesto un "insieme di possibili" è una totalità illusoria perché essa è già contenuta nella legge che li comprende.

Al contrario, quando i possibili sono generati al di fuori della logica combinatoria, si constata non solo un accrescimento spettacolare di immaginazione nel pensare delle attualizzazioni materiali, ma si inferisce da subito che si potrebbe continuare all'infinito. A livello formale il soggetto immerge il reale nel possibile al posto di trarre quest'ultimo

---

190. J. Piaget, *Le possible et le nécessaire*, art. cit., p. 5 (corsivo mio).

dal primo. Lo sforzo di mostrare la costruzione stimolata dall'apertura su nuovi possibili, porta all'elaborazione di forme complementari d'organizzazione dette "sistemi di procedure" che vanno ad aggiungersi alle strutture operatorie. Tali sistemi sono composti da:

- a. il Sistema I, legato all'attività del comprendere in cui si trovano schemi presentativi (che colgono i caratteri permanenti e simultanei degli oggetti comparati) e schemi operatori (che organizzano i caratteri analizzati);
- b. il Sistema II ove risiede l'attività del riuscire che abbraccia gli schemi procedurali in cui rientrano azioni orientate verso un fine.

Il ruolo euristico dei schemi procedurali può influire sul ruolo essenzialmente organizzante e strutturante del sistema I. Il sistema II consiste in stati di transizione, si pone obiettivi che una volta raggiunti, le richiedono di improntare delle strategie nuove, rivelando uno stato di costante disequilibrio. Il comportamento che, come già affermato, costituisce in questi anni l'oggetto di un importante saggio, rappresenta un'organizzazione del sistema II costituendo il motore, sempre in equilibratura, dell'organizzazione vitale su scala filogenetica. La struttura telonomica del comportamento conduce infatti, ad un'esplorazione dell'ambiente e ad un'ampliamento delle capacità cognitive per cui esso è costituito dalle «actions de caractère téléonomique visant à utiliser ou transformer le milieu ainsi qu'à conserver ou à augmenter les pouvoirs que les organismes exercent sur lui»<sup>191</sup>. Ecco dunque, come il carattere di apertura del possibile si incarna nelle strategie comportamentali degli animali, le quali, in virtù della loro indefinita fecondità, orientano e innescano l'evoluzione. Il comportamento come dimensione del Sistema II si definisce come insieme di azioni esercitate dagli organismi sugli ambienti per modificarne gli stati o per cambiare la loro stessa situazione in rapporto ad essi, pertanto di tratta di azioni intenzionali e rispondenti alla dialettica di assimilazione e accomodamento.

Nel sistema II, inoltre, la possibilità dell'errore ha un ruolo importante poiché costituisce la prova indiretta del fatto che i possibili non sono combinatorie matematiche<sup>192</sup>. Infatti,

---

191. J. Piaget, *Le comportement*, op. cit., p. 8.

192. «[cette insertion nécessaire des erreurs parmi les possibles] démontre, en effet, que les nouveaux possibles ne sauraient donner lieu à une combinatoire mathématique, celle-ci ne pouvant porter que sur des schèmes à caractères stables (donc présentatifs), tandis que les erreurs sont imprévisibles et incalculables, les possibles ne pouvant donc rsulter d'une préformation ou prédétermination mais étant

se tutto rientra in una logica preformista, come è possibile l'errore? All'interno del sistema II l'errore può essere più fecondo di una riuscita immediata, in quanto esso rappresenta una via in grado di aprire su alternative ugualmente efficaci ma non contemplate. Nel dominio dei possibili, infondo, l'errore non è che una traccia ancora inesplorata che può condurre ad esiti interessanti e ampliare il sistema di comprensione della realtà (I). Sembra che lo sviluppo dallo pseudo-reale al reale si caratterizzi per una conquista progressiva di ciò che il soggetto riesce a pensare come possibile e necessario in modo da estendere al massimo il primo mentre il secondo si orienta verso la chiusura dell'organizzazione del reale mediante la produzione di vincoli necessari.

Riassumendo, la rilevanza degli studi sul possibile nel quadro dell'analisi funzionale dell'equilibrante riguarda l'estensione del reale e della conoscenza. Il carattere indissociabile di costruzione e compensazione fa sì che in presenza di una perturbazione, le condotte  $\beta$  di un sistema conducano a delle strategie non-previste dallo stato anteriore del medesimo, volte ad integrare tale perturbazione e ad estendere il sistema stesso. La costruttività reale del processo è data dall'impossibilità del sistema di conoscere in anticipo la dimensione perturbativa che si realizzerà perché, in caso contrario, non si avrebbe alcuna reale perturbazione. Tale estensione del sistema riflette lo stato di apertura a cui ogni lacuna colmata conduce. Dal punto di vista cognitivo, questa apertura si traduce nella possibilità di ampliare costantemente il sistema I e dunque la comprensione della realtà mediante l'attività continua del sistema II (le procedure) che elabora strategie per colmare eventuali disequilibri. In base a questa lettura, il comportamento come esempio di strategie inerenti al sistema II, costituisce il motore dell'evoluzione.

Tuttavia, la modificazione della comprensione della realtà (sistema I) che passa per la costruzione di schemi procedurali è vincolata dal pensiero dell'impossibile, ovvero dalle limitazioni poste dal soggetto nella comprensione del reale. Vi è pertanto un percorso parallelo tra l'accrescimento dei possibili e la progressione della necessità, implicando un'idea di reale in intersezione crescente con il possibile e il necessario. Ora, la questione delle strategie o schemi procedurali pone il problema della "generazione di ipotesi" e delle "implicazioni". Questa attività comporta uno sforzo parallelo e inverso

---

seulement "préorientés" par une recherche plus ou moins régulatrice d'améliorations» J. Piaget, *Le possible, l'impossible et le nécessaire*, art. cit., p. 290.

al possibile e consiste nella formulazione di un percorso attraverso vincoli di coerenza relativi al quadro dato di riferimento<sup>193</sup>. Poiché Piaget non ebbe il tempo di mettere mano al secondo volume di *Le possible et le nécessaire* incentrato sull'evoluzione del necessario nel bambino, la sua strenua collaboratrice Inhelder utilizza come introduzione degli estratti del testo redatto da Piaget in occasione del 21° congresso di psicologia tenutosi a Parigi nel 1976. Qui l'idea dello sviluppo parallelo possibile/necessario si lega al momento dell'apparizione delle operazioni logico-deduttive sul piano formale. Vengono distinti diversi gradi di necessità volti a mostrare come essa non abbia fonte nell'oggetto ma nelle elaborazioni del soggetto. Tanto il possibile quanto il necessario, pertanto, sono costruzioni del soggetto che allo stesso tempo sono influenzate e contribuiscono alla formazione delle strutture ma secondo una duplice direzione, quella in vista dell'apertura e dell'ampliamento progressivo della loro stessa capacità di comprensione e quella in vista di una loro chiusura che ne garantisca la coerenza.

### 2.3 Procedure e strutture

L'elaborazione del possibile, dell'impossibile e del necessario costituisce la spia del livello di integrazione delle strutture operatorie. Infatti, ciò che nel corso dello sviluppo cognitivo viene giudicato possibile o necessario mette in rilievo nella trama delle strutture la loro compatibilità interna e l'eliminazione delle contraddizioni. Il focus delle ricerche del CIEG sui meccanismi funzionali della conoscenza comuni alla stesso sviluppo organico, mette al centro la questione della trasformazione delle strutture mediante l'esercizio di procedure che a loro volta non sono che percorsi di esplorazioni sui possibili in vista della risoluzione di un problema. Procedure e strutture diventano aspetti "solidari e antitetici" di qualsiasi condotta cognitiva e riguardano un'intima dialettica di coerenza e innovazione<sup>194</sup>. Per comprendere questo indirizzo della ricerca piagetiana verso cui si concentreranno gli studi sul soggetto psicologico di B.

---

193. L'evoluzione dei possibili e lo sviluppo delle strutture operatorie è in parallelo. Cfr. J. Piaget, *Le possible et le nécessaire*, art. cit. e J. Piaget, *The constructivist-approach: recent studies in genetic epistemology*, «Cahiers de la Fondation Jean Piaget», 1, 1980, pp. 1-7.

194. Cfr. B. Inhelder, J. Piaget, *Procedures et structures*, «Archives de psychologie», 47/181, 1979, pp. 165-176.

Inhelder<sup>195</sup>, occorre partire dalle differenze che intercorrono tra struttura e procedura per poi sottolinearne il lavoro sinergico.

Le strutture sono connessioni di carattere atemporale, spesso non finalizzate, che danno accesso alla comprensione del reale, mentre le procedure sono processi temporali finalizzati, in vista, cioè, di scopi particolari e variabili. Mentre le strutture si incastrano l'una nell'altra integrandosi e procedendo verso strutture sempre più complesse che inglobano le precedenti secondo una connessione interna necessaria, le procedure possono concatenarsi, ma in generale, tendono a differenziarsi a causa della pluralità dei scopi che via via si vengono a porre. Ora, nel caso di un superamento di una struttura ad un'opera di un'altra più complessa, il "superato" è sempre integrato "a ciò che supera". In questo modo la ricchezza delle strutture è data dal grado complessivo di integrazione e di coerenza che fa sì che esse quanto più sono complesse tanto più sono stabili. La novità colta dall'analisi funzionale del processo cognitivo consiste nella messa in evidenza di un doppio movimento secondo cui: «toute structure est, en effet, le résultat de constructions procedurales, de même que toute procédure utilise tel ou tel aspect des structures»<sup>196</sup>. Proprio l'indissociabile rapporto tra strutture e procedure consente ad entrambe di progredire, le prime ampliando il raggio di comprensione del reale mediante l'utilizzo di procedure euristiche, le seconde aumentando la differenziazione dei percorsi di riuscita nelle difficoltà pratiche facendo appello ora ad un aspetto ora ad un altro delle strutture consolidate alle loro spalle. In questo senso le strutture operatorie non decretano i legami possibili e necessari del reale, ma si costruiscono esse stesse in parallelo allo sviluppo dell'integrazione e coordinazione delle attività accomodatrice degli schemi di assimilazione del soggetto. Questa linea di ricerca verrà sviluppata da Inhelder e i suoi collaboratori, proseguendo sul versante psicologico l'idea piagetiana dell'acquisizione di conoscenza nuova.

---

195. Si tratta degli studi portati avanti da Inhelder e coll. in *Le cheminement des découvertes de l'enfant*, op. cit.. Secondo quanto riportato da A. Karmiloff-Smith, B. Inhelder è sempre voluta andare al di là del soggetto epistemico di J. Piaget, per indagare il soggetto psicologico. Le procedure del saper-fare del bambino di cui si segue lo svolgimento sotto forma di una microgenesi, hanno tutte una dinamica che consiste in pianificazioni di osservabili e nuove euristiche.

196. B. Inhelder, J. Piaget, *Procedures et structures*, art. cit., p. 174.

## TERZA PARTE

### Dalle chioccioline all'andamento spirale del vivente e della conoscenza

Che cos'è questa possibilità, cos'è l'insieme dei possibili? Credo che l'insieme di tutti i possibili sia una nozione antinomica allo stesso grado dell'insieme di tutti gli insiemi, credo che la possibilità sia un processo che si arricchisce via via: una struttura debole apre solo poche possibilità, una struttura più forte apre una quantità di possibilità. Vi è un'aggiunta di creazione di nuove possibilità.

Jean Piaget in *Théorie du langage et théorie de l'apprentissage*

I risultati di incompletezza dei teoremi di Gödel hanno avuto una eco enorme nel campo della ricerca epistemologica e lo stesso Piaget ne accoglie la portata<sup>197</sup>. L'impossibilità di fornire dimostrazioni certe della coerenza degli assiomi di un determinato sistema logico ricorrendo agli strumenti interni al medesimo sistema, costituisce una spinta rilevante verso le epistemologie costruttiviste opposte alle strategie fondazionalistiche. Una volta abbandonato il progetto di una epistemologia autofondante infatti, non rimane che comprenderne il processo di formazione emendando continuamente ogni punto fermo raggiunto all'estensione della conoscenza che se ne produce.

---

197. Piaget si appoggia ai teoremi di incompletezza per giustificare: a. la dimensione "naturale" della logica, ovvero il fatto che essa è legata allo sviluppo cognitivo dell'individuo e non costituisce un dominio coerente e cristallizzato al di fuori della sua attività e b. il fatto che le acquisizioni logiche situate a livelli crescenti non sono il segno di un mero avanzamento della conoscenza, ma la spia della loro intrinseca incompletezza che richiede riferimenti sempre più potenti in un processo conoscitivo senza fine. Cfr. J. Piaget, *Conferenze sull'epistemologia genetica*, op. cit., e M. Ceruti, *La danza che crea*, Feltrinelli, Milano 1989, p. 160.

In generale, i sistemi chiusi dove i limiti del pensiero corrispondono alla chiusura della realtà, sono sistemi che non possono giustificarsi apoditticamente entro se medesimi, scontando, in aggiunta, una mancanza di evoluzione e una enorme vulnerabilità dettata dal fatto che il più delle volte i sistemi chiusi non riescono a far fronte all'accumulo di entropia. Per queste ragioni la comprensione della conoscenza umana non può procedere isolando quest'ultima nella staticità delle sue strutture, giacché esse si costruiscono ontogeneticamente in una costante interazione con fattori ambientali e socio-culturali. Se, come ha ribadito più volte Piaget, conoscere è "assimilare la realtà entro sistemi di trasformazione" il soggetto ha un ruolo di primo piano. Contro il modello robotico della reattività primaria stimolo-risposta, in molti, tra cui Piaget e von Bertalanffy, sostengono la priorità dell'attività organica, dando rilievo ai comportamenti esplorativi e creativi che implicano l'esistenza di sistemi aperti<sup>198</sup>. In questa ultima parte si cercherà di cogliere il senso teoretico dell'impresa piagetiana dallo studio della chiocciola all'elaborazione di una epistemologica costruttivistica attraverso un esito originale e oggi molto attuale come l'ampliamento della dimensione ereditaria. L'ampliamento della conoscenza attraverso la costruzione di procedure via via interagenti sulla formazione delle strutture stesse responsabili di tali costruzioni è il riflesso cognitivo della possibilità che la dimensione ereditaria tirata in ballo dalla fenocopia possa estendersi oltre i geni, in un modello di interazioni a più livelli che agiscono su di essa. In altre parole, l'ereditarietà come piano dell'integrazione coerente della novità adattativa costituisce, secondo la tesi di questo lavoro, nient'altro che una riformulazione dell'intricato processo che caratterizza la dialettica di trasformazione tra strutture e procedure mediante il processo funzionale dell'equilibratura. Il piano del vivente, focalizzabile nella celebre immagine dell'andamento spiralistico che ha costituito certamente una fonte archetipica dell'epistemologia piagetiana, diviene un processo di estensione progressiva che da una

---

198. Di grande importanza la lettura di Ludwig von Bertalanffy, *Robots, men, and minds. Psychology in the modern world*, G. Braziller, NY 1967 [tr. it *Il sistema uomo*, Istituto librario internazionale, Milano 1971. Nell'interessante introduzione alla tr.it. di Pietro Omodeo emerge il forte legame che la teoria dei sistemi ebbe con la Naturphilosophie romantica].

parte esige una continua integrazione coerente delle sue conquiste e dall'altra si trasforma in virtù della sua costante attività di equilibratura 'maggiorante'.

Secondo questa prospettiva, allora, non è poi così peregrino vedere sullo sfondo delle ricerche piagetiane sulla genesi del pensiero, il tentativo di evidenziare un processo funzionale che possa rispondere senza l'alibi del fondamento (Dna) anche alla domanda sull'adattamento creativo dei viventi: da dove viene fuori il fenotipo?

Al di là di facili dicotomie, la cornice teorica che Piaget progressivamente adotta sul vivente non può che essere quella dei sistemi complessi in cui le interazioni multi-livello interne all'organismo con le loro traiettorie imprevedibili e non-lineari, conducono paradossalmente tanto alla stabilizzazione quanto alla destabilizzazione della sua organizzazione.

## 1.

Dal cognitivo al biologico: la fenocopia come caso di equilibratura maggiorante

L'intimo legame tra equilibratura maggiorante e funzionamento biologico diviene il punto di arrivo di una lunga riflessione che dalle prime ricerche in zoologia fino agli studi funzionali del CIEG non ha mai smesso di rimettersi. «How much of what I have actually learned during my training as biologist and in zoology, which was my first interest, have I actually been able to apply to my psychological studies?»<sup>199</sup>. Ponendosi questa domanda intorno agli anni '70, Piaget risponde ricordando almeno tre lezioni apprese dallo studio sul vivente: il fatto che tutti gli adattamenti dell'organismo, in particolare durante lo sviluppo del suo fenotipo, implicano una stretta relazione tra organismo e ambiente (in questo senso la conoscenza è un caso di adattamento biologico poiché non c'è né soggetto né oggetto senza una reciproca interazione) (1); il fatto che ogni adattamento implica due movimenti: quello dell'accomodamento e quello dell'assi-

---

199. J. Piaget, *Afterthoughts* in A. Koestler, J. R. Smythies, *Beyond the reductionism*, The Macmillan Co., London 1970, p. 157 e ss..

milazione in maniera da non incappare né nell'empirismo né nell'innatismo (2); il fatto che il meccanismo di equilibratura che autoregola assimilazione e accomodamento è al cuore della continuità funzionale tra biologico e cognitivo (3). A questo proposito, l'appendice III del XXXIII EEG, discusso nella seconda parte, rileva che questo processo di compensazione/costruzione «peut être considéré comme comportant des racines biologiques»<sup>200</sup>. In effetti, la dinamica delle condotte  $\beta$  che implica un passaggio progressivo dall'esogeno (perturbazione) all'endogeno (integrazione della perturbazione), si ritrova dettagliatamente descritto nel saggio *Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence* apparso nel 1974, anno precedente alla pubblicazione dell'*Equilibratura delle strutture cognitive*. Piaget si oppone alla spiegazione delle variazioni casuali, preferendo sviluppare le implicazioni di un modello che aveva iniziato a delineare negli anni '20: la fenocopia. All'interno del campo evoluzionista, l'epistemologo ginevrino, pur serbando delle immancabili distinzioni, si schiera dalla parte di J.M. Baldwin e di C.H. Waddington e rafforza la sua impresa costruttivista da un punto di vista integrato, biologico e epistemico. È chiaro, infatti, che l'azione della selezione naturale concepita sulla base di mutazioni casuali del corredo genico non poteva rendere conto della processualità funzionale che, secondo Piaget, caratterizza l'organizzazione vitale.

La fenocopia è «une convergence entre un accommodat (phénotypique) et une mutation (génotypique) qui vient le remplacer et on l'explique ordinairement par l'intervention de processus géniques»<sup>201</sup>. Questo processo, che Piaget aveva abbozzato già a partire dalle ricerche sull'adattamento della *Limnaea stagnalis* si avvale anche di un altro caso sperimentale, quello del *Sedum*, una pianta appartenente alla famiglia delle *crassulacee* coltivata a diversi gradi d'altitudine. Entrambi gli studi, durati almeno quarant'anni, testimoniano un processo piuttosto articolato che può essere riassunto nelle seguenti fasi:

---

200. Cfr. J. Piaget, *appendice III. Fenocopia e interiorizzazione delle perturbazioni* in *L'equilibratura delle strutture cognitive*, op. cit., p. 185-186.

201. J. Piaget, *Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence. Sélection organique et phénocopie*, Hermann, Paris 1974.

- a. Inizialmente si assiste alla produzione da parte dell'organismo di un accomodamento fenotipico che risponde alle variazioni del milieu. Ad ogni generazione questo adattamento può riprodursi di nuovo sotto l'influenza degli stessi fattori (variazione dovuta alla presenza di forti correnti lacustri o variazione d'altitudine) senza l'intervento di un rimpiazzamento (*remplacement*) ereditario.
- b. Al contrario, se l'adattamento fenotipico produce un significativo disequilibrio (perturbazione), dei meccanismi di blocco e d'alterazione intervengono per neutralizzarlo.
- c. Se, nonostante l'intervento di questi fattori, l'equilibrio non si ricostituisce, lo stato perturbato influenza l'attività dei geni regolatori (si tratta per Piaget del piano dell'*hérédité générale* che assicura un piano coerente dell'organismo).
- d. Questa attivazione comporta la produzione di mutazioni aleatorie ma canalizzate nella regione del disequilibrio. Da tale compensazione ne emergerà una convergenza per via indiretta delle accomodazioni iniziali con le mutazioni endogene che hanno ricostruito l'equilibrio perturbato.

