

## Complessità, agency ed emergenza del significato nei sistemi viventi Un approccio teleologico

**Mirko Di Bernardo**

### 1. Agenti che si auto-costruiscono

Tanti nella storia del pensiero scientifico sono stati i modelli concepiti al fine di tentare una spiegazione del misterioso processo di autopoiesi continua proprio di ogni sistema vivente. Così come Keplero rinnovò l'ideale conoscitivo dell'astronomia, spezzando il cerchio che aveva condotto da Tolomeo a Copernico, Prigogine e altri studiosi, a partire dagli anni Settanta, hanno contribuito a frantumare il cerchio della ragione