Questo processo di rimpiazzamento dell'esogeno mediante una ricostruzione endogena implica un elemento fondamentale: la priorità dell'accomodamento sulla mutazione. Esattamente su questo punto il discorso sull'apertura verso nuovi possibili converge con il piano dell'eredità, ed è a partire da questa notazione che si basa la comparazione tra Piaget e Waddington come due rappresentanti di due epigenetiche diverse: quella degli anni '50 legata in ultima istanza alla dimensione nucleare dell'eredità, e quella degli anni '90 di cui si ritiene Piaget un rappresentante *ante litteram*, legata alla multidimensionalità dell'eredità. Raymond Hovasse, biologo e zoologo piuttosto isolato nella scena dell'evoluzionismo francese, ha avuto il merito di ricostruire la posizione neo-darwiniana tenendo conto dei contributi più originali che gli si erano affiancati sul finire dell'Ottocento come, ad esempio, l'effetto Baldwin. Piaget che cita lo zoologo francese in più occasioni, è colpito da almeno due suoi contributi: l'articolo su *Problèmes de l'évolution*

e la monografia *Adaptation et évolution*<sup>202</sup>. Nel discutere il rapporto tra accomodamento e mutazione Hovasse è molto chiaro: «le fait qu'un organisme donné peut réagir à une action du milieu par une somation, implique, dans son cytoplasma, *indépendamment de ses gènes*, la possibilité d'un mécanisme réalisateur, déviation d'un mécanisme génique, ou peut-être plasmagénique. Ce mécanisme, une fois réalisé, ne peut-il être déclenché à nouveau plus facilement ensuite par un phénomène génique? la somation amorcerait, en quelque sorte, la mutation»<sup>203</sup>. Hovasse che si era pronunciato in modo critico sul finalismo inteso come meccanismo di determinazione esogena delle strutture del vivente, cerca di integrare al darwinismo questa sua visione dell'influenza dello sviluppo sulla filogenesi attraverso l'esplicito ricorso a Baldwin e a quella che egli chiama "sélection parallèle" (ovvero la selezione organica). Tale processo infatti, gli permetteva di spiegare gli adattamenti e l'orientamento dell'evoluzione non più in termini teleologici. Piaget, per parte sua, teme l'obiezione di innatismo che potrebbe ridurre il suo sforzo epistemologico a una semplice gioco innato di regolazioni. Per questa ragione, nel modello biologico che va prendendo in esame, Piaget insiste molto sulla priorità dell'accomodamento individuale come processo non determinabile dalla dimensione genetica ereditaria di partenza. Se il fenotipo non è che una possibilità compresa nella norma di reazione del genotipo, allora non dovrebbe esserci ragione perché una ricostruzione endogena della compensazione nei geni abbia luogo, cosa che, invece, sembra sperimentalmente provata dalla trasmissione ereditaria di un accomodamento non più richiesto dalle condizioni ambientali in cui si era formato. Quando si ha una reale integrazione della perturbazione nel sistema, l'equilibratura modifica lo stesso sistema altrimenti questo resta invariato e il carattere costruttivo dell'equilibratura è un'illusione. Non stupisce, pertanto, che l'esempio più frequente per descrivere lo schema del pensiero preformista in Piaget sia il ricorso alle teorie del Dna come si è visto anche nel

---

202. R. Hovasse, *Problèmes de l'évolution* in *Encyclopedie de la Pléiade*, Biologie, vol. XXIII, Gallimard, Paris 1965, pp. 1542-1696. R. Hovasse, *Adaptation et évolution*, Hermann, Paris 1950. Cfr. anche C. Grimoult, *Histoire de l'évolutionnisme contemporain en France. 1945-1995*, Droz, Genève-Paris 2000, pp. 180-188.

203. R. Hovasse, *Problèmes de l'évolution*, art. cit., pp. 1678-1679 (corsivo mio).

caso dell'articolo su *Le possible, l'impossible et le nécessaire*<sup>204</sup>. Lo scopo di Piaget sembra quello di dimostrare che la norma di reazione può essere "forzata" dagli accomodamenti ontogenetici influenzati dall'ambiente. In questo senso «les nouveautés évolutives sont dues, non pas à des influences directes du milieu, mais à des variations actives de l'organisme par rapport à celui-ci, donc à des actions exercées sur ce milieu, actions d'autan plus nombreuses et efficaces que l'on s'élève dans la hiérarchie des synthèses constituant l'épigenèse»<sup>205</sup>. Questo movimento funzionale agisce anche in relazione allo sviluppo delle forme dell'intelligenza, poiché la costruzione del nuovo non dipende dalle informazioni veicolate da un oggetto, ma dalle azioni e coordinazioni delle azioni che un soggetto pone su un oggetto. Sul fronte bio-cognitivo si ha dunque a che fare con delle ricostruzioni convergenti con superamento aderenti allo schema delle condotte  $\beta$ .

### 1.1 Ritorno alla *Limnea stagnalis* e al *Sedum*: la fenocopia trentasei anni dopo.

Intorno agli anni '60, sull'onda delle nuove ricerche del CIEG, Piaget decide di ritornare ufficialmente sugli adattamenti delle limnee lasciati alle pubblicazioni del '29, ma indagati costantemente lungo tutto l'arco della sua carriera. Ciò che preme all'epistemologo svizzero è dimostrare attraverso quarant'anni di silenziosa sperimentazione, il processo della fenocopia e in generale i processi di adattamento in controtendenza alla spiegazione neo-darwiniana incentrata sulla selezione delle variazioni casuali. Nel 1935 Richard Baruch-Benedikt Goldschmidt -come ricorda anche Waddington- conia il termine "fenocopia" in un articolo intitolato *Gen und Außeneigenschaft*<sup>206</sup> per mettere in eviden-

---

204. «En biologie, l'ADN primitif (acide désoxyribonucléique) qui est la source de propriétés héréditaires est composé d'éléments combinables d'innombrables manières et l'on pourrait concevoir l'évolution des êtres vivants comme le simple produit de ces combinaisons, son caractère créateur devenant ainsi illusoire. Pour reprendre une comparaison courante, les éléments de l'ADN seraient comparables aux lettres de l'alphabet et c'est avec ces lettres que l'on construit n'importe quel mot ou phrase» J. Piaget, *Le possible, l'impossible et le nécessaire*, art. cit., pp. 281-282.

205. J. Piaget, *Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence*, op. cit., p. 38.

206. in «Zeitschrift für Induktive Abstammungs- und Vererbungslehre», 69, 1935, pp. 38-69.

za l'imitazione di un fenotipo mutante da parte di un genotipo. Goldschmidt, padre dei "mostri speranzosi", era interessato all'ottenimento di generazioni mutanti a partire da organismi sottoposti allo stato larvale a condizioni di stress, giungendo così a dimostrare il ruolo delle macromutazioni nella filogenesi contro il gradualismo. Nel perseguire le sue indagini egli riferisce nel '38 che i versanti della ricerca genetica, come già ricordato, sono almeno due: non solo quello della "meccanica dell'ereditarietà" che riguarda la mera trasmissione dei caratteri, ma anche quello della "fisiologia dell'ereditarietà" secondo cui il genoma è un sistema che è in grado di riorganizzarsi globalmente e presiedere al "controllo" dello sviluppo. Queste idee hanno molto successo nella Germania degli anni '40 e anche nella Svizzera tedesca dove Hans Gloor insieme ad altri collaboratori riprodurranno gli esperimenti sulle *drosophile* (impresa contemporaneamente portata avanti da Waddington) e li pubblicheranno nella rivista francofona «revue suisse de zoologie»<sup>207</sup>. Piaget, che pure menziona Goldschmidt a proposito della fenocopia nel suo saggio sul comportamento<sup>208</sup>, recepisce con grande attenzione i modelli dei sistemi complessi concernenti l'ereditarietà e pubblica sulla medesima rivista svizzera delle note sull'allevamento di alcuni esemplari di *limnaea stagnalis* in uno stagno dell'altopiano del cantone di Vaud<sup>209</sup>. Questo articolo prende le mosse dalla critica dello zoologo ginevrino Guyénot secondo il quale le mutazioni registrate in una popolazione non dipenderebbero da una risposta ambientale ma dalla semplice selezione di variazioni casuali. Al contrario, la *discontinuità* adattativa che si intende dimostrare sulla scia indiretta di Goldschmidt, vuole essere imputata all'insieme della relazione complessa tra organismo e ambiente. Piaget già nel '29 aveva mostrato come la varietà *lacustris* della *limnaea stagnalis* presentasse nelle acque agitate dei grandi laghi una forma contratta il cui indice di contrazione si aggirava intorno a 1,31-1,50. Si era mostrato che tale indice, inizialmente sollecitato dalla presenza delle forti correnti lacustri, rimaneva

---

207. H. Gloor, *Phänokopie-Versuche und Äther an Drosophila*, «Revue suisse de zoologie», 54, 1947, pp. 637-712.

208. J. Piaget, *Le comportement*, op. cit., p. 100.

209. J. Piaget, *Notes sur des Limnaea stagnalis L. var. lacustris stud. élevées dans une mare du plateau Vadois*, «Revue suisse de zoologie», 72/38, 1965, pp. 769-787.

stabile o con lieve oscillazione nel corso di diverse generazioni allevate in acquario, lasciando supporre una plausibile trasmissione ereditaria della variazione. Con questo nuovo articolo Piaget rende ufficiali i dati di un esperimento durato quindici anni sull'allevamento di *limnaea stagnalis* in uno stagno dell'altopiano del Vaud, con l'intento di rispondere all'obiezione di Guyénot. Presso lo stagno Jordillon a circa 700 m di altitudine, Piaget impianta diverse uova di *limnaea stagnalis* var. *lacustris* prelevate dalla 6° generazione di esemplari allevati in acquario (razza V con indice di contrazione medio di 1,43). Indagini e misurazioni regolari effettuate fino al 1943, anno del malaugurato prosciugamento dello stagno, mostrano un'oscillazione abbastanza lieve dell'indice di contrazione che risulta mediamente più contratto di quello degli esemplari-madre (ca. 1,39). Inoltre, un confronto con gli esemplari autoctoni di uno stagno vicino, evidenzia una differenza importante nella concentrazione di *limnaea lacustris* che infatti, nel caso dello stagno di controllo risultano avere un indice di contrazione molto più elevato accompagnandosi a fenotipi allungati. L'insieme di questi fatti depone a favore di una sostanziale stabilità della variazione negli esemplari dello stagno Jordillon, rinviando l'oscillazione fenotipica ad un normale spettro di variazioni insite nella norma di reazione del genotipo in questione. Ma la conclusione più importante a cui giunge questo studio è che «Il est ainsi douteux que les formes lacustres contractés de race IV et V résultent d'un simple "trriage" parmi des variations préformées et ne constituent pas une "réponse" nouvelle au sens où Waddington dit que toute modification du système des gènes est une réponse à une tension du milieu»<sup>210</sup>. Per Piaget è la "selezione organica" messa in atto a molteplici livelli dell'organismo in risposta ad una perturbazione ambientale ad innescare una variazione nuova che può giungere a modificare l'intero sistema fino ad esprimersi in assenza delle condizioni che l'hanno sollecitata. Modelli à boucles o a feedback vengono utilizzati da Piaget anche nel caso dello studio delle cosiddette "anticipazioni morfogenetiche" del Sedum<sup>211</sup>. In un saggio pubblicato sulla

---

210. *Ivi*, p. 786.

211. J. Piaget, *Observations sur le mode d'insertion et la chute des rameaux secondaires chez les Sedum*, «Candolle», 1/21, 1966, pp. 137-239.

prestigiosa rivista botanica «Candollea», Piaget spiega un fenomeno di autotomia abbastanza frequente nelle crassulacee. Si tratta della preparazione della pianta alla caduta di rami secondari che una volta a terra, si radicano dando vita a nuove piante. Tale preparazione consiste in un restringimento progressivo dei rami interessati, fenomeno noto come "anticipazione morfogenetica" che è stato spesso spiegato ricorrendo ad ipotesi finalistiche o predeterministiche. Rigettando entrambi i tipi di spiegazione, Piaget sostiene che tale processo sia il risultato di reazioni dipendenti le une dalle altre come accade in un sistema cibernetico. La familiarità con questo tipo di spiegazione conduce anche all'ipotesi di fenocopia nel caso del sedum nano dell'Alta Savoia. Come viene riportato in *Adaptation vitale e psychologie de l'intelligence*, il *Sedum album* presenta sempre, quando vive a 2000 m di altitudine o al di sopra, una forma molto piccola quanto a stelo, foglie e fiori, mentre se si trapianta in pianura, o già intorno ai 1600 m, essa riprende le sue dimensioni normali e non costituisce dunque altro che un accomodamento non-ereditario. Al contrario, una popolazione della stessa forma che vive alla sommità del monte Môle (1900 m) in Alta Savoia, ha conservato i suoi caratteri in quanto si trovano suoi discendenti nella pianura di Faucigny e a Ginevra.

L'idea che è andata maturando nel corso degli anni e che si formalizza sul finire degli anni '60 è quindi la possibilità che somazioni, accomodamenti fenotipici, possano agire sui diversi piani gerarchici dell'organizzazione vivente fino a modificare il piano strutturale ereditario. Si sostiene che l'adattamento non sia una variabile combinatoria del patrimonio ereditario, pertanto il passo che porta Piaget dall'eredità generale a quella extra-nucleare è inevitabile, poiché i geni pur nella loro inscindibile veste funzionale non possono essere concepiti come il ricettacolo di tutte le manifestazioni organiche. La comprensione di questo aspetto passa dapprima per il modello epigenetico di Waddington, poi per i sistemi complessi.

## 1.2 C.H. Waddington e J. Piaget, accordi disaccordi

Ha veramente senso cercare di costruire un qualche inventario di tutte le possibili combinazioni che potrebbero essere contenute nel genoma? Si è visto che la nozione di "insieme di tutti i possibili" o è una nozione antinomica essendo l'insieme dei possibili un possibile esso stesso, o ha senso solo alla luce di una legge di sfondo che lo ricomprende. Ad esempio, dati due punti ad una certa distanza quanti percorsi possono essere tracciati senza che le traiettorie si intreccino? Questo tipo di esercizio che i collaboratori di Piaget sottopongono ai bambini di diversa età risponde all'esigenza di studiare lo sviluppo cognitivo e la progressiva organizzazione della realtà e delle aspettative su di essa, ma non pretende di esaurire la modalità del possibile in uno schema da cui poi si originerebbero tutti i possibili. Al contrario, lo studio dei possibili diviene la fonte di due ricerche: una sullo sviluppo e la formulazione delle ipotesi che si avvalgono di vincoli (ragionamento ipotetico-deduttivo), l'altra sull'apertura che ogni pensiero possibile inaugura, evidenziando percorsi inediti (euristica). Il soggetto, epistemico e psicologico ad un tempo, è protagonista di un progetto cruciale per l'epistemologia genetica, quello legato alla ricerca della coerenza del pensiero e della sua creatività ma in modo da poter far influire ciascun aspetto sull'altro come si è visto nel caso della relazione tra strutture e procedure. Venendo all'altra faccia della questione, quella biologica, la mia tesi sostiene che la relazione tra fenotipo e genotipo sia un ulteriore banco di prova di questa riflessione che a sua volta ne implica un ripensamento radicale. Ciò che non funziona in questa relazione è pensare che tutti i fenotipi espressi e quelli che lo saranno in futuro siano l'emanazione di uno spettro di potenzialità insito nella norma di reazione del genotipo opportunamente sollecitato dall'ambiente. Infatti, in una tale prospettiva, il cambiamento non è mai reale ma, in linea di principio, prevedibile. Quello che non funziona è dunque la cornice teorica che abbraccia questo ragionamento, come se adattamenti nuovi, variazioni ontogenetiche inedite, comportamenti imprevedibili con le loro traiet-

torie concrete, storiche e contingenti non possano realmente influenzare "le strutture" delle specie né modificarle essendo già contemplate in esse, sia pur a livello virtuale<sup>212</sup>. Questo, a mio avviso, il problema fondamentale che viene messo in campo dal confronto tra l'embriologo e genetista C.H. Waddington e J. Piaget. Tale confronto risulta molto delicato e si avvale di chiaroscuri cangianti dovuti non solo alla difficoltà insita nella pensabilità di questa relazione, ma anche al clima scientifico di quegli anni con le sue inclusioni e esclusioni. Sullo sfondo si tenga presente anche un altro problema che invece, verrà affrontato nel paragrafo successivo, e cioè: in che modo una variazione individuale innovativa, una volta influenzate e trasformate le strutture ereditarie dell'organismo, può trasmettersi ad un'intera popolazione, originando, ad esempio, il fenomeno della speciazione? Questa seconda questione sarà al vaglio nella riflessione sull'isolamento di Piaget dal clima neo-darwiniano degli anni '70 oggetto del prossimo capitolo. In linea generale il grande merito di Waddington, come genetista ed embriologo ad un tempo<sup>213</sup>, è aver pensato ad un modello di sviluppo complesso che andrà sotto il nome di epigenetica. In *Biologia e conoscenza* Piaget afferma che Waddington «fornisce per primo una vera e propria sintesi, distinguendo in seno al sistema evolutivo quattro grandi sottosistemi, ognuno dei quali comporta le sue proprie regolazioni, ma che sono tutti necessariamente legati tra di loro da un insieme di circuiti cibernetici: 1) il sistema genetico, 2) il sistema epigenetico, 3) lo sfruttamento dell'ambiente, 4) le azioni della selezione naturale»<sup>214</sup>. Eppure, se si va a guardare lo schema che Waddington traccia a questo proposito nell'opera del 1975 dove peraltro dedica un capitolo molto critico alle limnee di Piaget, si vede che il sistema genetico è inaggirabile e fa da base agli altri<sup>215</sup>. Infatti, in uno dei primi articoli sulla canalizzazione dello sviluppo, nell'ammettere l'oc-

---

212. Come se queste specie fossero in uno stato di assoluto equilibrio dove ogni variazione è una combinazione virtuale del sistema (cfr. condotte  $\gamma$ ).

213. «Ci è voluto un embriologo e genetista del calibro di Waddington per connettere il sistema genetico a quello epigenetico e a suggerirne un'interazione mediante circuiti regolativi, e causalità circolari» J. Piaget, *Le comportement*, cap. IV punto a).

214. J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., p. 133-134.

215. C. H. Waddington, *Evolution of an evolutionist*, op. cit., p. 57.

correnza di una risposta adattativa agli stimoli ambientali durante lo sviluppo, Waddington sottolinea l'importanza della previa selezione di una adeguata reattività *geneticamente controllata* nell'organismo<sup>216</sup>. Aspetto quest'ultimo che Piaget non nega ma non collega al processo della fecocopia bensì alla semplice variabilità fenotipica. È utile affrontare la differenza che separa l' "assimilazione genetica" dalla "fenocopia" piagetiana tenendo presente che l'ampliamento e la modificazione della coordinazione genetica non sembrano una implicazione inevitabile del primo processo, l'assimilazione genetica, se, come afferma l'embriologo inglese, «i geni presenti nella popolazione iniziale e che hanno finito con l'essere accumulati per selezione in quanto essi condizionano la comparsa del carattere acquisito nel nuovo ambiente, possono essere stati nascosti nel vecchio ambiente o perché, in quelle circostanze, avevano un effetto troppo modesto per essere apprezzato o perché risultavano celati da fenomeni di dominanza o di epistasi»<sup>217</sup>. Ma procediamo con ordine.

A ben vedere, l'epistemologo ginevrino cerca in più luoghi di sottolineare le analogie tra i rispettivi approcci. Ad esempio, nell'intervista con G. Voyant pochi mesi prima della sua scomparsa, Piaget afferma «je crois que ce que j'appelle phénocopie, c'est l'équivalent de ce que Waddington appelait l'"assimilation génétique". Waddington m'a fait le plaisir d'ailleurs de consacrer tout un chapitre à mes limnées et à mon interprétation de l'apparition des nouvelles races lacustres et a déclaré que c'était le meilleur exemple qu'il connaissait d'assimilation génétique, qui est donc une phénocopie, mais dans la nature et pas en laboratoire. En laboratoire, on en crée tant qu'on en veut, dans la nature il y a peu d'exemples convaincants, tandis que celui de mes limnées lui paraissait convaincant»<sup>218</sup>. Eppure, questa ricostruzione sembra eccessivamente ottimista e rivela, forse, il tentativo, fino all'ultimo serbato da Piaget, di trovare un qualche spazio tra i

---

216. «we may say that the occurrence of an adaptative response to an environmental stimulus depends on the selection of a suitable genetically controlled reactivity in the organism. If it is an advantage, as it usually seems to be for developmental mechanisms [...], then the reactivity will become canalized again under the influence of natural selection» C. H. Waddington, *Canalization of development and the inheritance of acquired characters*, «Nature», 3811, 1942, pp. 563-565, p. 565.

217. C.H. Waddington, *Evoluzione di un evolucionista*, op. cit., p. 99.

218. *Trascrizione dell'intervista a J. Piaget e B. Inhelder con G. Voyant*, Fondation Jean Piaget, 1980

neo-darwiniani (seppur "eterodossi") con cui Waddington non intendeva affatto recidere completamente il legame. L'embriologo inglese, membro del *Theoretical Biology Club* che negli anni '30 a Londra insieme a J. Needham, N. Whitehead e molti altri scienziati di diversa formazione portava avanti il progetto per una integrazione delle biologie nel segno dell'antiriduzionismo<sup>219</sup>, pur rendendo omaggio a Piaget e riconoscendo l'importanza dei suoi esperimenti, osserva «[Piaget] concludes that phenotypic adaptability alone is sufficient to produce an adequate contraction, and he wonders, therefore, what role selection can play. This argument seems to overlook the fact that there will be genetic variability in the capacity to perform the physiological adaptation which brings about the contraction»<sup>220</sup>. Malgrado un comune intento di percorrere una strada alternativa al neo-darwinismo e al neo-lamarckismo, tra Piaget e Waddington rimane una certa distanza che fa perno sul peso occupato dall'azione della selezione naturale. La via di Waddington si rivela, malgrado tutto, fortemente ancorata al livello genetico, sia pur regolativo e multidimensionale. Infatti, l'apparente ereditarietà dei caratteri acquisiti è spiegata in termini di selezione della soglia di attivazione della mutazione sollecitata dal fattore di stress durante lo sviluppo. Il percorso piagetiano, invece, approderà alle teorie dei sistemi in cui il livello genetico è solo uno tra i molti e la canalizzazione diviene un esito dei processi di equilibrizzazione. E forse, solo un "non-biologo di professione" poteva permettersi di aggirare, o almeno di porre in secondo piano, la selezione naturale e di continuare a dare linfa alla sua sintesi bio-cognitiva indebolendo al massimo la dimensione genetica, ma questo lavoro non intende misurare la "verità" della scelta piagetiana rispetto a quella waddingtoniana o viceversa; attraverso queste pagine si tenta, piuttosto, di rilanciare la problematica pensabilità della relazione genotipo/fenotipo per volgersi alle implicazioni dell'ereditarietà epigenetica odierna. Tornando alla distanza che separa i protagonisti di questo paragrafo, l'epistemologo svizzero osserva «Senza dubbio Waddington presenta ancora spesso qualche ondeggiamento, che non si sa mai bene se dob-

---

219. B. Continenza, *Il theoretical Biology club e la fallacia del riduzionismo*, «Metamorfosi», 2/6, 1987, pp. 169-210.

220. C. H. Waddington, *Evolution of an evolutionist*, op. cit., p. 94.

biamo interpretare come dovuto alla prudenza obbligata del linguaggio di un innovatore che si trova circondato da un'atmosfera collettiva essenzialmente neodarwiniana, oppure allo scrupolo di un teorico che è nello stesso tempo uno sperimentista, il quale non vuole affermare niente di più di quanto possa provare»<sup>221</sup>. Da una parte l'atmosfera neo-darwiniana non viene certo rinnegata da Waddington che si riteneva un suo innovatore interno, dall'altra questa prudenza rilevata da Piaget può essere tradotta in una semplice presa di distanza dai toni della ricerca piagetiana. Piaget è inizialmente attratto dall'inquadramento del genoma nel sistema epigenetico e in particolare dall'idea che l'organismo non sia il risultato di istruzioni isolate<sup>222</sup>, ma progressivamente egli integrerà il modello di Waddington con quello della gerarchia complessa di Paul Weiss. Prima di evidenziare questo passaggio, è opportuno focalizzare in cosa consista l'epigenetica inaugurata da Waddington. Essa concerne tutti i fattori che controllano l'espressione genica e i loro prodotti durante lo sviluppo. Egli stesso racconta la sua "genesì": «Some years ago (1947) I introduced the word "epigenetics", derived from the aristotelian word "epigenesis", which had more or less passed into disuse, as a suitable name for the branch of biology which studies the casual interactions between genes and their products which bring the phenotype into being»<sup>223</sup>. Questa, come molte delle innovazioni terminologiche di Waddington ha senz'altro avuto il merito di segnare o almeno avviare una svolta epistemica nelle scienze della vita, sia pur in modo diverso dal percorso tracciato di Waddington. Questo processo epigenetico di sviluppo è stato colto mediante

---

221. J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., p. 193.

222. «In altri termini, mentre il lamarckismo vedeva nel "germen" uno strumento di semplice registrazione delle modificazioni somatiche ai fini della trasmissione ereditaria, mentre il mutazionismo considerava questo genoma come fonte unica della preformazione o delle variazioni casuali, Waddington -dopo Dobzhansky- lo concepisce finalmente come un sistema attivo di "risposte" e di riorganizzazioni che affronta l'ambiente non semplicemente subendolo, ma utilizzando le sue informazioni, invece di ignorarlo o d'imporgli il suo programma. Tale è la novità che offre questo tertium, il quale rappresenta il superamento delle tesi rimaste fino ad oggi antitetiche; per questa ragione si può fin d'ora affermare che le tre correnti dominanti tra le teorie dell'evoluzione sono il lamarckismo, il neodarwinismo e le nuove concezioni che stanno sorgendo dalla cibernetica» J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., p. 134-135.

223. C.H. Waddington, *Evolution of an evolutionist*, op. cit., p. 218.

due immagini molto potenti entrambe denominate "paesaggio epigenetico"<sup>224</sup>, quella della caduta della pallina dall'altopiano corrugato, e quella dei tiranti in rete agganciati a dei picchetti soggiacenti e responsabili dei rilievi dell'altopiano stesso. In entrambi i casi, lo sviluppo associato alla discesa di una biglia attraverso rivoli e canali dell'altopiano, è regolato dall'impatto di eventuali fattori estrinseci come le condizioni ambientali e dai rilievi stabiliti dai legami genetici sottostanti, in modo da produrre vie "canalizzate" che impediscano lo sviluppo di difformità eccessive. Il modello di Waddington sembra così rispondere alle istanze anti-innatiste con cui Piaget a partire dalla fine degli anni '60 si trovava a polemizzare. Ad esempio, in risposta alla provocazione di Bringuier secondo cui nell'embriogenesi vi sarebbe solo una estrinsecazione di ciò che già si possiede a livello genetico, Piaget ricorre proprio al modello dell'embriologo inglese: «Waddington ha chiaramente evidenziato la presenza di un altro sistema, oltre quello genetico, ch'egli chiama sistema epigenetico, da epigenesi, ossia l'idea che l'embrione costruisca qualcosa e che non tutto sia preformato, e il sistema epigenetico presuppone delle interazioni con l'ambiente. Non è una predeterminazione completa»<sup>225</sup>. La grande innovazione di Waddington nel neo-darwinismo consiste infatti, nell'aver compreso che tra lo spazio genetico e quello fenotipico vi è quello epigenetico che rende la relazione genotipo-fenotipo intrinsecamente *indeterminata*. Proprio nel '69 durante il secondo Simposio Internazionale per una "General theoretical biology" Waddington ribadisce che l'errore più grande all'interno del neo-darwinismo è aver cercato una formulazione matematica dei coefficienti di selezione attribuiti ai genotipi e ciò in base a due ragioni: al fatto che la selezione agisce sui fenotipi che si esprimono sulla base di un processo epigenetico e al fatto che nessuna formulazione matematica può realmente funzionare a causa della relazione indeterminata tra genotipo e fenotipo<sup>226</sup>. Ma approfondendo questa intuizione si scorge nel corso del tempo che in linea teorica il sistema genetico rimane un polo inag-

---

224. C. H. Waddington, *The strategy of genes*, Allen and Unwin, London 1957, p. 29 e p. 36.

225. Jean-Claude Bringuier (a cura di), *Intervista su conoscenza e psicologia*, op. cit., p. 48.

226. C. H. Waddington (a cura di), *Towards a theoretical biology. II Sketches*, Edinburgh University Press, Birmingham 1969, pp. 6-7.

girabile della questione, mentre per Piaget l'ampliamento del sistema all'organismo rende i geni fattori interni al sistema stesso e non una soglia potenziale da cui partono i diversi livelli di trasformazione. Waddington afferma che «the general characteristics of the epigenetic space can be described by saying that it contains a number of creods, each of which is defined by the *instructions* in the genotype which interact together to produce a system which moves along a stabilized time trajectory»<sup>227</sup>. Questo significa che la selezione naturale sui fenotipi è comunque basata su una sorta di potenzialità genetica<sup>228</sup>. A questo punto potremmo chiederci quali siano le ricadute di questa posizione rispetto a quella piagetiana. Ritengo che la conseguenza più importante che il modello cibernetico *à la* Waddington comporta rispetto alla prospettiva piagetiana è una diversa attenzione al ruolo attivo dell'organismo e dunque al comportamento. Piaget svincola il comportamento dai geni insistendo sul primato dell'accomodazione sulla mutazione, per Waddington, invece, il comportamento è uno dei fattori della relazione epigenetica che si trova "tra" genotipo e fenotipo ma è intimamente legato al primo. Prova di questa posizione è la valutazione complessiva dell'effetto Baldwin e il confronto che Arthur Koestler suggerisce durante un convegno tra le posizioni dell'embriologo inglese e quelle di Hardy. Sul primo punto Waddington è molto chiaro: «l'acquisizione di una modificazione adattativa in risposta a uno stress ambientale non può, in ordine a tutte le nostre idee fondamentali di genetica, esser semplicemente dovuta ad una plasticità del fenotipo tale per cui il genotipo risulti completamente irrilevante. La modificazione adattativa, come tutti gli altri caratteri dell'animale sviluppato, deve essere espressione delle potenzialità ereditarie di cui era dotato lo zigote. [...] [la selezione organica è] una elucubrazione speculativa fuori del nostro tempo che si dovrebbe lasciar cadere nell'oblio da cui l'hanno tratta Huxley e Simpson»<sup>229</sup>. Waddington ribadisce poco prima

---

227. C. H. Waddington, *The theory of evolution today* in A. Koestler, J. R. Smythies, *Beyond reductivism*, op. cit., p. 366, corsivo mio.

228. Ciò risulta esplicitamente dalla domanda di J. R. Smythies: «So what is being selected is a direct physiological mechanism?» Waddington «Yes, you are selecting a physiological mechanism which is based on genetic potentiality» *ivi*, p. 374.

229. C. H. Waddington, *Evolution of an evolutionist*, op. cit., p. 138-139. Simpson aveva scritto un articolo sul Baldwin effect mentre Huxley ne aveva fatto menzione nel suo saggio *Modern Synthesis*.

che «Baldwin's and Morgan's discussions were, of course, couched in pre-Mendelian language, and it is not entirely easy to see exactly what their meaning would be when translated into terms of our modern concepts. Most of the authors who have referred to the subject recently, however, seem to understand the theory of organic selection to be that organism may be able, by non-genetic mechanism, to adapt themselves to a strange environment, in which they can then persist until such time as random mutation throws up a new allele which will produce the required developmental modification. Natural selection will then increase the frequency of this new allele, so that the developmental modification, which was originally an acquired character, will become an inherited one. The process, if understood in this sense, differs from the notion of genetic assimilation primarily because it considers the initial adaptation to the new environment to be a non genetic phenomenon on which selection has no effect.»<sup>230</sup>. Quanto al secondo aspetto Koestler ricorda a Waddington che per Hardy il primo passo verso la novità evolutiva è l'iniziativa funzionale dell'animale, Waddington dopo aver fatto presente che nel suo modello, le drosophile, vi era poco spazio per la libera iniziativa, replica ridimensionando il comportamento a favore delle mutazioni che possono innescare nuovi adattamenti<sup>231</sup>.

Sulla base di queste considerazioni torniamo alla relazione tra assimilazione genetica e fenocopia. Anzitutto «con l'espressione "assimilazione genetica" -ci dice Waddington- si designa un processo in ordine al quale caratteri originariamente "acquisiti" nel senso convenzionale del termine, possono essere convertiti, a cagione di un processo selettivo, che agisca nella popolazione esaminata per alcune o molte generazioni, in "caratteri ereditari"»<sup>232</sup>. Questo processo si allontana dalla fenocopia la cui proposta teorica, come menzionato sopra, viene immediatamente tacciata di trascurare l'eventualità che sia proprio la variabilità genetica a produrre l'adattamento fisiologico che produce la contrazione. Al contrario, il processo dell'assimilazione genetica sembra basarsi proprio sulla

---

230. C.H. Waddington, *ivi*, pp. 88-89.

231. cfr. A. Koestler, J. R. Smythies, *Beyond the reductivism*, op. cit., p. 387-391.

232. C. H. Waddington, *Evolution of an evolutionist*, op. cit., p. 104.

selezione di tale variabilità a fronte di determinati stress ambientali. Dal suo punto di vista, invece, Piaget ribatte fortemente la necessità di intendersi sulla precedenza o meno del genotipo nella modifica fenotipica: «on a vu Waddington déclarer à propos de nos Limnées qu'avant la sélection il y aurait eu déjà dans le génotype antérieur "beaucoup de gènes tendant à produire le phénotype modifié sous l'influence d'un stress du milieu", ce qui est certes possible, mais si c'était là une condition nécessaire de la convergence entre ce phénotype et le nouveau genotipe dont il s'agit d'expliquer la formation, cette condition ressemblerait un peu trop à la selection appliquée aux mutations aléatoires des néodarwiniens»<sup>233</sup>. Infatti, per Piaget il fenotipo viene *remplacé* da un genotipo che ha accolto la sua influenza in modo indiretto, mediante cioè feedbacks provenienti da una regione in disequilibrio, ma non dipende dalla selezione preliminare di una certa reattività del genotipo che d'altro canto ricorderebbe troppo a Piaget la modalità di spiegazione neo-darwiniana della variazione. In *Adaptation vitale* l'epistemologo ginevrino chiarisce bene il suo punto di vista: « Il problema preliminare è naturalmente di sapere chi ha preceduto l'altro: l'accomodamento o il nuovo genotipo? Ora, la fenocopia non si osserva quasi mai in laboratorio e in natura è difficile stabilire con sicurezza l'ordine di successione cronologico, ciò che però si constata d'abitudine è che la somazione in gioco è più diffusa e frequente, mentre la variazione ereditaria non appare che a tal o tal'altro punto più o meno localizzato, da cui l'ipotesi che essa si sia formata successivamente»<sup>234</sup>. La difesa della priorità dell'accomodazione sulla mutazione avvicina Piaget alla selezione organica di Baldwin che rimane per l'epistemologo ginevrino colui che per primo ha aperto la strada «à une action de l'organisme lui-même sur la canalisation de nouvelles formes héréditaires, et cela en fonction de ses comportements exploratoires»<sup>235</sup>. Certo, come accennato nella prima parte, secondo Piaget il processo di ricostruzione endogena non viene affrontato in modo chiaro dallo psicologo americano il quale sembra oscillare senza grandi motivazioni tra il termine "fissazione" e "rimpiaz-

---

233. J. Piaget, *Le comportement*, op. cit., p.

234. J. Piaget, *L'adaptation vitale*, op. cit., p. 6.

235. J. Piaget, *Le comportement*, p. 13.

zamento"<sup>236</sup> che invece, assumono due funzioni molto diverse nell'ottica piagetiana. La fissazione è infatti un processo empirico di stampo lamarckiano da ritenersi inaccettabile, mentre il rimpiazzamento implica funzionalmente un'equilibratura aggiornata, ovvero un'integrazione e un superamento della perturbazione.

L'importante incontro con Waddington che conduce l'epistemologo svizzero all'epigenetica e all'elaborazione di un sistema epigenetico di sviluppo, viene dunque assimilato "piagetianamente" nel quadro della polemica anti-preformista e radicalizzato. D'altronde, che il comportamento potesse svincolarsi dal piano genetico era un'ipotesi già ammessa senza troppi entusiasmi dai teorici della Sintesi Moderna sul finire degli anni '50. Oltre al già ricordato articolo di Simpson dove si osserva, accanto ai fattori genetici che limitano l'accomodazione, che «in a labile reaction range the particular form taken by a developing organism depends also on interaction with the environment»<sup>237</sup>, anche E. Mayr si spinge a dire «there are at least two different possibilities for the acquisition of a new behavior pattern by a species: 1. the new behavior may have a genetic basis [...]; 2. a new behavior is at first a nongenetic modification of an existing behavior, as a result of learning, conditioning or habituation, and is replaced (by an unknown process) by genetically controlled behavior»<sup>238</sup>. Sembra che lo svuotamento strutturale dei geni che Piaget aveva intrapreso attraverso la critica alla genetica mendeliana in vista di una loro valutazione sul piano funzionale renda progressivamente insensata la distinzione genotipo/fenotipo. Inoltre, tale dinamica funzionale non agisce solo all'interno di se stessa (regolazione genica) ma accoglie influenze esterne di varia natura (citoplasmatiche, comportamentali, ambientali, ...) che non rendono più sostenibile una priorità del

---

236. «Malheureusement si la sélection organique est un facteur positif et à retenir, mais encore à la condition d'y englober les mécanismes sélectifs propres au milieu intérieur, on ne trouve pas chez Baldwin d'interprétation convaincante de ce que l'on décrit aujourd'hui en termes de "remplacement" du phénotype par un génotype, donc de "phénocopie", car l'auteur de la sélection organique en considère les effets non pas comme un remplacement mais bien comme une fixation progressive. A vrai dire, Baldwin paraît hésiter entre les deux interprétations» J. Piaget, *ivi*, p. 39.

237. G.G. Simpson, *The Baldwin effect*, «*Evolution*» 7, 1953, pp. 110-117, p. 116.

238. E. Mayr, *Behavior and Systematics* in G. Simpson, A. Roe (éd. par), *Behavior and evolution*, Yale University Press, London 1958, p.354.

piano genetico, almeno non nella fase sorgiva della variazione creativa. In altre parole, nel ragionamento piagetiano viene meno la piattaforma genetica, l'idea che si parta da una base programmatica e ciò nonostante il peso che l'analisi delle strutture cognitive, a pretesa universale, avevano assunto nei quarant'anni precedenti. Waddington da parte sua, muovendo dall'azione della selezione naturale sui fenotipi, lascia intendere che attraverso la mediazione dello spazio epigenetico si seleziona a sua volta una determinata configurazione di geni, ottimale per l'espressione fenotipica vantaggiosa. Ancora una volta, il piano della discussione verte sulla diversa concettualizzazione del "possibile" che evidentemente per Piaget non può essere concepito come lo spettro di tutti i cambiamenti virtuali di un sistema vivente nel suo ambiente, per quanto non prevedibili. Per questa ragione il *Leitmotiv* piagetiano che si imporrà intorno agli anni '70 sulla scia della riflessione di Weiss, è quello secondo cui non tutti i caratteri di un organismo sono prodotti dal genoma ma tutti i caratteri devono essere compatibili col genoma<sup>239</sup>. In quest'ottica l'organismo può essere concepito come un insieme di livelli la cui dinamica globale può comportare, *solo in alcuni casi*, una retroazione profonda causata da una grande perturbazione in modo da riorganizzare anche la struttura genomica e influire così sul piano filogenetico. Secondo questa posizione vengono contemplati anche i casi di variazione fenotipica che prevedono livelli di retroazione meno profondi e si danno di volta in volta senza un rimpiazzamento ereditario.

### 1.3 L'isolamento piagetiano nella cornice neo-darwiniana

Il posizionamento isolato di Jean Piaget rispetto al pensiero evolutivo degli anni '60-'70 dipende ancora una volta da una attività assimilatoria del tutto personale legata alla grande sintesi epistemologica elaborata in quegli anni. Eppure, in questa fase sembra farsi avanti in Piaget stesso l'esigenza di un dialogo con biologi illustri del suo

---

239. J. Piaget, *Le comportement*, op. cit., cap. III, punto d. A sostegno della tesi esposta in questo paragrafo segnaliamo B. Bocchi, M. Ceruti, *Disordine e costruzione*, Feltrinelli, Milano 1980 cfr. p. 299 e seguenti.

tempo per poter ancorare il progetto di un'epistemologia costruttivista ad una base scientifica solida. Per ricostruire questo aspetto, occorre partire da *Biologie et connaissance* (1967), opera teorica inaugurale di un nuovo ritorno alla biologia. L'ipotesi che vi sia un "parallelismo" di stampo funzionale tra lo sviluppo dell'intelligenza e lo sviluppo organico per cui «i processi cognitivi appaiono nello stesso tempo come la risultante dell'autoregolazione organica di cui riflettono i meccanismi essenziali e come gli organi più differenziati adibiti a questa regolazione nell'ambito delle interazioni con l'esterno»<sup>240</sup> diviene il cuore programmatico di quest'opera. Nell'affrontare questa analogia il modello epigenetico di Waddington assume un grande rilievo essendo lo sviluppo cognitivo quanto quello organico un equilibramento progressivo ottenuto mediante autoregolazioni funzionali che integrano l'influenza ambientale. Non ci soffermeremo sull'analisi dell' "ipotesi di lavoro" di *Biologia e conoscenza*, che a ben vedere rimane inesplorata e confusa anche nella tradizione piagetiana successiva, ma sui processi funzionali che in concomitanza con la svolta dell'"indirizzo di ricerca del CIEG, assumono un ruolo fondamentale per il costruttivismo della proposta teorica piagetiana.

Se, da una parte, la scoperta dell'epigenetica à la Waddington aveva dischiuso la possibilità di pensare l'organismo e il suo sviluppo interattivo con l'ambiente in termini di relazioni retroagenti e circolari, dall'altra la genetica di popolazioni sembra attrarre Piaget verso una nuova possibile semantizzazione della nozione di genotipo in parziale accordo con la lezione dell'embriologo inglese. Come si è cercato di mostrare, la distinzione genotipo/fenotipo che si impone a partire dalla polemica con Roszkowsky, rimane una questione aperta fino alla fine e s'impone a fasi alterne con l'esigenza di essere superata. Già nel 1950, nel terzo volume dell' *Introduction à l'épistémologie génétique*, si ritiene importante insistere sul fatto che «les notions de génotype et de phénotype ne sont pas aussi exactement antithétiques qu'on pourrait le croire et que la détermination d'un génotype suppose un travail de l'esprit bien supérieur à celui qui suffit à la constatation de

---

240. J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., p. 32.

l'existence d'un phénotype»<sup>241</sup>. Questo "lavoro dello spirito" sembra consistere nel cogliere l'invarianza nella molteplicità dei fenotipi e lo sforzo delle modellizzazioni matematiche dei genetisti di popolazione e dei metodi biometrici al servizio delle selezioni artificiali, avevano certamente contribuito a mettere a fuoco questo problema. Tuttavia, a Piaget non interessa cogliere l'invarianza logica della classe tra gli oggetti mutevoli che le afferiscono, l'interesse verso il modello matematico dell'equilibrio reversibile viene infatti meno, come osservato in precedenza. La riflessione si sposta, invece, sul carattere *relazionale* assunto dalla nozione di specie che, libera dai criteri di individuazione mendeliani (caratteri ereditari), mette in crisi la demarcazione tra genotipo e fenotipo e riduce il genotipo ad una nozione astratta-limite riscontrabile solo nell'ottica del *pool*, ossia nell'estensione funzionale di tutti i possibili fenotipi di una determinata popolazione. Sull'onda del modello cibernetico che in Piaget incarna il *tertium* tra lamarckismo e neo-darwinismo, il *pool* diviene la totalità funzionale in cui genoma e regolazione non sono più separabili e fanno tutt'uno con la loro espressione. In questo contesto la genetica di popolazioni diventa per Piaget la branca della biologia molecolare che traduce funzionalmente il genoma in "norma di reazione"<sup>242</sup>, spostando l'attenzione della selezione naturale dalle mutazioni casuali dei geni ai fenotipi. Piaget infatti, afferma che «dopo i progressi della genetica delle popolazioni ci si interessa di più dei fenotipi concepiti come il prodotto di interazioni indissociabili tra il genotipo (o i genotipi mescolati in una popolazione) e l'ambiente. A ciascun genotipo (o a ciascuna popolazione) corrisponde allora una "norma di reazione" che esprime la produzione dei fenotipi possibili che possono derivare da queste linee in funzione della variazione di questa o quella proprietà dell'ambiente»<sup>243</sup>. Ora, sulla base di quanto esposto in precedenza a proposito dello studio dei possibili che, ricordiamolo, si sviluppa poco dopo a partire dagli anni '70, ci si può chiedere se l'appello alla genetica di popolazioni e in particolare alla no-

---

241. J. Piaget, *Introduction à l'épistémologie génétique. La pensée biologique*, vol. III, op. cit. p. 27.

242. La *Reactionnorm* venne elaborata da Woltereck nel 1919 a proposito della ciclomorfosi dei cladoceri (placton d'acqua dolce), ed indicava l'ampio spettro di fenotipi che poteva dar luogo un singolo genotipo.

243. J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., p. 117-118.

zione di "norma di reazione" non costituisca un intralcio all'idea di apertura non prevedibile del sistema. In altre parole, se la norma di reazione diviene l'organo funzionale con cui indagare tutti i possibili fenotipi di una popolazione, non ci troviamo di fronte ad un sistema *virtuale*, dove, cioè, ogni variazione è già compresa nelle possibilità di partenza esattamente come accade per i sistemi regolati dalle condotte  $\gamma$ ? Credo che questo iniziale entusiasmo nei confronti della genetica di popolazione sia dovuto ad almeno due ragioni: la prima è certamente il tentativo da parte di Piaget di inserire la sua ipotesi in un contesto scientificamente adeguato che recuperi in modo autorevole quarant'anni di assenza dalle scene della biologia (non è un caso che egli faccia ricorso a diversi protagonisti più o meno ortodossi dello scenario neo-darwiniano ricercando evidentemente un consenso ampio); la seconda riguarda il legame che tale approccio sembra istituire con l'adozione del modello cibernetico come chiave di lettura dei processi funzionali di regolazione cognitiva e organica che permette alla fenocopia, come adattamento individuale, di estendersi ad un'intera popolazione. Tuttavia, la riflessione sui processi funzionali e sulle equilibrazioni, che pure partono dalla presa in considerazione della genetica di popolazione e del modello di Waddington, non si fermano qui; mi sembra, infatti, che esse vadano successivamente in altra direzione della quale, come vedremo, possono trovarsi delle anticipazioni anche verso la fine del saggio in questione.

Nel 1967 Piaget menziona con entusiasmo i lavori di Waddington accanto a quelli di Rensch, Huxley, Haldane e Dobzhansky<sup>244</sup>, successivamente il ricorso ai teorici della Sintesi Moderna verrà sempre meno. Ciò che persuade Piaget in questa fase è l'approccio trans-individuale incarnato dalla genetica di popolazione e il ricorso al concetto di "apertura" che l'ornitologo B. Rensch chiama in causa a proposito dell'accrescimento delle possibilità adattative<sup>245</sup>. Un problema accennato all'inizio del precedente paragrafo riguardava proprio la trasmissione della variazione creativa di un individuo ad una po-

---

244. Cfr. *ivi*, §8.VI, p. 134 e ss..

245. A questo proposito cfr. J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., §14; J. Piaget, *Adaptation vitale*, op. cit., p. 68; J. Piaget, *Le comportement*, op. cit., p. 33.

popolazione intera. Con il concetto di "popolazione" l'individuo rappresenta esso stesso un *pool*, cioè un sistema la cui caratteristica principale è quella di possedere una "omeostasi genetica" cioè una stabilità dinamica malgrado le numerose e diversificate manifestazioni<sup>246</sup>. Nel rendere conto di come poter concepire il rapporto individuo-popolazione, Piaget distingue tre modalità di cui riconosce valida solo l'ultima, ovvero l'unica in cui il soma non è separato dal genoma. Si tratta della: a) *prospettiva individualista*, secondo cui l'individuo è la vera fonte di tutte le novità e trasformazioni e il gruppo o popolazione non è che la risultante per addizione di queste iniziative individuali;

b) *prospettiva olista* secondo cui tutto avviene a livello della popolazione e l'individuo non ne è che un riflesso parziale e passivo;

c) *prospettiva interazionista* secondo cui l'individuo non è un elemento o punto di partenza indipendente, ma è già una popolazione poiché è la risultante di molteplici interazioni ma anche la sede di questo farsi interattivo, essendo la popolazione un'entità non esistente senza individui. Ora, in una popolazione l'insorgenza di una riequilibrio a seguito di perturbazione dovrebbe produrre una variazione nuova che interessa il pool stesso. Affinchè questo cambiamento funzionale del pool sia possibile bisogna che intervenga la selezione, ma che tipo di selezione? Prima di delineare questo punto, Piaget interviene distinguendo due punti di vista che a mio avviso sono cruciali per comprendere il travaglio teorico della sua nozione di fenocopia.

Piaget distingue il *punto di vista presente* della sopravvivenza e dell'omeostasi genetica e il *punto di vista futuro* che concerne la plasticità del *pool* e l'insieme delle risposte possibili. La distinzione di questi punti di vista impedisce che la plasticità del *pool* possa essere tarata sul grado di omeostasi genetica presente. Se infatti, non vengono dissociati questi aspetti si rischia di ricadere in ciò da cui Piaget si è allontanato con tutte le sue forze, il preformismo. Tra il punto di vista presente e quello futuro c'è l' "apertura", il fatto cioè che un riequilibrio possa estendere in modo innovativo l'omeostasi ge-

---

246. M. Lerner, *Genetic homeostasis*, Oliver and Boyd, Edinburgh 1954. Attraverso questo testo viene ipotizzata una canalizzazione della variabilità che favorisce individui con alleli differenti in un rilevante numero di geni, sostenendo che l'ibridismo sia fonte di maggiore stabilità. Cfr. J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., p. 308.

netica futura. Perché questa estensione si affermi è necessaria l'azione congiunta di due fattori: la selezione naturale sul fenotipo e la selezione interna. Ora, l'azione della selezione naturale su variazioni casuali del *pool* è messa assolutamente fuori gioco<sup>247</sup>, mentre il ruolo della selezione interna o organica prende progressivamente maggiore peso. Dopo aver fatto ricorso a Baldwin e all'interpretazione di Hovasse, di cui si è discusso precedentemente, Piaget menziona *Internal factors in evolution* di Sir Lancelot Whyte<sup>248</sup>, matematico e teorico dei sistemi ordinati. Secondo Whyte la cellula possiede dei meccanismi regolatori in grado di controllare le mutazioni, arginandole, trasformandole o in generale, rendendole compatibili con il sistema. L'attività coordinata dei componenti all'interno degli organismi inaugura un nuovo campo di ricerca che fa anzitutto i conti con il fatto che prima ancora della selezione naturale, occorre che gli organismi possano costituirsi ed essere in equilibrio<sup>249</sup>. La nuova idea "nell'aria"<sup>250</sup>, salutata da alcuni come truismo, mentre da altri come fertile scoperta, concerne il fatto che in aggiunta alla selezione darwiniana, un'altro tipo di processo selettivo ha giocato e gioca un importante ruolo nella determinazione dell'evoluzione delle specie. Oltre alla selezione esterna della Teoria Sintetica, processi di selezione interna possono agire direttamente sulle mutazioni principalmente a livello molecolare non in termini di lotta o competizione, ma in relazione alla capacità del sistema di produrre attività coordinata. I criteri darwiniani di adattamento sulla base di una competizione esterna devono essere così af-

---

247. Innumerevoli i passi in cui Piaget si pronuncia criticamente nei confronti delle variazioni casuali. Si rammenta qui di seguito una delle sue ultime affermazioni in proposito: «Je ne crois pas le moins du monde à l'explication de l'évolution par le hasard et la sélection après coup. Parce que si vous généralisez cette thèse au niveau de la connaissance, cela voudrait dire que les mathématiques tout entières sont des produits de hasard sélectionnés après coup. Autrement dit, les premières réflexions des sujets dans le domaine mathématique, ou si vous voulez le début de la mathématique grecque, ce seraient des coups de hasard: on a retenu ce qui marche et éliminé ce qui ne marche pas, ce qui subordonnerait la science au hasard. Or subordonner la science au hasard, c'est détruire la vérité scientifique» J. Piaget, *Entretien avec G. Voyat*, cit., p. 6.

248. L. Whyte, *Internal factors in evolution*, Tavistock publications, London 1965.

249. «The general conditions which express the possibility of the existence of self-maintaining and reproducing systems had to be met before adaptive evolution could arise; the general fact of organic coordination is, for a theory of organism, a matter prior to changes in the particular mode of coordination» L. Whyte, *Internal factors of evolution*, op. cit., p. 9.

250. *Ivi*, p. XIII.

fiancati ad altri: quelli della buona coordinazione interna. Tale ipotesi ha una ricaduta fondamentale: la possibilità che l'ontogenesi influenzi la filogenesi poiché l'organizzazione nel corso dello sviluppo può influire sui cambiamenti della specie. Infondo, la teoria della selezione organica che si arricchisce dell'ipotesi di Whyte ma anche delle idee di von Bertalanffy<sup>251</sup>, mette al centro la possibilità che un organismo in quanto sistema complesso e ordinato sappia interagire con l'esterno in modo da *integrare* il nuovo secondo le proprie leggi interne e allo stesso tempo *estendere* le sue possibilità. *Integrazione* e *apertura* sono i poli principali con cui interpretare il processo della fenocopia che andrà definendosi in modo sempre più preciso negli anni successivi di pari passo alla teorizzazione dell'influsso del comportamento sull'evoluzione.

Facendo un balzo in avanti, durante il colloquio di Royaumont del 1979, Piaget ha occasione di riferire le sue idee anti-preformiste davanti ad una vera platea di biologi di professione, più precisamente di genetisti. Egli si contrappone alla metafora del programma mediante la strenua difesa dell' "apertura sui nuovi possibili" come condizione per una costruzione reale del vivente, reale significato della fenocopia. L'epistemologo ginevrino ha così a che fare con Jacob, Changeux e Danchin. Antoine Danchin, biologo molecolare tra i più illustri, coartefice della metafora dei geni-alfabeto<sup>252</sup>, afferma chiaramente in una sezione dedicata alla critica sull'impiego del termine fenocopia, che questa «n'est aucunement une construction, mais simplement une réalisation particulière d'un certain programme, selon un déterministe strict: il n'y a ni préformisme ni acquisition, mais seulement expression diachronique»<sup>253</sup>. Più esplicitamente Danchin, schierando Piaget dalla parte di Lyssenko, sostiene che il solo uso possibile della fenocopia sia quello metaforico volto a rappresentare la sua ipotesi costruttivista che misconosce

---

251. Piaget cita frequentemente L. von Bertalanffy nel corso delle sue opere. cfr in particolare L. von Bertalanffy, *Problems of life, An evaluation of modern biological thought*, J.Wiley & Sons, NY 1952 [tr. fr. *Les problèmes de la vie*, Gallimard, Paris 1961]; *General System theory*, George Braziller Inc., NY 1969.

252. A. Danchin, *Une image inattendue de l'identité, l'image alphabétique*, «Nos identités», XXXIVes rencontres internationales de Genève 1993, Editions de la Baconnière, Boudry-Nechâtel 1994, p. 251-285.

253. M. Piattelli Palmarini (a cura di), *Théorie du langage et théorie de l'apprentissage*, op. cit., p. 113.

completamente la nozione di caso e variabilità del genoma. Ugualmente, Jacob fa notare a Piaget che «quand vous dites phénocopie c'est à l'intérieur d'un génotype, vous donnez une petite marge de manœuvre pour la régulation et l'adaptation mais vous avez certainement besoin, pour tous les mécanismes biologiques en tout cas, d'une structure génétiquement déterminée». Ma Piaget risolutamente risponde: «dans le cas des limnées littorales, les milieux agités par le vent et les vagues des grands lacs donnent l'apparition, la formation de nouveaux génotypes de l'espèce, un nouveau génotype..- «phénotype» interrompe Jacob- Non, génotype -replica Piaget- ces limnées contractées qu'on trouve dans les endroits agités restent dans certaines endroits à l'état phénotypique, mais dans les endroits les plus agités du lac, et seulement là, ces sont des variations divenues héréditaires»<sup>254</sup>. Sullo sfondo di questo dibattito, vi è una chiara presa di posizione dell'epistemologo svizzero contro l'idea che una variazione realmente nuova possa essere ricondotta allo stato anteriore determinato da una struttura genetica. Anche Changeux non si sottrae dallo sferrare la medesima provocazione sostenendo che la potenzialità deve essere sempre geneticamente predeterminata<sup>255</sup>, sollecitando come si è visto nella prima parte, la reazione di Piaget contro una "potenzialità" aristotelica «du type "vertu dormitive" et qui n'acquiert de sens qu'à partir du moment où il y a mesures»<sup>256</sup>. Gli attacchi nei riguardi di una delle elaborazioni più importanti del sistema piagetiano, portano il nostro epistemologo a tirare in campo dei sostenitori illustri e autorevoli della sua posizione, guardandosi bene dal citare biologi meno concilianti con il neo-darwinismo come Goldschmidt o Waddington di cui in altri luoghi riconosce costantemente i meriti. «J'ai pris ma définition de la phénocopie -si giustifica Piaget- dans trois sources: Lorenz qui n'est pas un ignorant en génétique, Hovasse dans son chapitre sur l'évolution dans l'encyclopédie de la Pleïade et surtout Mayr qui dans le grand ouvrage collectif *Animal species and evolution* définit la phénocopie comme le remplacement d'un phénotype par un

---

254. *Ivi*, p. 101-102

255. *Ivi*, p. 103.

256. *Ivi*, p. 103. Qui Piaget equipara la potenzialità aristotelica al ragionamento della "virtus dormitiva" utilizzato nel *Malade imaginaire* di Molière, esempio già menzionato da F. Le Dantec, *Les néo-darwiniens et l'hérédité des caractères acquis*, art. cit.

génotype de même forme et déclare que c'est un processus courant mais génétiquement obscur»<sup>257</sup>. Il riferimento a Mayr è evidentemente considerato quello più importante per reclamare una qualche tolleranza nella biologia evoluzionistica. Come si è visto, già in *Behavior and evolution* (1958) Mayr si era espresso favorevolmente, seppur con una certa riluttanza, sulla possibilità che accorgimenti comportamentali e somatici potessero modificare l'organizzazione genetica<sup>258</sup>, e cinque anni dopo, nell'opera menzionata da Piaget, Mayr rimane coerente, lasciando aperta la possibilità di un'integrazione di alcuni processi "eterodossi" con la biologia evoluzionistica della seconda metà del XX secolo<sup>259</sup>.

Nelle osservazioni finali, Piaget fa persino ricorso al concetto di "epigenèse foncitonelle" di P. Changeux per far leva contro l'attitudine di Fodor e Chomsky di considerare l'interazione con l'ambiente il mero innesco di programmi prestabiliti, e ricorda il suo saggio sul comportamento in cui viene allontanata l'ipotesi lamarckiana secondo cui proprio il comportamento sarebbe la risultante delle circostanze esterne, ma sostenuta l'idea che esso costituisca l'espressione di un «costant besoin de dépassement» in quanto estensione dell'ambiente e accrescimento dei poteri dell'organismo. Nonostante la forza di queste osservazioni e l'insistenza con la quale Piaget cerca di smarcarsi dal lamarckismo la sua proposta rimane isolata, almeno fino agli anni '80.

---

257. *Ibidem*.

258. «There are at least two different possibilities for the acquisition of a new behavior pattern by a species: 1. the new behavior may have a genetic basis [...]; 2. A new behavior is at first a nongenetic modification of an existing behavior, as a result of learning, conditioning or habituation, and is replaced (by an unknown process) by genetically controlled behavior.», E. Mayr, *Behavior and Systematics* in G.Simpson, A, Roe (ed.by), *Behavior and evolution*, op. cit., p. 354.

259. cfr. F. Aqueci, *Ordine e trasformazione. Morale, mente, discorso in Piaget*, Bonanno Editore, Acireale-Roma 2003.

## 1.4 La fenocopia in questione

Se l'attacco di Danchin alla fenocopia piagetiana aveva ricondotto il vivente all'espressione di tre principali aspetti: 1) il programma, ovvero i vincoli genetici; 2) lo stato iniziale del sistema, cioè il contesto in cui tale programma si esprime e 3) la realizzazione particolare del programma secondo lo sviluppo individuale<sup>260</sup>, molti altri contributi nel corso degli anni '80 e '90 cercheranno di smontare questa tesi. Prima di affrontare la parte *construens* della storia, bisogna tener presente che molte autorevoli critiche sono state mosse al concetto di fenocopia piagetiano. Tra queste quella di S. Oyama<sup>261</sup> secondo la quale, Jean Piaget, nella sua ammirevole impresa di sintesi, non avrebbe mantenuto fermo il proposito di andare fino in fondo ad un costruttivismo interazionista, ma avrebbe ceduto alla classica dicotomia interno/esterno optando per un «internalismo eccessivo». Secondo Oyama mediante il modello della fenocopia, ovvero l'interazione con l'esterno ricostruita per via endogena, si ripropone la dicotomia da cui essa intendeva sfuggire, la distinzione fenotipo/genotipo e ciò al fine di cogliere l'analogia con il funzionamento assimilatorio dell'intelligenza. Citando a suo sostegno le considerazioni di B. Goodwin e T. Johnston, la studiosa si chiede se ci sia effettivamente bisogno di ipotizzare un sistema che addomestichi il caso e lo sottometta ad una struttura interna, come la fenocopia sembrerebbe proporre. Secondo la recensione di T.D. Johnston a *Behavior and evolution*, traduzione inglese di *Le comportement, moteur de l'évolution*, Piaget non solo non fornisce una teoria evolutiva convincente che integri il ruolo dello sviluppo e del comportamento, ma soprattutto è in errore nel fornire la relazione comportamento-genoma supponendo un'arbitraria distinzione del primo dal secondo<sup>262</sup>. B.

---

260. Cfr. A. Danchin, *Note critique sur l'emploi du terme phénocopie* in M. Piattelli Palmarini (a cura di), *Théorie du langage et théorie de l'apprentissage*, op. cit., pp. 109-113.

261. S. Oyama, *Penser l'évolution: l'intégration du contexte dans l'étude de la phylogénèse, de l'ontogénèse et de la cognition* in «Intellectica» 1993, pp. 133-150 [tr. it. Pensare l'evoluzione. L'integrazione del contesto nell'ontogenesi, nella filogenesi, nella cognizione in M. Ceruti (a cura di), *Evoluzione e conoscenza*, Lubrina, Milano 1992, pp. 47-60].

262. «According to current theory in developmental genetics, differentiation proceeds by selective

Goodwin a sua volta, considera superfluo l'appello ad un meccanismo come quello della fenocopia che medi la relazione comportamento-filogenesi, ritenendo sufficiente lasciare l'organismo alle sue dinamiche contingenti, sia esterne che interne, sotto l'azione stabilizzatrice della selezione naturale. Per Goodwin la fenocopia, infatti, non è un processo necessario, mentre lo è l'inserimento piagetiano dell'attività dell'organismo tra caso e selezione. Ora, sia la critica di Oyama che quella di Goodwin non tengono conto del percorso critico che conduce Piaget al modello della fenocopia. Dalla polemica con Roszkowsky, a quella nei riguardi del neo-darwinismo delle variazioni casuali fino all'opposizione alla genetica del "caso e della necessità", Piaget non intende negare la dimensione genetica, ma ammetterne un cambiamento *reale* grazie all'attività degli organismi nel loro ambiente e nel compiere questo passaggio presuppone un'azione dialettica interno/esterno che riflette la dinamica assimilazione/accomodamento. In altre parole, quando la studiosa afferma che in un interazionismo maturo non vi è bisogno di «smorzare la contingenza ambientale di un adattamento puramente 'esterno', presupponendo una copia generata per via endogena» dimentica a. che tale processo viene ammesso da Piaget, ma non in tutti i casi, non presentandosi sempre -come invece accade nel caso della fenocopia- una trasmissione ereditaria della modificazione; b. che l'intenzione di Piaget è mostrare come il sistema genetico *si evolva esso stesso* mediante una modificazione reale del suo assetto grazie all'interazione organismo-ambiente. Non sembra pertanto, che l'analisi piagetiana resti legata ad una demarcazione interno/esterno o fenotipo/genotipo, ma al contrario che ne suggerisca un ripensamento sia pur sulla base di un utilizzo dei strumenti terminologici e concettuali da riformare.

La critica di Johnston, invece, sembra andare in direzione di altre interpretazioni come quella di B.K. Hall secondo cui «there is no evidence that the environment generates or that epigenetics replicates heritable variation, but ample evidence that both selectively evoke existing genetic variability»<sup>263</sup>. Anche S. T. Parker sulla scia di questa critica

---

activation and/or deactivation of parts of genome (see Caplan & Ordahl, 1978) and it is possible though, so far as I know, undemonstrated that behavior may play a role in this process», T. Johnston, *review Behavior and evolution*, «Developmental psychobiology», 12/6, 1979, pp. 633-637, p. 636.

263. B.K. Hall, *Epigenetics: regulation not replication*, «Journal of evolutionary biology», 1998, pp.

all'ereditarietà epigenetica che si andrebbe profilando mediante la fenocopia afferma: «Piaget's phenocopy model is incompatible with what is now known about the processes of heredity and evolution. In particular, it suggests that the central misinterpretation in his phenocopy model and similar formulations lies in the notion that the feedback loops operating between genes and environment in somatic cells also occur in germ line cells, allowing organisms to inherit adaptive environmental responses of their parents. As described, Piaget's notion of hereditary adaptive modification of genes during development has not been supported»<sup>264</sup>. Fin qui dunque, eccetto la critica di Oyama e Goodwin, le altre sembrano tutte convergere nell'impossibilità che la soluzione piagetiana possa avere una qualche pertinenza nel campo dei processi molecolari dell'ereditarietà. Eppure, a partire dalla prospettiva di Lewontin secondo cui gli organismi sono entità responsabili del loro stesso sviluppo<sup>265</sup>, è possibile indagare in modo nuovo la relazione ereditarietà, ambiente, sviluppo. Lo zoologo e psicologo Gilbert Gottlieb nell'evidenziare l'inter-relazione tra eredità, sviluppo individuale e evoluzione della specie, ha proposto alla fine degli anni '90 nel campo dello sviluppo neuronale una distinzione tra epigenesi predeterminata e epigenesi probabilistica<sup>266</sup>. Quest'ultima, a differenza della prima, implica che l'ontogenesi non è determinata da fattori di crescita o differenziazione neuronale né dall'attività dei geni, piuttosto essa implica una bidirezionalità struttura-funzione in modo che possano essere ammessi tra di esse reciproci effetti volti alla costruzione dello sviluppo. Ogni sistema vivente, infatti, funziona costruendosi e innescando continuamente cambiamenti a doppio senso. Nel saggio *Individual de-*

---

201-205, p. 202.

264. Sue Taylor Parker, *Piaget's phenocopy model revisited: a brief history of ideas about the origins of adaptative genetic variations*, in S. T. Parker, S. J. Langer, C. Milbrath (a cura di), *Biology and knowledge revisited*, Lawrence Erlbaum associates publishers, London 2005, pp. 33-86, p. 34.

265. «Organisms do not adapt to their environment; they construct them out of the bits and pieces of the external world» R. Lewontin, *Gene, organism and environment* in S. Oyama, P. Griffith, R.D. Gray, *Cycles of contingency*, MIT Press, Cambridge 2001, pp. 59-66, p. 64.

266. G. Gottlieb, *A developmental psychobiological systems view: early formulation and current status* in S. Oyama, P. Griffith, R.D. Gray, *Cycles of contingency*, op. cit., pp. 41-54; G. Gottlieb, *Normally occurring environmental and behavioral influences on gene activity: from central dogma to probabilistic epigenesis*, «Psychological review» 105, 1998, pp. 792-802.

*velopment and evolution* (1992) Gottlieb propone un modello di sistema gerarchicamente organizzato nel quale ogni componente influenza ed è influenzata dalle altre situate a livelli più alti e più bassi che comprendono agli estremi geni e ambiente, «the newer conception is one of a totally interrelated, fully coactional system in which the activity of the genes themselves can be affected through the cytoplasm of the cell by events originating at any other level in the system, including the external environment»<sup>267</sup>. I processi citoplasmatici diventano una delle spiegazioni più plausibili della diversità dell'espressione proteica nelle cellule e nei tessuti o della differenziazione cellulare *tout court*. Uno degli esperimenti più importanti che mostrano l'influenza del citoplasma sull'espressione genica è quello di Mae-Wan-Ho<sup>268</sup> (1983) ispirato all'esperimento di Waddington nel quale embrioni di moscerini della frutta sono esposti all'etere per un certo periodo nella loro prima fase di sviluppo comportando un paio di ali extra (fenotipo *bithorax*)<sup>269</sup>. Dopo sei generazioni sottoposte a etere, le femmine modificate venivano fatte incrociare con esemplari maschi di controllo in cui, cioè, non compariva la modificazione e esemplari femmine di controllo venivano fatte incrociare con maschi sottoposti a modificazione. Poiché le alterazioni citoplasmatiche sono trasmissibili per via materna, solo il primo gruppo avrebbe dovuto trasmettere alla prole il fenotipo *bithorax* se effettivamente la causa di tale cambiamento è contenuta nelle alterazioni citoplasmatiche. I risultati hanno provato la natura citoplasmatica ereditaria dell'effetto. L'importanza della tesi di Mae-Wan Ho si iscrive nel più generale tentativo avviato negli anni '80 di andare oltre il neo-darwinismo. Insieme a T. Saunders, la biologa raccoglie infatti, una serie di interventi volti a misurare il ruolo dell'epigenetica nello sviluppo e nell'evoluzione. Il testo a cui si sta facendo allusione, *Beyond neo-darwinism*, è significativamente introdotto da J. Needham, padre insieme a Woodger, Waddington e molti altri scienziati, di quel movimento antiriduzionista degli anni '30, il *Theoretical*

---

267. G. Gottlieb, *Individual development and evolution. The genesis of novel behavior*, Oxford University Press, NY 1992, p. 145.

268. Ho MW, Saunders PT, Bolton E., *Bithorax phenocopy and pattern formation. I e II*, «Exp Cell Biol.», 51, 1983, pp. 282- 290 e 291-9.

269. C. H. Waddington, *Genetic assimilation of the bithorax phenotype*, «Evolution», 10, 1956, pp. 1-13.

*biology club*, da cui prese avvio l'idea di una biologia integrata<sup>270</sup>. Nel 1981 insieme ai lavori di Mae-Wan-Ho, anche Ryuichi Matusuda<sup>271</sup> propone un fenomeno di assimilazione genetica per spiegare il processo evolutivo negli anfipodi. Anfipodi e salamandre che presentano neotenia in condizioni climatiche alterate, testimoniano da una parte l'induzione ecologica dei cambiamenti strutturali che risultano dall'attività modificata del meccanismo endocrino precedente, dall'altra l'azione della selezione naturale che promuove la canalizzazione dello sviluppo e l'assimilazione genetica del fenotipo neotenco.

In generale, a partire dagli anni '80 si moltiplicano le sperimentazioni volte a recuperare fenomeni come fenocopia e assimilazione genetica e si guarda con attenzione a quei processi di natura epigenetica che cominciavano a riquilibrare il significato stesso di questo medesimo concetto come i contributi di Robin Holliday e Maynard Smith, oltre a quelli di E. Jablonka e M. Lamb, mettono in luce.

Infatti, con gli esperimenti di Robin Holliday l'epigenetica si trasforma.

Se, a partire dagli anni '50 essa designa espressione genica differenziata e regolazione soprattutto in relazione alla biologia dello sviluppo, successivamente passa ad indicare lo studio dei cambiamenti della funzione genica, meioticamente e mitoticamente ereditabili, che non possono essere spiegati dalle modificazioni nella sequenza del Dna. Holliday insieme a Pughs e Riggs<sup>272</sup> si occupa dei fenomeni di memoria cellulare legati alla metilazione della citosina e in particolare alla trasmissione dei schemi metilici responsabili del silenziamento genico. Ben presto, però, l'epigenetica passa a designare non solo i processi legati all'ereditarietà mitotica di cellule differenziate, ma in generale un'eredità nucleare non basata sui cambiamenti della sequenza del Dna<sup>273</sup>. Maynard Smith si

---

270. cfr Mae-Wan Ho, P. Saunders (a cura di), *Beyond neo-darwinism. An introduction to the new evolutionary paradigm*, Academic Press, Inc., London 1984.

271. R. Matsuda, *The evolutionary process in talitrid amphipods and salamander in changing environments, with a discussion of "genetic assimilation" and some other evolutionary concepts*, «Can. J. Zool.», 60, 1981, pp. 733-749.

272. Cfr, E. Jablonka, M. Lamb, *The changing concept of epigenetics*, «Ann. NY Acad. Sci.» 981, 2002, pp. 82-96.

273. Cfr R. Holliday, *A different kind of inheritance*, «Scientific American» 260, 1989, pp. 60-76; R.

pronuncia favorevolmente sulla possibilità di un'ereditarietà alternativa a quella genetica. Egli accoglie la proposta di Jablonka e Lamb<sup>274</sup> secondo cui l'ereditarietà epigenetica nella linea germinale implicherebbe l'induzione di cambiamenti da parte di fattori ambientali menzionando il caso del *Linum* il cui trattamento fertilizzante produce degli effetti che possono essere trasmessi attraverso i semi nella generazione successiva anche in assenza del medesimo trattamento<sup>275</sup>. Prima di comprendere quali conseguenze questo tipo di approccio può avere nei confronti della teoria evolutiva, vediamo come con questo ritorno alla biologia Piaget vada verso un ampliamento ulteriore del concetto di ereditarietà.

### 1.5 Dall'*hérédité générale* all' *hérédité extra-nucleaire*

Il vero rompicapo della fenocopia, in parte responsabile della resistenza teorica nei suoi confronti, è come il nuovo accomodamento possa *non* dipendere dalla dimensione genetica. La priorità dell'accomodamento sulla mutazione significa infatti per Piaget, ammettere che un nuovo adattamento non concepibile come una delle possibilità del genoma, sia in grado di sollecitare delle reazioni compensatrici volte a modificare il genoma stesso. Se, infatti, la nuova variazione fosse solo una possibilità compresa, ma non ancora realizzata, della dimensione genetica, come potrebbe quest'ultima *realmente* modificarsi?

Ciò che negli anni '70 rimane poco chiaro in ordine alle idee più diffuse di genetica è la possibilità che il fenotipo non sia un prodotto del genoma. Waddington apre la via ad una sua pensabilità in termini di relazione epigenetica (epigenotipo) ma, allo stesso tempo, come osservato a proposito della critica alla fenocopia piagetiana, continua a mantenere ferma l'idea che la variabilità genetica sia la fonte della diversa capacità di contra-

---

Holliday, *Epigenetics: a historical overview*, «Epigenetics», 1, 2006, pp. 76-80.

274. Cfr. JABLONKA, E. & LAMB, M. J. (1989). *J. theor. Biol.* 139, 69-84.

275. J. Maynard Smith, *Models of a dual inheritance system*, «J. Theor. Biol.», 143, 1990, pp. 41-53.

zione della conchiglia. Sotto il profilo teorico Piaget compie un passo in più che, a prescindere dalla sua spendibilità sperimentale sulle chioccioline, è importante per estendere la pensabilità della variazione costruttiva o, altrimenti detto, l'idea che un comportamento inedito possa poter influenzare un percorso evolutivo. Già in una nota al saggio del '67 vengono menzionati con grande entusiasmo i "beaux travaux" di Jacob e Monod sull'*Escherichia coli* attraverso cui, afferma Piaget, gli studiosi «dopo aver provocato una modificazione dell'ambiente, hanno dimostrato l'esistenza di interazioni tra il citoplasma e il genoma, interazioni che possono essere osservate fin nei minimi particolari nella produzione degli enzimi e che si manifestano sia attraverso effetti induttori sugli operons sia con azioni di repressione sui regolatori»<sup>276</sup>. Questa scoperta insieme alla menzione di altri fattori come le azioni ormonali sui meccanismi genetici, conducono a questa importante osservazione: «Un campo in cui il legame tra il citoplasma e il genoma dovrà certamente essere ammesso presto o tardi, e proprio sul terreno delle strutture ereditarie, è quello dell'eredità extra-nucleare, la quale interessa tra l'altro le fibre e i pigmenti e il senso dell'orientamento del guscio dei gasteropodi [...]. Si attribuisce questo tipo di ereditarietà a "plasmageni" termine ancora molto oscuro e che più che risolvere il problema gli fornisce un nome [...]. Che si parli o no di plasmageni, esiste dunque una eredità citoplasmatica ed essa è modificabile per opera dell'ambiente (eredità della sensibilità alle tossine, perdita di pigmentazione, ecc..). Ora è difficile sostenere che non esistono interazioni tra questi "plasmageni" e il genoma e che non esiste un adattamento reciproco tra i due sistemi genetici. In breve, il problema fondamentale rimane quello di comprendere in che modo si è evoluto il sistema genetico [...]. Poiché i sistemi epigenetici sono in parte (ma solamente in parte) determinati dal sistema genetico in senso lato, perché escludere che esistano azioni di ritorno dei primi sul secondo dal momento che si ragiona non più in termini di causalità lineare e a senso unico, ma in termini di circuiti cibernetici?»<sup>277</sup>

---

276. J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., p. 325.

277. *Ibidem*.

La proposta di Piaget va verso una questione fondamentale: l'evoluzione del genoma stesso e dunque l'ampliamento della sua plasticità ammettendo in modo molto esplicito nel '67 che i sistemi epigenetici sono *solo in parte* determinati dal sistema genetico.

Rispetto all' "eredità generale" menzionata nel 1929, il ritorno piagetiano alla biologia verso la fine degli anni '60 sembra tentare un passaggio ulteriore. Non si tratta più di riconoscere un piano generale e ereditario della regolazione e dell'organizzazione delle forme viventi, poiché funzione e struttura vengono ad integrarsi dialetticamente in un unico atto; piuttosto, occorre comprendere in che modo le modificazioni delle porzioni del genoma possano aver luogo in seguito ai riequilibramenti verificatisi in funzione dei feedbacks che intervengono con l'acquisizione di nuovi comportamenti e adattamenti alle mutate condizioni ambientali non dipendenti dal genoma. Gli eventi citoplasmatici sono una delle spiegazioni che consentono a Piaget di uscire dal genoma come fonte e risultante dei processi genetici. Si tratta di un'apertura. E di un avvicinamento all'organizzazione poliedrica e multilivello del vivente.

Così, se l'eredità generale rimane il "verso" imprescindibile dell'eredità speciale, ovvero il funzionamento responsabile della conservazione della struttura stessa nel suo intrinseco dinamismo (regolazione), l'eredità extra nucleare è un ponte tra i riequilibramenti dovuti al comportamento e la modificazione della conservazione del genoma. Ancora in una nota Piaget significativamente fa ricorso alle ricerche del botanico e genetista Verne Grant. In particolare egli cita il caso delle alghe Eugleni (flagellati) portatori di clorofilla, i quali dopo un periodo di tempo trascorso nell'oscurità presentano una diminuzione di cloroplasti dovuta al loro non uso che viene ereditata dai loro discendenti, suggerendo che in questo caso genotipo e fenotipo possano coincidere. Dalla lettura di questo caso e dalla considerazione dell'effetto Baldwin discussa dallo stesso Grant, Piaget trae il seguente sviluppo: «Per parte nostra, trarremo le seguenti conclusioni: 1) in certi casi il genotipo in quanto "coincidente con il fenotipo", è direttamente informato del problema posto dall'ambiente e può dunque "rispondere" direttamente con una regolazione o una compensazione appropriate, effettuate naturalmente utilizzando le proprie risorse, ma aggiustate alla situazione; 2) niente impedisce in linea di principio che la

stessa cosa si verifichi per i geni del nucleo, quando la loro azione (nella produzione dell'Rna) si trova rafforzata o inibita dal fatto che progressivamente, a partire dalla periferia somatica, l'Rna viene modificato per cause esterne»<sup>278</sup>.

Questa proposta lascerebbe intendere che per Piaget già sul finire degli anni '60 l'ereditarietà non coincide più con il genoma contenuto nel nucleo cellulare, ma si estende ad una serie di processi ed eventi citoplasmatici che risultano più sensibili alle modificazioni ambientali.

Nella prima conclusione l'ereditarietà si estende a tal punto da implicare un totale disinnescamento della distinzione fenotipo/genotipo, nella seconda si ammette l'influenza di fattori somatici sull'espressione genetica. Entrambe le osservazioni, mi sembra, ci portino dalla parte dell'epigenetica attuale, o almeno verso le sue frontiere di pensabilità .

## 2.

### Modelli complessi e ampliamento dell'ereditarietà

L'organizzazione biologica e in particolare l'analisi del rapporto parti-tutto, sottosistema-sistema nella dinamica complessiva dell'organizzazione stessa ha influenzato profondamente l'epistemologia piagetiana degli ultimi anni sollecitando un tema caro a Piaget fin dalla *Recherche*, sua opera giovanile. Nell'approccio del biologo austriaco Paul Weiss i livelli dell'organizzazione vivente sono dotati di una dinamica reticolare e non di semplici insiemi di catene causali rigidamente programmate. Weiss accoglie la lezione del suo collega von Bertalanffy contro l'identificazione dei sistemi complessi con i metodi e le concettualizzazioni della cibernetica. Il modello retroattivo della cibernetica è solo un tipo di sistema autoregolato e il fatto che tali sistemi retroattivi siano presenti nel mondo biologico non dovrebbe far propendere per una identificazione *tout court* di tali sistemi con il vivente. I modelli cibernetici hanno a che fare con meccanismi strutturati, come il sensore del termostato, in grado di contro-bilanciare una situa-

---

278. J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., nota 1 pp. 320-321.

zione critica. I sistemi complessi, al contrario, non sono autoregolati mediante strutture ma mediante interazione di forze. Quindi, se nei processi fisici prevale la causalità lineare e in quelli cibernetici la causalità circolare mediante circuiti di retroazione, nei sistemi viventi, invece, è l'interazione dinamica tra molte variabili a costituire la loro cifra funzionale. Polemizzando contro la cibernetica che aveva fatto della retroazione la base del comportamento teleologico, von Bertalanffy insiste sulla distinzione tra retroazione e regolazione sostenendo che lo schema retroattivo è un processo particolare a cui si aggiungono diverse regolazioni di altra natura nell'organismo vivente. Infatti, le regolazioni primarie degli organismi sono inizialmente equipotenziali per cui ogni parte può svolgere diverse funzioni, poi, progressivamente, l'organizzazione e la gerarchia che si costituiscono spontaneamente in rapporto all'ambiente creano vincoli o dispositivi di feedbacks per rendere il sistema più efficiente rompendo l'originaria equipotenzialità. Un sistema può dunque attivamente passare da uno stato inferiore ad uno di tipo superiore per mezzo delle sue interazioni dinamiche mentre il feedback è reattivo, raggiunge una forma migliore mediante introduzione di informazione. Nei sistemi complessi la regolazione è un libero interagire di forze che tendono ad un equilibrio e in questo interagire si costituiscono le proprietà fondamentali di eterogeneità funzionale e strutturale delle parti e di apertura. Un sistema aperto scambia energia e/o materia con l'esterno, questo flusso modifica nel tempo le caratteristiche e le finalità del sistema e permette il passaggio dalla interazione dinamica alle regolazioni retroattive secondarie. Un sistema chiuso come quello di tipo meccanico, conosce una sola fase di organizzazione mentre un sistema aperto passa per stadi qualitativamente distinti, inoltre nei sistemi chiusi l'ordine è reversibile, mentre in quelli aperti lo stato stazionario non è mai reversibile, non consente cioè di risalire alle condizioni iniziali e procede storicamente conservando tutte le "transizioni critiche" che hanno caratterizzato il suo percorso e qualche volta prodotto delle discontinuità qualitative di rilievo. Pertanto nessun essere vivente, ram-

memorando le parole di Alcmeone di Crotona, può ricongiungere il suo inizio alla sua fine<sup>279</sup>, tantomeno le specie.

La flessibilità nell'accogliere le perturbazioni esterne in un quadro coerente e la creazione di novità strutturali diventano i requisiti principali del comportamento vivente.

Dalla prospettiva adottata fin qui, è evidente che la stessa ereditarietà organica, la cui traccia segna la storia evolutiva, non possa confinarsi nei soli meccanismi genici, sia pur funzionali. I fenotipi di cui si è discusso già in riferimento alle "variazioni fluttuanti" di Roszkowski, non sono prodotti dei geni né vengono fuori dall'azione ambientale, piuttosto provengono dagli interi organismi e dunque da questi sistemi complessi che comprendono i geni come uno dei livelli della loro organizzazione. A sostegno di questa posizione ricordiamo una notazione di Scott Gilbert «It is important to remember that phenotypes come not from the environment (or from the genes), but from the organisms»<sup>280</sup>.

## 2.1 Il modello ecologico di Paul Alfred Weiss

Tra i saggi piagetiani, quello che si esprime in modo più critico nei riguardi di Waddington, pur riconoscendone innumerevoli meriti, è *Le comportement, moteur de l'évolution* (1976). In questa stessa opera viene costantemente richiamato il contributo del biologo P.A. Weiss, teorico dei sistemi complessi. Formatosi nell'ambiente viennese degli anni '20, Weiss ottiene importanti riconoscimenti dal laboratorio di biologia sperimentale inaugurato da Leo Prizibram nel 1903. All'interno di questo centro di ricerca, il *Prater Vivarium*, (che meriterebbe un approfondimento a sè) la prospettiva di una biologia sistemica che si avvalga di un'indagine sul vivente da molteplici punti di vista, diviene la lente privilegiata con cui osservare la natura. Una volta allontanati gli indirizzi vitalistici e meccanicistici nelle loro più variegate declinazioni, i ricercatori del Prater

---

279. cfr. *Infra* parte seconda, nota 163.

280. Scott F. Gilbert, D. Epel, *Ecological developmental biology*, Sinauer Associates, Inc. Massachusetts 2009, p. 376.

Vivarium tra cui L. von Bertalanffy e la particolare figura di P. Kammerer<sup>281</sup>, sostengono un'idea attiva e costruttiva degli organismi nel corso dello sviluppo e Weiss ne è profondamente influenzato<sup>282</sup>. In un momento in cui lo studio delle condotte animali era dominato dal "meccanismo atomistico" di Jacques Loeb per cui tutte le condotte elementari sono un tropismo e tutti i comportamenti complessi un incatenamento di tali reazioni, Weiss intraprende in totale controtendenza la sua tesi di dottorato sul comportamento delle farfalle della specie *Vanessa* (1922)<sup>283</sup>. Secondo il tropismo i fattori esterni, come ad esempio la luce, potevano avere un effetto causale diretto sui movimenti animali. Pur riconoscendo la possibilità che in certi casi si possa presentare un incatenamento lineare di movimenti coordinati secondo un ordine necessario di successione, Weiss contesta la generalità di questa disposizione e dimostra mediante l'analisi del comportamento delle farfalle che i fattori in gioco nella scelta dei loro stati di riposo possono essere interpretati come risposte legate all'insieme delle condotte coordinate in un sistema. In altre parole, è in virtù del sistema in quanto totalità unitaria e della sua dinamica globale, che si esplicano le reazioni comportamentali<sup>284</sup>. Proprio di un sistema è anzitutto la capacità di rispondere ad un'alterazione esogena attraverso una reazione endogena che ripristini uno stato d'equilibrio. Una vanessa in situazione di riposo attraversa diverse fasi: dapprima si osserva un movimento verso l'alto che prevede un arrampicamento se la superficie è ruvida oppure un approssimarsi in volo se la superficie è invece liscia; successivamente, essa si gira a semicerchio fino ad posizionare la testa in basso; infine attua un aggiustamento in direzione della luce per cui il corpo è orienta-

---

281. cfr. A. Koestler, *The case of midwife toad*, Hutchinson, London 1971.

282. D. Drack, W. Apfalter, D. Pouvreau, *On the making of a system theory of life: Paul A. Weiss and L. von Bertalanffy's conceptual connection*, «Q. Rev. Biol.» 82, 2007, pp. 349-373.

283. Tanto per inciso, J. Loeb e il suo pensiero hanno contribuito a sostenere il programma di sovvenzioni della Rockefeller Foundation alla biologia molecolare tra gli anni '20 e '50 cfr. Kay Lily E., *The molecular vision of life: Caltech, the Rockefeller Foundation and the rise of the new biology*, Oxford University Press, Oxford 1993.

284. Questo orientamento porta agli studi fondati sull'idea che l'osservazione di fenomeni fisici come il magnetismo possa far luce sulle più complesse dinamiche di organizzazione dello sviluppo. Non ci occuperemo di questa deriva importante del pensiero di Weiss attenendoci agli studi teorici noti a Piaget. Un rimando obbligato a tale sviluppo è contenuto in P.A. Weiss, *Morphodynamik*, Bornträger, Berlino 1926.

to verso di essa. Queste reazioni alla luce non si registrano subito dopo la schiusa ma si stabiliscono progressivamente con una sorta di consolidamento mnestico. Se la luce e la gravità implicano orientamenti differenti, la posizione della farfalla però non sarà la risultante della diagonale del parallelogramma dei vettori delle forze in gioco. Alla posizione finale della farfalla contribuisce anche la memoria delle esperienze precedenti. Con questo studio, il biologo austriaco intendeva dimostrare come le reazioni in caso di perturbazioni sono lontane dall'essere semplici sottomissioni alle condizioni meccaniche dell'ambiente, ma sono legate ad una dinamica globale di una struttura in interazione con l'ambiente e con i diversi livelli interni<sup>285</sup>. In un articolo del 1960 sul carattere biologico della conoscenza scientifica<sup>286</sup>, si sostiene che la comprensione razionale non risulta dall'accumulo di fatti, paragonati ad "alimenti" da assimilare, quanto piuttosto da una messa in relazione. I fatti principali da tener presente riguardano: 1) la dinamica globale senza della quale la molteplicità di elementi che una struttura può mettere in relazione costituirebbe un chaos; 2) le ristrutturazioni reversibili che dominano il flusso di tale dinamica; 3) le compensazioni dinamiche che arginano il rischio di compromettere il sistema a causa della perdita di elementi. Lo stesso sistema nervoso centrale viene preso a modello di questa teoria, ma ciascun livello dell'organismo vivente a partire dalla cellula, si caratterizza per essere una totalità sede di dinamiche globali che integrano e orientano le parti. In questa prospettiva ciascuna unità discreta è embricata in un sistema di riferimento organizzato di cui essa è elemento costitutivo ma allo stesso tempo da cui subisce di ritorno la dinamica globale. Lo studio delle dinamiche globali proprie dei "sistemi polivalenti" come quelli biologici in quanto sistemi impegnati in molteplici livelli eterogenei d'interconnessione, mostra chiaramente a Weiss l'illusione più grande del neo-darwinismo, ovvero l'idea che i geni siano la fonte dell'orga-

---

285. Durante la conferenza in onore dell'80° compleanno di Piaget, Weiss ricordando la sua tesi di dottorato sulle farfalle ricorda che «le loro condotte, e in particolare la scelta di uno stato di riposo, sono subordinate a una struttura di "sistema", totalità unitaria in funzione della quale si esplicano le reazioni, anche in caso di incatenamento lineare», B. Inhelder, R. Garcia, J. Vonèche, *Epistémologie et équilibre*, op. cit., p. 44.

286. Cfr «Proceeding of the american philos. soc.», 104, 1960, pp. 242-247.

nizzazione di un sistema di sviluppo<sup>287</sup>. Si suppone invece, che i geni partecipino alla dinamica globale del tutto. Il fatto che l'organizzazione non consista in una trasmissione d'ordine ma in una formazione di nuovi livelli interconnessi è espresso chiaramente in questo brano di Weiss tratto dal saggio *Le concept fondamental de système hiérarchique*: «pendant plus d'un demi-siècle, je me suis penché avec assiduité sur les phénomènes et sur les problèmes de la morphogenèse; par l'intermédiaire des organes, des tissus, des cellules et des composants cellulaires, je suis passé sans arrêt des organismes au niveau moléculaire, et vice versa; j'ai été incapable de trouver le moyen, libre de tout préjugé, de tirer de mes études une description complète et réaliste des processus de développement sans faire appel à un concept dualiste, selon lequel les unités discrètes (molécules, ensembles macro-moléculaires, cellules ou groupe de cellules) sont imbriquées dans un système de référence organisé, dont elles sont les éléments constitutifs mais dont elles subissent en retour la dynamique globale»<sup>288</sup>. Ciò che interessa a Piaget non è solo il fatto che i geni non offrono una spiegazione sufficiente dell'organizzazione globale del vivente, ma soprattutto questa idea di interconnessione tra livelli differenti che egli aveva ben compreso a partire dal passaggio dal modello probabilista di equilibrio (1957) a quello biologico dell'equilibrato (1975). Weiss infatti ritiene che i geni non abbiano dato alcuna risposta definitiva al problema dell'organizzazione dello sviluppo, poiché essi non generano ordine ma sono convertitori indispensabili che danno la possibilità ad un ordine di manifestarsi<sup>289</sup>. Approfondendo il comportamento dei costituenti nella cellula, Weiss coglie nell'ecologia l'analogia più adeguata per esprimere il suo quadro teorico. Infatti, ogni livello interagente con un altro produce vincoli reciproci che rendono coordinata l'attività complessiva del sistema, il quale pertanto, «is a rather circumscribed complex of relatively bounded phenomena, which, within those bounds, retains a relatively stationary pattern of structure in space or of sequential configuration in time in spite of a high degree of variability in the details of distribution

---

287. Cfr. P.A. Weiss, *L'Archipel scientifique*, Maloine Editeur, Paris 1974, p. 205.

288. P. Weiss, *ivi*, p. 117.

289. *Ivi*, p. 114 e 118.

and interrelations among its constituent units of lower order»<sup>290</sup>. La complessità del sistema non è data dal numero indefinito di interazioni possibili tra i suoi costituenti, ovvero da una dinamica additiva, ma dal livello di integrazione delle parti che produce dinamiche stabili e necessarie affinché l'organismo non si disgreghi e non si divida in ulteriori unità, mantenendo la possibilità che il sistema possa trasformarsi. Un corpo vivo è dunque un corpo che ricorda il procedere della scienza ecologica, mentre un sistema inerte assomiglia al metodo seguito dalla tassonomia, un aggregato di caratteri<sup>291</sup>. Così, la complessità legata indissolubilmente alla nostra organizzazione, già a partire dal livello cellulare, assomiglia all'organizzazione degli esseri viventi sulla terra che, occupando nicchie specifiche composte da mutue relazioni, s'influenzano l'un l'altro senza un meccanismo diretto. Il risultato è che il tutto si tiene e si conserva mentre le parti mutano continuamente. In questo modo l'organizzazione di molteplici elementi come nel caso della cellula, costituisce un'ecologia molecolare che trascende la biochimica delle reazioni isolate «et cela pour la même raison qu'un poème, ni même un simple message, ne pourra jamais sortir de mots péchés au hasard dans un dictionnaire»<sup>292</sup>. In questa ottica Weiss parla di determinismo stratificato da opporre alle visioni microdeterministiche di natura laplaciana. Nessuna mappatura delle relazioni causali tra i costituenti, ammesso sia possibile tracciarla, può restituire l'immagine del sistema né può fornirne una previsione<sup>293</sup>. Piuttosto, secondo Weiss, è possibile evidenziare i vincoli tra i livelli gerarchici che, per l'appunto, hanno una dimensione stratificata in modo da comprendere, ma non prevedere, l'integrazione funzionale dell'unità organica.

---

290. P. Weiss, *The living system: determinism stratified* in A. Koestler, Smythies, *Beyond the reductivism*, op. cit. p. 11-12.

291. P. Weiss, *The living system: determinism stratified*, art. cit.

292. *Ivi*, p. 120.

293. Molto vicina la prospettiva del "rientro" teorizzata da G. Edelman. Cfr. tra le varie letture G. Edelman, *Bright, Air, Brillinat Fire: on the Matter of Mind*, Basic Books, NY 1992; trad. it. *Sulla Materia della mente*, Adelphi, Milano 1993 e G. Edelman, G. Tononi, *A Universe of Consciousness. How matter becomes imagination*, Basic Books, NY, 2001; trad. it. *Un universo di Coscienza. Come la materia diventa immaginazione*, Einaudi, Torino 2000.

L'indagine sul vivente che emerge dagli studi integrati di G. Longo, M. Montévil, F. Bailly, S.A. Kaufmann, M. Buiatti et al., ha evidenziato questa impossibilità di descrivere matematicamente le traiettorie del bios inaugurando nuovi strumenti concettuali e terminologici che, forse, possono essere avvicinati alla costruzione teorica di Weiss. Le ricerche inquadrare nella teoria dello spazio delle fasi fisiche ha contribuito a cogliere nel vivente uno status fisico peculiare dato dal fatto che l'organismo trasformando gli ambienti mentre trasforma se stesso, pur mantenendosi stabile, passa attraverso continui "cambiamenti di simmetria" da cui ne vien fuori il fatto che ogni sua possibilità di sviluppo non è altro che il risultato di una *impredicibile* sequenza di simmetrie in rottura che non possono essere descritte matematicamente. La "criticità estesa"<sup>294</sup> dell'organico in quanto stato in costante equilibrato costituisce la caratteristica principale degli esseri viventi rispetto ai sistemi fisici. Ora, in assenza di uno spazio pre-determinato di possibilità, anche il caso assume un rilievo peculiare in biologia non essendo riconducibile ad un qualche calcolo probabilistico. Il caso in biologia viene indicato come "bio-risonanza"<sup>295</sup>, ovvero come un'interazione tra livelli eterogenei di organizzazione, ciascuno con una propria possibile forma di determinazione, che comportano dinamiche non-lineari generatrici di variabilità. L'interazione tra i diversi livelli gerarchici in Weiss può allora essere avvicinata all'idea di "bio-risonanza", sottolineando allo stesso tempo due principali dinamiche soggiacenti a questo procedere: quella stabilizzante e quella destabilizzante. Infatti, sia la conservazione della coerenza globale del sistema sia la sua trasformazione secondo discontinuità qualitativa sono garantite dal medesimo intrigo di interazioni multi-livello. Le conseguenze di tale prospettiva convergono anche sul fronte dell'ereditarietà estesa ed extra-nucleare che abbiamo cercato di tracciare fin qui. Infatti, l'aumento della variabilità innescata dalle interrelazioni delle costituenti orga-

---

294. G. Longo and M. Montévil. 2011a. From physics to biology by extending criticality and symmetry breakings. *Systems Biology and Cancer, Progress in Biophysics and Molecular Biology* 106 (2): 340 – 347. issn: 0079-6107, doi:10.1016/j.pbiomolbio.2011.03.005; F. Bailly, G. Longo, *Mathématiques et sciences de la nature*, Hermann, Paris 2006.

295. Cfr. M. Buiatti, M. Buiatti, *Chance vs necessity in living systems: a false antinomy* in «Biology Forum» 101, 2008, pp. 29-66; G. Longo, M. Buiatti, *Randomness and Multi-levels interactions in biology*, arXiv:1104.1110 [q-bio.OT]

niche, può modificare a sua volta l'ampiezza e il tasso della variazione ereditaria. Ad esempio, fattori di stress legati alle condizioni esterne dell'organismo possono influenzare il comportamento dei trasposoni nel Dna provocando modificazioni dell'espressione genica dovute alla de-metilizzazione di alcune aree, oppure possono influenzare il controllo neuro-endocrino modificando sensibilmente lo sviluppo ontogenetico come il caso dell'addomesticamento delle volpi bianche del "piccolo principe" della biologia, Belyaev, ha mostrato.<sup>296</sup>

## 2.2 L'estensione dell'ereditarietà nelle prospettive epigenetiche attuali.

### Ripensare insieme eredità e plasticità

Un problema cruciale che la tradizione francofona in particolare, si trova ad affrontare in campo biologico è quello di conciliare la plasticità degli organismi con la trasmissione ereditaria dei caratteri. Gli studi sull'ambiente interno degli organismi e sulla loro "responsività" alle condizioni esterne a lungo non si integrano con le ricerche sulla trasmissione ereditaria degli adattamenti individuali, recependo questo secondo piano della ricerca come un sostanziale irrigidimento della dimensione plastica del vivente<sup>297</sup>. Sullo stesso tono molte delle critiche rivolte ai processi di assimilazione genetica e fenocopia<sup>298</sup> ma, a ben vedere, il tentativo piagetiano che in questo lavoro si è tentato di recu-

---

296. In occasione del XIV congresso di genetica a Mosca (1978), il genetista D. Belyaev può finalmente riferire dei suoi esperimenti sulla domesticazione della volpe argentata. Attraverso la raccolta dei suoi dati, il biologo russo mostra come vi sia un aumento di variabilità nella domesticazione dovuta alle alterazioni del funzionamento neuro-endocrino e alla sua influenza sulla regolazione genica. Il ruolo dello stress viene associato all'azione della selezione "destabilizzante", quella cioè che, a differenza della selezione stabilizzante di Schmalhausen non stabilizza il fenotipo in condizioni ambientali stabili, ma produce indirettamente cambiamenti discontinui nell'espressione genetica. Cfr. D. Belyaev, *Destabilizing selection as a factor in domestication*, «Journal of heredity», 70, 1979, pp. 301-308; D. Belyaev, *The influence of stress on variation and its role in evolution*, «Biologische Zentralblatt», 100, 1982, pp. 705-714.

297. Su questo aspetto cfr. L. Loison, *The notions of plasticity and heredity among french Neolamarckians (1880-1940): from complementarity to incompatibility*, in E. Jablonka, S.N. Gissis, *Transformations of Lamarckism*, MIT Press, NY, 2011, pp. 67-76. La Francia di C. Bernard introdurrà molto lentamente lo studio della genetica. Cfr. Denis Buican, *Histoire de la génétique et de l'évolutionisme en France*, Puf, Paris 1984.

298. Cfr. G. de Jong, *Evolution of phenotypic plasticity: patterns of plasticity and the emergence of ecotypes*, «New phytol.» 166, 2005, pp. 101-118.

perare all'interno della cornice più vasta del pluralismo evolutivo, non irrigidisce la dimensione adattativa del vivente attraverso una sua ricomprensione nella sfera ereditaria, piuttosto ne prospetta una dialettica che implica una costante, 'spiraliforme', apertura di quest'ultima. Il ponte tra ontogenesi e filogenesi o, se si preferisce, tra sviluppo e evoluzione, si avvale di una teoria dell'ereditarietà che finalmente concili plasticità e eredità, unendo ai vincoli strutturali della specie le incursioni creative degli organismi mediante un intreccio di interazioni a diversi livelli che rendono la loro storia irreversibile e mutevole. Questo tipo di approccio si approssima alle ricerche attuali sulle dimensioni ereditarie la cui storia è segnata da battaglie teoriche e terminologiche molto profonde.

Prima del 1953 i geni venivano definiti come unità operative dell'ereditarietà senza che il Dna con la sua struttura e la sua composizione avesse fatto ancora il suo ingresso sulla scena della biologia molecolare. Allo stesso tempo, negli anni '30, una corrente persistente di biologi, tra cui Waddington, insiste sullo studio dell'ereditarietà "soft" dalla stabilità generazionalmente più fragile ma più aperta alle influenze dell'ambiente rispetto a quella "hard" sotto cui si annoveravano i cosiddetti caratteri ereditari invariati, non influenzabili da cause esterne. Dopo la scoperta della macromolecola dell'ereditarietà, le sequenze nucleotidiche e la corsa alla loro decodifica assumono un ruolo predominante, marcando il volto più ortodosso del neo-darwinismo, quello della ricombinazione genica e delle mutazioni casuali. Ora, la comprensione del processo epigenetico dello sviluppo che si è imposto con gli studi di Schmalhausen e Waddington, pur sempre contributi distinguibili nel *main stream* della Sintesi Moderna, ha inaugurato una progressiva inversione di tendenza: dall'idea che l'abilità di modificare il fenotipo dipenda essa stessa dal controllo genetico<sup>299</sup> all'idea che la stessa "norma di reazione" è modificata dal fenotipo e dunque da fattori non dipendenti strettamente dai geni. Questo rappresenta il primo passo verso un'apertura della dimensione ereditaria che si accompagna ad una nuova sfida: a partire dall'intrinseca indeterminabilità delle

---

299.Cfr. ad esempio E. Mayr, *Animal Species and Evolution*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge 1973, p. 611.

traiettorie interne dell'organismo vivente, come è possibile immaginare un piano di integrazione coerente delle variazioni adattative nel corso della filogenesi senza adottare l'ottica del fondamento (il Dna-codice)? In altre parole, si pone il problema di come immaginare un piano dell'eredità compatibile con il dinamismo dei processi costruttivi del vivente.

L'espressione genica differenziata e la regolazione dello sviluppo sono state le chiavi principali con cui ampliare il discorso sui geni negli anni '50. Piaget si trova completamente immerso in questo clima, ma l'orientamento delle sue ricerche finali non si limiterà a ribadire il piano ereditario degli schemi funzionali responsabili della coerenza e dell'unità dei piani del vivente, ma cercherà di interpellare anche una possibile estensione extra-genetica di tale piano.

Proprio negli anni '80, l'epigenetica comincia a rinnovarsi designando secondo la definizione di Hall riportata da Jablonka: «la somma di fattori genetici e non genetici che agiscono oltre la cellula per controllare selettivamente l'espressione del gene che produce una complessità fenotipica crescente durante lo sviluppo»<sup>300</sup>. Progressivamente l'epigenetica restringe, o affina, il suo significato indicando: «lo studio dei cambiamenti meioticamente o mitoticamente ereditabili nella funzione genica che non possono essere spiegati dai cambiamenti nella sequenza del Dna»<sup>301</sup>. Negli anni '90 i lavori di Holliday, a cui si è alluso precedentemente, segnano l'inizio di un'epigenetica non più legata alla sola interazione sviluppo-espressione genica, ma anche all'ereditarietà come "informazione extra-nucleica"<sup>302</sup>. Sulla stessa lunghezza d'onda, le biologhe E. Jablonka e M. Lamb criticano l'organizzazione vivente in termini di "accumulo di informazione"<sup>303</sup> e rivalutano i processi funzionali globali che non traferiscono alcun contenuto

---

300. B.K. Hall, *Evolutionary developmental biology*, Kluwer Academy Publishing, Dordrecht 1992; E. Jablonka, M. Lamb, *The changing concept of epigenetics*, «Ann. NY Acad. Sci.», 981, 2002, pp. 82-96.

301. E. Jablonka, M. Lamb, *ivi*, p. 87. Qui le studiose si riferiscono alla definizione presente in RUSSO, V.E.A., R.A. MARTIENSSEN & A.D. RIGGS (a cura di) *Epigenetic Mechanisms of Gene Regulation*, Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York 1996.

302. Cfr. J. Lederberg, *The meaning of epigenetics*, «The Scientist» 15, 2001, p. 6.

303. E. Jablonka, *Information: its interpretation, its inheritance and its sharing*, «Philosophy of science», 69, 2002, pp. 578-605, cfr anche P. Weiss, *L'archipel scientifique*, op. cit., pp. 115 e ss..

preesistente ma lo creano mediante un'interazione multi-livello. Con i loro studi la dimensione ereditaria dei processi epigenetici viene dimostrata a livello cellulare e viene ribadita la loro relativa indipendenza dalle sequenze genetiche<sup>304</sup>. La loro ricerca comporta due implicazioni principali: a. la progressiva scomparsa della distinzione genotipo/fenotipo e b. il fatto che ad individui con medesima dotazione genica possa accadere di acquisire e trasmettere tratti completamente nuovi senza modificare il genoma, un vero rompicapo per il concetto di specie mendeliano di Roszkowski! I risultati più numerosi nello studio dell'epigenetica ereditaria riguardano la differenziazione cellulare, e vengono distinti quattro processi fondamentali di tale ereditarietà: 1. *Inheritance through self-sustaining loops*, sistemi metabolici che producono e conservano degli schemi di attività genetica; 2. *structural inheritance*, trasmissione dell'architettura cellulare a cui ha notevolmente contribuito lo studio della sindrome della "mucca pazza"; 3. *chromatin-marking inheritance*, per cui la cromatina, materia del Dna, Rna e molecole associate, può marcare in differenti modi i suoi componenti alterandone l'attività (es. metilazione); 4. *ARN interference*, che porta alla degradazione o alla diminuzione della traduzione dei geni. La ricerca sulla trasmissibilità delle strategie epigenetiche ha mostrato la conservazione transgenerazionale dei fenotipi soprattutto a livello cellulare, tuttavia non mancano casi di trasmissione 3) e 4) su organismi pluricellulari. In questo senso l'ereditarietà non è più la sola trasmissione di una "partitura", ma la conservazione dell' "esecuzione musicale" che a sua volta interferisce sulla partitura stessa. L'ereditarietà non è più "lettere" ma "operazioni", e sul tasso di estensione di tale ereditarietà nel vivente Jablonka osserva: «this question is often raised, and the answer, based upon the data we have accumulated, is that it may be ubiquitous»<sup>305</sup>.

---

304. E. Jablonka, G. Raz, *Transgenerational epigenetic inheritance: prevalence, mechanism and implications for the study of heredity and evolution*, «Quarterly review of biology», 84/2, 2009, pp. 131-176; E. Jablonka, M. Lamb, *Evolution in four dimensions*, MIT Press, NY 2005 [tr. it. *Evoluzione in quattro dimensioni*, Utet, Torino ].

305. E. Jablonka, G. Raz, *Transgenerational epigenetic inheritance: prevalence, mechanism and implications for the study of heredity and evolution*, art. cit., p. 138; cfr. anche E. Jablonka, *Cellular epigenetic inheritance in the twenty-first century* in E. Jablonka, S. B. Gissis, *Transformations of Lamarckism*, op. cit..

Percorrere fino in fondo questa strada comporta pertanto un ripensamento della distinzione genotipo/fenotipo, ricercando una sintesi ulteriore che non tenda a cristallizzare la plasticità in una rigida 'iscrizione' ereditaria, ma ne potenzi gli sviluppi in quanto articolazione di un possibile che ne genera altri. Anche nell'articolazione dell'attività ereditaria, allora, assimilazione e accomodamento continuano la loro instancabile 'danza'<sup>306</sup> e fanno sì che il vivente e l'uomo in particolare, perfino sulla scala profonda dell'evoluzione, continuino a costruire se stessi, costruendo il mondo. Ora, il modello esplicativo dell'ereditarietà se veramente vuole integrare creatività e legalità, plasticità e trasmissibilità in modo che la prima segni la trasformazione e l'estensione possibile della seconda, deve contemplare vincoli<sup>307</sup>. I vincoli reciproci che in un sistema si correlano sulla base dell'interazione interna sono opportunità di innovazione e non una trama da cui quest'ultima può essere dedotta. Ecco che la cornice teorica del giovane Piaget, quella ostinatamente anti-preformista, lascia aperta la strada a questa nuova comprensione dell'ereditarietà sulla base della profonda consapevolezza del carattere "inconcluso" di ogni sistema vivente e del bisogno di porre un piano di coerenza per coglierne le "interferenze" creative e far in modo che esse lascino traccia.

---

306. Termine usato da M. Ceruti, *La danza che crea*, op. cit..

307. Cfr. M. Ceruti, *Il vincolo e la possibilità*, Feltrinelli, Milano 1986 ma anche la lezione di E. Garroni, *Creatività* in Enciclopedia Einaudi, 1978, vol.4, pp. 25-99 ripubbl. in Quodlibet, Macerata 2010.

## Conclusioni

La priorità dell'attività organica interna come forma di organizzazione imprescindibile per l'azione di qualsiasi meccanismo di selezione esterna, si è posta spesso come principale elemento qualificante di un qualsiasi sistema biologico<sup>308</sup>. Questa attività che già Aristotele individuava nel vivere come dinamica fondamentale del *bios*, fa da sfondo all'attività di equilibratura maggiorante che Piaget individua nella sua fenocopia. Infatti, ogni cambiamento evolutivo presuppone una trama coerente di relazioni su cui esso possa realizzarsi, in un parola un *ordine*. Questo piano del discorso contribuisce ad inserire Piaget, suo malgrado, nell'alveo del materialismo dialettico, ovvero in quell'ambito del pensiero che pone al centro l'idea di trasformazione e l'origine del qualitativamente nuovo<sup>309</sup>. Infatti, l'integrazione della perturbazione in una dinamica di relazioni a più livelli ne comporta inevitabilmente un'estensione che non solo consente al sistema di conservarsi ma addirittura di modificarsi andando a colmare la lacuna evidenziatasi con il disequilibrio precedente. Questo processo, che non ha una chiusura definitiva, si ripercuote anche sul processo ereditario che, a fronte della riflessione sui possibili, non può essere ridotto ad un piano programmatico come ad una sorta di garante dell'ordine dato una volta per tutte, essendo inerente alla vita una dimensione contingente. Se l'evoluzione comporta la trasmissione ereditaria dei cambiamenti dello sviluppo occorre che il piano coerente di un vivente possa modificarsi e che tale modificazione possa in-

---

308. Come ricorda Scott F. Gilbert una delle maggiori differenze tra un organismo e una macchina è che a quest'ultima è richiesto di funzionare una volta costruita mentre ogni animale deve poter funzionare mentre si costruisce. Cfr. S.F. Gilbert, *Developmental biology*, Sinauer Associates, Inc., Massachusetts 2010, p. 1.

309. Se da una parte è possibile leggere una presa di distanza di Piaget dall'atteggiamento della psicologia marxista incarnato da H. Wallon, dall'altra Piaget non si pronuncia esplicitamente sulla sua vicinanza ai concetti del filone organicista sviluppatosi nell'Inghilterra degli anni '30 ma il suo lessico è certamente figlio di questa atmosfera culturale.

tegrarsi nella storia della specie. Ora, l'intrinseca imperfezione o incompiutezza di qualsiasi conoscenza o adattamento riflette questo stato di apertura dinamica *senza fondamento* che viene fuori non solo dalle ricerche sperimentali sulla *limnaea stagnalis* e sul *sedum*, ma soprattutto dai suoi studi sui processi funzionali (equilibrazione) che orientano le ricerche del CIEG dopo la prima metà degli anni '70. Infatti, le strutture che fino ad allora avevano costituito l'oggetto principale dell'indagine piagetiana sotto il profilo della loro formazione e coerenza, vengono interpellate alla luce della loro modificazione grazie all'esercizio delle procedure (che non a caso costituiranno in quanto *cheminements des découvertes*, l'oggetto delle ricerche psicologiche successive della principale collaboratrice di Piaget: B. Inhelder). Sul fronte biologico l'equilibrazione maggiorante si identifica con il processo della fenocopia, la cui principale rivendicazione rispetto all'assimilazione genetica *à la* Waddington è la priorità di un adattamento extra-genetico che poi verrebbe rimpiazzato dalla dinamica interna dei geni da esso modificata, arrivando ad essere ricostituito nelle generazioni successive.

Con questi studi Piaget si inserisce nell'alveo di coloro che hanno cercato di definire la peculiare forma di ordine insita nel vivente badando bene a non farne una semplice sequenza di processi ma, un dinamismo capace non solo di ricondurre la perturbazione al noto ma anche di far nascere qualcosa di nuovo. In questo senso il campo della probabilità si rivela inadeguato per accedere all'apertura sui nuovi possibili. Non si tratta infatti di cogliere la dimensione potenziale di un certo adattamento a partire da condizioni date come se queste, da sole, secondo un'ottica *ex post*, possano veramente spiegare ciò che si è realizzato. A Piaget interessa il momento genetico del nuovo e perché questo possa trovare un qualche spazio di riflessione, egli fa fuori l'idea che il nuovo sia un semplice prodotto di combinazioni del già dato, una probabilità. L'idea del programma insomma, non gli andava a genio neanche quando andava di moda e al problema della formazione di piani strutturali coerenti e intersoggettivi attraverso l'autoregolazione si affianca presto l'esigenza di riconsiderare l'eredità come una faccenda dinamica in corso che pur rispettando i vincoli, possa essa stessa modificarsi in modo da poter dar conto dell'evoluzione di forme viventi e conoscenze nuove. Se è vero che in linea di

principio l'intelligenza tende a realizzarsi secondo una completa reversibilità capace di assorbire qualsiasi perturbazione in uno stato d'equilibrio<sup>310</sup>, di fatto essa come ogni forma di adattamento risponde ad una dinamica di equilibratura costante che non raggiunge mai un equilibrio definitivo. In questo senso l'epigenetica come forma di ereditarietà che va oltre i geni è essa stessa un'apertura dovuta all'integrazione dell'influenza degli ambienti con cui gli organismi interagiscono. Piaget chiama questa dimensione dell'ereditarietà *extra-nucleare* attribuendo ancora una volta alla dimensione spaziale un ruolo di prim'ordine nella definizione dei concetti. E' al di fuori del nucleo, ovvero del cerchio contenente la macromolecola di Dna, che Piaget cerca la dinamica spiraleforme dell'ereditarietà poiché questa deve poter contemplare per la sua stessa evoluzione perturbazioni esterne e non ridursi ad una serie di variazioni virtuali di un medesimo tema. In queste pagine si è cercato di evidenziare come l'incidenza della critica al preformismo vitalista e all'empirismo presenti nella polemica con Roszkowski facciano da sfondo all'elaborazione dei "possibili in divenire" verso la fine degli anni '60. Non a caso in questo stesso momento Piaget tenta di trasporre questi studi sulla biologia molecolare a lui nota, sostenendo che l'assetto cromosomico non può che costituire uno tra i livelli del vivente e non la sua "assiomatica". L'interazione globale dei piani gerarchici del vivente che l'epistemologo ginevrino mutua dal modello ecologico *à la* Weiss, fa saltare definitivamente la concettualizzazione del Dna come codice e rimette al centro la riflessione sulla sua estensione e evoluzione.

In questo modo l'invarianza funzionale del vivente e la novità a cui essa può accedere si richiamano l'un l'altro nel farsi dell'evoluzione. Quando Piaget fa appello ai "plasmageni" nel 1967 ha in mente il fatto che il genoma è una parte mutevole della stessa dinamica dello sviluppo e che esso stesso va compreso alla luce dell'organizzazione della cellula intera fino ad arrivare all'organismo nella dialettica interno/esterno. Questa visione rompe quella che ai tempi di Piaget era la tradizionale distinzione tra genotipo e

---

310.J. Piaget, *La psychologie de l'intelligence*, A. Colin, Paris 1947 [tr. it. *La psicologia dell'intelligenza*, Editrice Universitaria, Firenze 1954, p. 20]

fenotipo, poichè se nessun assetto genetico è di per se responsabile di qualcosa senza un ambiente d'interazione, la stessa idea di genotipo si va progressivamente svuotando. Come ci ricorda Gould «punti di vista più fecondi richiedono spesso che, per sottrarci alla dicotomia, usciamo decisamente dalla linea»<sup>311</sup>. Su questa strada un repertorio di tutti i fenotipi possibili a partire da un genotipo dato rimane una questione mal posta poiché schiacciata su un ragionamento a senso unico. Infatti, ribadendo quanto osservato da Piaget «Poiché i sistemi epigenetici sono in parte (ma solamente in parte) determinati dal sistema genetico in senso lato, perché escludere che esistano azioni di ritorno dei primi sul secondo dal momento che si ragiona non più in termini di causalità lineare e a senso unico, ma in termini di circuiti cibernetici?»<sup>312</sup>

Se il piano funzionale assume sempre più rilievo nell'espressione dei nostri processi costitutivi al punto che i sistemi epigenetici possono influire anche sul piano ereditario da cui essi solo *in parte* dipendono, la distinzione "bidimensionale" tra fenotipo e genotipo si perde dietro alla totalità dell'organismo che nello scorrere delle generazioni modifica i propri vincoli aprendo a nuovi possibili adattamenti.

---

311. S. J. Gould, *Wonderful life*, Norton, New York 1989 [tr. it. *La vita è meravigliosa*, Feltrinelli, Milano 1990, p. 47].

312. J. Piaget, *Biologia e conoscenza*, op. cit., p. 325.

## Bibliografia

Opere di JEAN PIAGET:

-*Un moineau albinos*, «Le rameau de sapin», 41, 1907, p. 36

-*Les récents dragages malacologique de le Prof. Emile Yung dans le lac Lemán*, «Journal de conchyliologie», 60, 1912, p. 205-232

-*Nouveaux dragages malacologiques de M. le Prof. Yung dans la faune profonde du Léman*, «Zoologischer Anzeiger», 42/5, 1913, pp. 216-223

-*L'espèce mendelienne a-t-elle une valeur absolue?*, «Zoologischer Anzeiger», 44/7, 1914, pp. 328-331

-*Notes sur la biologie des Limnées abyssales*, «Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie. Biologisches Supplement», 6, 1914, p. 1-15

-*Recherche*, La Concorde, Lausanne 1918

-*Introduction à la malacologie valaisanne*, F. Aymon, Sion 1921

-*Psychologie et critique de la connaissance*, «Archives de psychologie» 1925, 19, pp. 193-210

-*Logique génétique et sociologie*, «Revue philosophique de la France et de l'étranger», 105/53, 1928, pp. 168-205

-*Un problème d'hérédité chez la limnée des étangs: appel aux malacologistes et aux amateurs en conchyliologie*, «Bulletin de la société zoologique de France», 53, 1928, pp. 13-18

-*L'adaptation de la Limnaea stagnalis aux milieux lacustres de la Suisse romande: étude biometrique et génétique*, «Revue suisse de zoologie», 36/17, 1929, p. 263-531

- Les races lacustres de la "Limnaea stagnalis" L.: recherches sur les rapports de l'adaptation héréditaire avec le milieu*, «Bulletin biologique de la France et de la Belgique», 63/3, 1929, p. 424-455
- La naissance de l'intelligence chez l'enfant*, Delachaux et Niestlé, Paris 1936 [tr. it. *La nascita dell'intelligenza nel fanciullo*, Giunti, Firenze 1992]
- La psychologie de l'intelligence*, A. Colin, Paris 1947 [tr. it. *La psicologia dell'intelligenza*, Editrice Universitaria, Firenze 1954]
- L'introduction de l'épistémologie génétique. La pensée physique*, Puf, Paris 1950
- L'introduction de l'épistémologie génétique. La pensée biologique sociologique et*, Puf, Paris 1950
- Logique et équilibre*, II.EEG, Puf, Paris 1957
- Les modèles abstraits sont-ils opposés aux interprétations psycho-physiologiques dans l'explication en psychologie? Esquisse d'autobiographie intellectuelle*, «Bulletin de psychologie», 13, 1959, pp. 7-13
- Notes sur des Limnaea stagnalis L. var. lacustris stud. élevées dans une mare du plateau Vadois*, «Revue suisse de zoologie», 72/38, 1965, pp. 769-787
- Autobiographie*, «Cahiers Vilfredo Pareto: revue européenne des sciences sociales», vol. 18, 1966, pp 129-159.
- Observations sur le mode d'insertion et la chute des rameaux secondaires chez les Sedum*, «Candollea», 1/21, 1966, pp. 137-239
- Biologie et connaissance*, Gallimard, Paris 1967; 2° ed. Delachaux et Niestlé, Lausanne 1992 [tr. it. *Biologia e conoscenza*, Einaudi, Torino 1983]
- Le structuralisme*, Puf, Paris 1968 [*Lo strutturalismo*, Il Saggiatore, Milano 1994]
- Sagesse et Illusions de la Philosophie*, PUF, Paris, 1965 [tr. it. *Saggezza e Illusioni della Filosofia*, Einaudi, Torino 1969]
- L'épistémologie génétique*, Puf, Paris 1970 [tr. it. *L'epistemologia genetica*, Laterza, Roma-Bari 1971]
- Examen critique des thèses de Jacques Monod. Hasard et dialectique en épistémologie biologique*, «Sciences: revue de la civilisation scientifique», 71, 1971, pp. 29-36

- Genetic Epistemology*, Columbia University Press, NY-London, 1971 [tr.it. Conferenze sulla Epistemologia genetica, Armando, Roma, 1972]
- Adaptations vitale et psychologie de l'intelligence. Sélection organique et Phénocopie*, Hermann, Paris 1974.
- L'équilibration des structures cognitives*, XXXIII EEG, Puf, Paris 1975 [tr. it. L'equilibrage delle strutture cognitive, Bollati Boringhieri, Torino 1981]
- Le comportement, moteur de l'évolution*, Gallimard, Paris 1976
- Le possible, l'impossible et le nécessaire*, «Archives de psychologie», 44, 1976, pp. 281-299
- Essai sur la nécessité*, «Archives de psychologie», 45, 1977, pp. 235-251
- Phenocopy in biology and the Psychological development of knowledge* in VONECHE J.J., GRUBER H.E. (a cura di), *The essential Piaget*, , Routledge and Kegan Paul, London 1977
- Remarques finales* in *Théories du langage, théories de l'apprentissage*, Piattelli-Palmari ni M. (a cura di), Editions du Seuil, Paris 1979, pp. 506-512
- Transcription révisée de l'entretien de Jean Piaget avec Gilbert Voyat et Bärbel Inhelder*, réalisée par les soins de la Fondation Jean Piaget pour recherches psychologiques et épistémologiques (1980)
- The constructivist approach: recent studies in genetic epistemology*, «Cahiers de la fondation J. Piaget», 1, 1980, pp. 1-7
- Le possible et le nécessaire*, Puf, Paris 1981-1983
- Creativity in The learning theory of Piaget and Inhelder*, GALLAGHER J.M. (a cura di) Brooks Cole, Monterey 1981, pp. 221-229
- Reflections on Baldwin, interview conducted by J.J. Vonèche* in *The cognitive-developmental psychology of J.M. Baldwin*, BROUGHTON J.M. (a cura di), Abelx Publishing, New York 1982, pp. 80-82
- La vanité de la nomenclature: un manuscrit inédit de Jean Piaget*, «History and philosophy of the life sciences», 6, 1984, pp. 75-106.

Altre Opere:

ARISTOTELE

- *Fisica*, RUGGIU L. (a cura di), Mimesis, Milano 2007

- *Metafisica*, VIANO C.A. (a cura di), Utet, Torino 1995

- *Della generazione e della corruzione*, A. Russo (a cura di), in ARISTOTELE, *Opere*, vol.4, Laterza, Roma-Bari 2004

- *Le parti degli animali*, VEGETTI M. (a cura di), in ARISTOTELE, *Opere biologiche*, VEGETTI M., LANZA D. (a cura di), Utet, Torino 1971

BALDWIN J.M.

- *A new factor in evolution*, «The American naturalist», 30, 355, 1896, p. 441-451 et p. 536-553

- *The mental development in the child and the race*, Macmillan & Co, London 1895 [éd. fr. *Le développement mental chez l'enfant et dans la race*, L'Harmattan, Paris 2006]

- *Development and Evolution*, The Macmillan Co., London 1902

BERGSON H

- *L'évolution créatrice*,

- *Le possible et le réel en La pensée et le mouvant*, Alcan, Paris 1938

BOUTROUX E..

- *De la contingence des lois de la nature*, Alcan Paris 1915 [ed. or. 1874; tr. it. *Sulla contingenza delle leggi naturali*, Signorelli, Milano 1952].]

- *Aristote* in E. Boutroux, *Etudes d'histoire de la philosophie*, Paris, Alcan, 1908, p. 95-211

- *Science et Religion dans la philosophie contemporaine*, Flammarion, Paris 1908

COPE E.D., *The primary factors of organic evolution*, Open Court Publishing Co., Chicago-London 1896

D'ARCY THOMPSON W., *On growth and form*, Cambridge University Press, Cambridge 1917 [tr. it. *Crescita e forma*, Bollati Boringhieri, Torino 1992]

DARWIN C.,

- The Origins of species*, John Murray, London 1859 [tr. it. *Origine delle specie*, Bollati Boringhieri, Torino 1967]
- The descent of man, and selection in relation to sex*, John Murray, London 1871 [tr.it.]
- The variation of animals and plants under domestication*, John Murray, London 1868 [tr. it. *La variazione degli animali e delle piante allo stato domestico*, Unione Tipografico-Editrice, Torino 1876]
- DARWIN F. (a cura di), *The Life and letters of Charles Darwin*, John Murray ed., London 1887
- DIDEROT D., *La rêve de d'Alembert*, 1769 [tr. it. *Il sogno di d'Alembert*, BUR, Milano 1996]
- FOREL F.A., *Introduction à l'étude de la faune profonde du lac Léman*, «Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles», 10, 1868-70, pp. 217-223.
- FOUCAULT M., *Les mots et les choses*, Gallimard, Paris 1966
- GEYER D., *Die Weichtiere Deutschlands. Eine biologische Darstellung der einheimischen Schnecken und Muscheln*, Strecker & Schröder, Stuttgart, 1909
- GODET P., *Les collections d'histoire naturelle*, «le Rameau de Sapin», 2, 1875, pp. 5-6
- GOLDSCHMIDT R.,
- The material basis of evolution*, Yale University Press, Yale 1940
- Physiologische Theorie der Vererbung*, 1926 [tr. in. *The physiological genetics*, McGraw Hill Book Co., NY 1938]
- Gen und Außeneigenschaft*, «Zeitschrift für Induktive Abstammungs- und Vererbungslehre», 69, 1935, pp. 38-69
- HOVASSE R.,
- Problèmes de l'évolution* in *Encyclopedie de la Pléiade, Biologie*, vol. XXIII, Gallimard, Paris 1965, pp. 1542-1696.
- Adaptation et évolution*, Hermann, Paris 1950
- JENKIN F., *The origin of species*, «North British revue», 46, 1867, pp. 277-318

- KANT I., *Kant's gesammelte Schriften*, hrsg. v. der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlin-Leipzig, vol. II, pp. 375-383 [tr. it. in *Scritti Precritici*, Laterza, Roma 2000]
- LAMARCK JB., *Recherches sur l'organisation des corps vivants*, Fayard, Paris 1986 [ed. or. 1802]
- LE DANTEC F.,  
 -*Les néo-darwiniens et l'hérédité des caractères acquis*, «Revue philosophique de la France et de l'étranger», 47, 1899, p. 1-41  
 -*Théorie nouvelle de la vie*, «Revue philosophique» 1895 e 1896
- LEDERBERG J., The meaning of epigenetics, «The Scientist» 15, 2001, p 6.
- LERNER M., *Genetic homeostasis*, Oliver and Boyd, Edinburgh 1954
- MAYR E.,  
 -*Animal Species and Evolution*, Belknap Press, Cambridge 1963 [tr. it. *L'evoluzione delle specie animali*, Einaudi, Torino 1970]  
 -*Behavior and Systematics* in SIMPSON G., ROE A (a cura di), *Behavior and evolution*, Yale University Press, London 1958
- MIVART G., *On the genesis of species*, New York 1871
- MORGAN T.H., *Habits and instinct*, Arnold, London 1896.
- OSBORNE F.H., *A mode of evolution requiring neither natural selection nor the inheritance of acquired characters*, «Transactions of the New York Academy of sciences», 15, 1896, pp. 141-2, 148
- ROMANES G.,  
 -*Mental evolution in animals with an Posthoumous essay on istinct* by C. Darwin, Kegan Paul, London 1883  
 -*Physiological selection: an additional suggestion on the Origin of the species*, «Journal of the Linnean society. Zoology», 19, 1886, p. 337-411  
 -*An examination of weismannism*, The Open Court Publ., London 2ème édition 1899 [éd. or. 1893]  
 -*Darwin after Darwin*, The open court Publishing, Chicago 1896

ROSKOWSKI

-*A propos des Limnées de la faune profonde du lac Lemman*, «Zoologischer Anzeiger», 43, 1913, pp. 88-90

-*Correspondance adressé à J. Piaget*, 1905-1915, Archives JP

SIMPSON G.G., *The Baldwin Effect*, «Evolution», 7/2, 1953, pp. 110-117

VON BERTALANFFY L.,

-*Robots, men, and minds. Psychology in the modern world*, G. Braziller, NY 1967 [tr. it *Il sistema uomo*, Istituto librario internazionale, Milano 1971]

-*Problems of life. An evaluation of modern biological thought*, J.Wiley & Sons , NY 1952 [tr. fr. *Les problèmes de la vie*, Gallimard, Paris 1961]

-*General System theory*, George Braziller Inc., NY 1969

WADDINGTON C.H.

- *The strategy of genes*, George Allen & Unwin Ltd, London 1957

-*Evolution of an evolutionist*, Edinburgh University Press, London 1975

-*The theory of evolution today* in KOESTLER A., SMYTHIES J.R., *Beyond the reductionism*, p. 357-395.

-*Canalization of development and the inheritance of acquired characters*, «Nature», 3811, 1942, pp. 563-565

-*Genetic assimilation of the bithorax phenotype*, «Evolution», 10, 1956, pp. 1-13

-(a cura di), *Towards a theoretical biology. II Sketches*, Edinburgh University Press, Birmingham 1969

WAGNER M.,

-*Darwinische Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen*, Duncker & Humblot, Leipzig 1868.

-*Über den Einfluss der Geographischen Isolirung*, Bavarian Academy of sciences, Monaco 1870

-*Der Naturprozess der Artbildung*, «Ausland», 22-26, 1875, p. 282-342

WEISMANN A.,

-*Über die Berechtigung der Darwin'schen Theorie.* (Ein akademischer Vortrag gehalten am 8. Juli 1868 in der Aula der Universität zu Freiburg im Breisgau), Wilhelm Engelmann, Leipzig 1868

-*The all-sufficiency of natural selection*, «Contemporary Review», 64, 1893, p. 309-8 et 596-610

WEISS P.

-*Hierarchically organized systems in theory and practice*, Hafner publishing, NY 1971

-*Archipel scientifique*, Maloine Editeur, Paris 1974

-*The living system: determinism stratified* in KOESTLER A., SMYTHIES J.R., *Beyond the reductivism*, The Macmillan Co., London 1970, pp. 3-55

YUNG E., *L'influence des mouvements de vagues sur le développement des larves de Grenouilles*, «Comptes rendus de l'Académie des sciences», 126, Paris, 1898

Letteratura critica:

AQUECI F., *Ordine e trasformazione. Morale, mente, discorso in Piaget*, Bonanno Editore, Acireale-Roma 2003.

BAILLY F., Longo G., *Mathématiques et sciences de la nature. La singularité physique du vivant*, Hermann, Paris 2006.

BARRELET J.M., PERRET-CLERMONT A.N. (a cura di), *Piaget et Neuchâtel. L'apprenti et le savant*, Editions Payot, Lausanne 1996

BARRELET J.M., *L'arrière-plan neuchâtelois*, in BARRELET J.M., PERRET-CLERMONT A.N.(a cura di), *Piaget et Neuchâtel. L'apprenti et le savant*, Editions Payot, Lausanne 1996

BELYAEV D.K.,

-*The influence of stress on variation and its role in evolution*, «Biologische Zentralblatt» 100, 1982, pp. 705-714.

- Destabilizing selection as a factor in domestication*, «Journal of heredity», 70, 1979, pp. 301-308
- BOCCHI B., CERUTI M., *Disordine e costruzione*, Feltrinelli, Milano 1980
- BRINGUIER J.C., *Conversations libres avec Jean Piaget*, Editions Robert Laffont, Paris, 1977
- BUIATTI M., BUIATTI M., *Chance vs necessity in living systems: a false antinomy*, «Biology Forum» 101, 2008, pp. 29-66.
- BUICAIN D., *Histoire de la génétique et de l'évolutionnisme en France*, Puf, Paris 1984.
- BULMER D., *Did Jenkin's swamping argument invalidate Darwin's theory of natural selection?* «British Society for the History of Science», 37, 2004, p. 281-297
- BUSCAGLIA M.
- Jean Piaget biologiste*, «Archives de psychologie», 50, 1982, p. 31-39
- Conceptions of biological evolution and an approach to phylogeny-ontogeny*, «Human Development». *Phylogeny and ontogeny*. Proceedings of the fifth advanced course of the J. Piaget Archives Foundation, 1984, p. 240-248.
- La biologie de Jean Piaget: cohérence et marginalité*, «Synthese», 65, 1985, p. 99-120
- Preface à J. Piaget, Biologie et connaissance*, Delachaux et Niestlé, Paris 1992
- CAPROTTI E., *L'illustrazione malacologica dal 1800 al 1868*, Libreria naturalistica, 1998
- CERUTI M.
- *La danza che crea*, Feltrinelli, Milano 1989
- Il vincolo e la possibilità*, Feltrinelli, Milano 1986
- (a cura di), *Evoluzione e conoscenza*, Lubrina, Milano 1992
- Il materialismo dialettico e la scienza negli anni '30*, Einaudi, Torino 1981 pp. 491-548
- CONRY Y., *L'introduction du darwinisme en France au XIX siècle*, Vrin, Paris 1974
- CONTINENZA B.,
- Tra lamarckismo e darwinismo: l'«effetto Baldwin»* in SOMENZI V. (a cura di), *Evoluzione e Modelli*, Editori Riuniti, Roma 1984, pp. 107-191.

-Baldwin: *l'Evolutionismo in Psicologia*, «Storia e Critica della Psicologia» Vol.III/2, dic.1982, pp. 335-370

-*Il theoretical Biology club e la fallacia del riduzionismo*, in «Metamorfosi», anno II, n.6, 1987, pp. 169-210.

CORBELLINI G., *La grammatica del vivente*, Laterza, Roma-Bari 1999

DANCHIN A.,

-*Une image inattendue de l'identité, l'image alphabétique*, «Nos Identités», XXXIVes Rencontres Internationales de Genève, Editions de la Baconnière, Boudry-Neuchâtel 1994, p. 251-285

-*Note critique sur l'emploi du terme phénocopie in M. Piattelli Palmarini (a cura di), Théorie du langage et théorie de l'apprentissage*, op. cit., pp. 109-113

DARWIN F. (édité par), *The life and letters of Charles Darwin, including an autobiographical chapter*, J. Murray, London 1887

DE ANGELIS V., *La logica della complessità*, Mondadori, Milano 1996

DE JONG G., Evolution of phenotypic plasticity: patterns of plasticity and the emergence of ecotypes, «New phytol.» 166, 2005, pp. 101-118

DIVER C., BOYCOTT A. E., GARSTANG S., *The inheritance of inverse symmetry in limnaea peregra*, «Journal of genetics», 15/2, 1925, pp. 113-200

DONINI E., *Conversazioni con E. Fox Keller*, Eleuthéra, Milano 1991

DRACK M., APFALTER W., POUVREAU D., *On the making of a system theory of life: Paul A. Weiss and Ludwig von Bertalanffy's conceptual connection*, «The Quarterly Review of Biology», 82/4, 2007, pp. 449-373

DUCRET J.J.

-*Jean Piaget. Savant et philosophe*, Droz, Genève-Paris 1984

-*Jean Piaget 1968-1979: une décennie de recherches sur les mécanismes de construction cognitive*, SRED, Genève 2000

-*L'équilibration: concept central de la conception piagétienne de l'épistémogénèse*, Fondation Jean Piaget 2007

FOX KELLER E.

- Refiguring life*, Columbia University Press, 1995
- A feeling for the organism: the life and work of Barbara McClintock*, W.H. Freeman & Co., New York 1983 [tr. it. *In sintonia con l'organsimo*, La salamandra, Milano 1987]
- FRANCIS R.C., *Epigenetics. The ultimate mystery of inheritance*, Norton & Co., New York 2011
- GAGLIASSO E.,
- Verso un'epistemologia del mondo vivente*, Guerini e Associati, Milano 2001
- Ambiente* in MICHELINI F., DAVIES F. (a cura di), *Frontiere della biologia: meditazioni filosofiche sulle scienze della vita*, EDB, Bologna 2011, pp. 285-294
- GARRONI E., *Creatività* in Enciclopedia Einaudi, 1978, vol.4, pp. 25-99
- GAYON J., DE RICQLES A., *Les fonctions: des organismes aux artefacts*, Puf, Paris 2010.
- GIANNANTONI G.,
- I presocratici. Testimonianze e frammenti*, Bari, Laterza, 1969
- Il kyrieuov logos di Diodoro Crono*, «Elenchos», 2, 1981, pp. 239-272
- GILBERT S.F., EPEL D., *Ecological developmental biology*, Sinauer Associates, Inc. Massachusetts 2009
- GILBERT S.F.,
- Ecological developmental biology*, Sinauer associates publishers, Sunderland 2009
- Developmental biology*, Sinauer associates publishers, Sunderland 2010
- GLOOR H., *Phänokopie-Versuche und Äther an Drosophila*, «Revue suisse de zoologie», 54, 1947, pp. 637-712
- GOODWIN B.C., SAUNDERS P. (a cura di), *Theoretical biology. Epigenetics and evolutionary order from complex systems*, The John Hopkins University Press, Baltimore-London 1992
- GOODWIN B.C., *Genetic epistemology and constructionist biology*, «Revue internationale de philosophie», 142-3, 1982, pp. 527-548
- GOTTLIEB G.,

-*Individual development and evolution. The genesis of novel behavior*, Oxford University Press, NY-Oxford 1992

-*Normally occurring environmental and behavioral influences on gene activity: from central dogma to probabilistic epigenesis*, «Psychological review», 105, 1998, pp. 792-802

GOULD S.J.,

-*Wonderful life*, Norton, New York 1989 [tr. it. *La vita è meravigliosa*, Feltrinelli, Milano 1990]

-GOULD S.J., ELDREDGE N.,

-*Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered*, «Paleobiology» 3/2, 1977, pp. 115-151.

-*Punctuated Equilibria: An alternative to Phyletic Gradualism*, in SCHOPF T.J.M. (a cura di), *Models in Paleobiology*, Freeman Cooper, San Francisco 1972, pp. 82-115

GRANT V., *The origin of adaptations*, Columbia University Press, NY-London 1963

GRIMOULT C., *Histoire de l'évolutionnisme en France. 1945-1995*, Droz, Genève-Paris 2000

GRUBER H.E., VONÈCHE J.J., *The essential Piaget*, Jason Aronson inc., London 1995

HALL B. K.

-*Epigenetics: regulation not replication*, «Journal of evolutionary biology», 1998, p. 201-205.

-*Organic selection: proximate environmental effects on the evolution of morphology and behaviour*, «Biology and Philosophy», 16, 2001, p. 215-237

-*Evolutionary developmental biology*, Kluwer Academy Publishing, Dordrecht 1992

HO M.W., SAUDERS P., *Beyond neo-darwinism*, Academic Press, Inc., London 1984.

HO MW, SAUNDERS P.T., BOLTON E., *Bithorax phenocopy and pattern formation. I e II*, «Exp Cell Biol.», 51, 1983, pp. 282- 290 e 291-9

HODGE J., *The Darwin of pangenesis*, «C.R Biologies», 333, 2010, p. 129-133

HOLLIDAY R.

-*A different kind of inheritance*, «Scientific American» 260, 1989, pp. 60-76

- *Epigenetics: a historical overview*, «Epigenetics», 1, 2006, pp. 76-80
- HOOKE C.A., *Regulatory constructivism: on the relation between evolutionary epistemology and Piaget's genetic epistemology*, «Biology and philosophy», 9, 1994, pp. 197-244.
- HOVASSE R.
- *Les problèmes de l'évolution* en Encyclopedie de la Pleïade. Biologie, vol XXXIII, Gallimard, Paris 1965
- *Adaptation et évolution*, Hermann, Paris 1950
- INHELDER B., PIAGET J., *Procedures et structures*, 47, 1979, pp. 165-175
- INHELDER B, CELLÉRIER G., AKERMANN E., BLANCHET A., BODER A., DUCRET J.J., DE CAPRONA D., SAADA-ROBERT M., *Le cheminement des découvertes de l'enfant*, Delachâu et Niestlé, Paris 1992.
- INHELDER B., GARCIA R., VONÈCHE J., *Epistémologie génétique et équilibration. Hommage à Jean Piaget*, Delachaux et Niestlé, Paris 1976
- JABLONKA E.,
- *Information: its interpretation, its inheritance and its sharing* en «Philosophy of science», 69, 2002, p. 578-605.
- *Cellular epigenetic inheritance in the twenty-first century* en E. Jablonka, Sanit B. Gissis, *Transformations of lamarckism*, MIT, NY 2011, p. 215-226.
- JABLONKA E., G. RAZ, *Transgenerational epigenetic inheritance: prevalence, mechanism and implications for the study of heredity and evolution* en «Quarterly review of biology», 84/2, 2009, P. 131-176
- JABLONKA E. LAMB M., *Evolution in four dimensions*, MIT Press, NY 2005
- JABLONKA E., SNAIT B. GISSIS, *Transformations of lamarckism*, MIT, NY 2011
- JOHNSTON T., *review Behavior and evolution*, «Developmental psychobiology», 12/6, 1979, pp. 633-637
- KAY LILY E., *The molecular vision of life: Caltech, the Rockefeller Foundation and the rise of the new biology*, Oxford University Press, Oxford 1993
- KIRSCHNER M.W., *The meaning of systems biology*, «Cell», 121/4, 2005, pp. 503-504

- KOESTLER A., SMYTHIES J.R., *Beyond the reductionism*, The Macmillan Co., London 1970
- KOESTLER A., *The case of Midwife toad*, Hutchinson, London 1971.
- LEROI-GOURHAN, *Le geste et la parole*, Albin Michel, Paris 1964-65 [tr. it. *Il gesto e la parola*, Einaudi, Torino 1977]
- LESCH J. E., *The role of isolation in evolution: George J. Romanes and John T. Gulick*, «Isis», 66/4, 1975, pp. 483-503
- LEWONTIN R., *Gene, organism and environment* in OYAMA S., GRIFFITH P., GRAY R.D. (a cura di), *Cycles of contingency*, MIT Press, Cambridge 2001, pp. 59-66
- LOISON L., *The notions of plasticity and heredity among french Neo-lamarckians (1880-1940): from complementarity to incompatibility*, in E. Jablonka, S.N. Gissis, *Trasformations of lamarckism*, op. cit.
- LONGO G., BUIATTI M., *Randomness and Multi-levels interactions in biology*, arXiv:1104.1110 [q-bio.OT]
- MATSUDA R., *The evolutionary process in talitrid amphipods and salamanders in changing environments, with a discussion of "genetic assimilation" and some other evolutionary concepts*, «*Can. J. Zool.*» 60, 1981, pp. 733-749
- MAYNARD-SMITH J., *Models of a dual inheritance system*, «*J. Theor. Biol.*», 143, 1990, pp. 41-53
- MAYR E.,  
*-Animal Species and Evolution*, Belknap Press, Cambridge (MA) 1963.  
*-Behaviour and systematics* en MAYR E., SIMPSON G. (édité par), *Behaviour and evolution*, Yale university press, New Haven-London 1958, pp. 341-362
- OMODEO P., *Gli abissi del tempo*, Aracne, Roma 2000
- OYAMA S., GRIFFITHS P.E., RUSSELL D. (a cura di), *Cycles of contingency*, MIT Press, Cambridge-London 2001
- OYAMA S., *Penser l'évolution: l'intégration du contexte dans l'étude de la phylogénèse, de l'ontogénèse et de la cognition*, «*Intellectica*» 1993, pp. 133-150 [tr. it. *Pensare l'evoluzione. L'integrazione del contesto nell'ontogenesi, nella filogenesi, nella cogni-*

zione in CERUTI M. (a cura di), *Evoluzione e conoscenza*, Lubrina, Milano 1992, pp. 47-60]

PIATTELLI PALMARINI M. (a cura di), *Théorie du langage et théories de l'apprentissage*, Seuil, Paris 1979

POLIZZI G., *Forme di sapere e ipotesi di traduzione. materiali per una storia dell'epistemologia francese*, Franco Angeli, Milano, 1984

POMIAN K., *Collectionneurs, amateurs et curieux. Paris-Venise, XVIe-XVIIIe siècle*, Gallimard, Paris 1987.

PIGLIUCCI

-*What, if anything, is an evolutionary novelty?* «Phylosophy of science», 75, 2008, p. 887-898.

-*Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation*, «The journal of exmerimented biology», 209, 2006, p. 2362-2367.

PIGLIUCCI M. MÜLLER, G., *Evolution-the extended synthesis*, MIT Press, London 2001

RABAUD E., *Recherches sur l'hérédité et la variation. Etude spérimentale et théorie pysiologique*, «Bulletin biologique de France et de Belgique» 1, 1919,

RAUP D.M., STANLEY S., *Principles of paleotology*, W.H. Freeman, London 1979.

SCARAVELLI L., *Gli incongruenti e la genesi dello spazio kantiano*, «Giornale critico della filosofia italiana», 31, 1952, pp. 389-421

SCHMITT M.S., *L'œuvre de Richard Goldschmidt: un tentative de synthèse de la génétique, de la biologie du développement et de la théorie de l'évolution autour du concept d'homéose*, «Revue d'histoire des sciences», 53, 2000, p. 381-400

SCHWARTZ J.S. (édité par), *Darwin's Disciple. George John Romanes, A Life in Letters*, American Philosophical Society, Philadelphia 2010

SERIOT P., *Structure et totalité*, Puf, Paris 1999.

SIMPSON G.G., *The Baldwin Effect*, «Evolution», 7, 2 , 1953, p. 110-117.

SINHA C., *A socio-naturalistic approach to human development* in HO M.W., SAUNDERS P. T. (a cura di), *Beyond neo-Darwinism*, op. cit., pp. 331-362

- SMITH L., *Jean Piaget. Critical assessments, voll. I-IV*, Routedledge, London/NY 1992.
- SORABJI A., *Necessity, cause and blame*, Duckworth, London 1980.
- SULLOWAY F.J., *Geographic isolation in Darwin's thinking: the vicissitudes of a crucial idea*, «Studies in history of biology», 3, 1979, (23-65)
- TAYLOR PARKER S., LANGER J., MILBRATH C., *Biology and Knowledge revisited. From neurogenesis to psychogenesis*, Lawrence Erlbaum associates publishers, London 2005.
- TAYLOR PARKER S., *Piaget's phenocopy model revisited: a brief history of ideas about the origins of adaptative genetic variations*, in PARKER S. T., LANGER S. J., MILBRATH C. (a cura di), *Biology and knowledge revisited*, Lawrence Erlbaum associates publishers, London 2005
- VIDAL F.
- Jean Piaget, "Ami de la Nature"* in J.M. Barrelet, A.N. Perret-Clermont (édité par), *Piaget et Neuchâtel* p. 95-109
- La vanité de la nomenclature. Un manuscrit inedit de Jean Piaget*, Leo S. Olschki, Firenze 1984,
- Jean Piaget's early critique of mendelism: 'La notion d'espèce suivant l'école mendélienne'*. (A 1913 Manuscript), «History and philosophy of the life sciences», 14, 1992, pp. 113-135
- Piaget before Piaget*, Harvard University Press, Massachusetts 1994
- *Piaget avant Piaget. Pour une relecture de l'œuvre piagétienne*, in HOUDÉ O., MELJAC C. (a cura di), *L'esprit piagétien. Hommage internationale à Jean Piaget*, Puf, Paris 2000, pp. 21-37
- "I would eagerly leave Neuchâtel..."*. A 1912 letter by Jean Piaget with an introduction and notes, «Journal of history of the behavioral sciences», 22, 1986, pp. 23-26
- VIDAL F. , BUSCAGLIA M., VONECHE J.J., *Darwinism and developmental psychology*, «Journal of the history of behavioral sciences», 19, (1983), p.81-94

- VONÈCHE J.J., *La phénocopie. Histoire des origines d'une idée*, in C. Meljac, R. Voyazopoulos, Y. Hatwell (éd. par), *Piaget après Piaget*, Edition la pensée sauvage, Grenoble 1998, p.23-39.
- VONÈCHE J.J., PARRAT-DAYAN S., *La partie, le tout et l'équilibration*, «Philosophica», 54, 1994, pp. 9-42
- VORZIMMER P., *Charles Darwin and the blending inheritance*, «Isis», 54, 1963, pp. 371-390
- WALTER F., *Les suisses et l'environnement. Une histoire du rapport à la nature du 18 siècle à nos jours*, Carouge-Genève, 1990
- WEISSMAN C., *The origins of species: the debate between A. Weismann and M. Wagner*, «Journal of the History of Biology», 43, 2010, p. 727–766.
- WEST\_EBERHARD M. J.  
-*Phenotypic plasticity and the origin of diversity*, «Annual Review of ecology and systematics», 20 (1989), p. 249-278  
-*Developmental plasticity and evolution*, Oxford University Press, London 2003
- WINTHER R.G., *Darwin on variation and heredity*, «Journal of history of biology», 33, 2000, p.425-455.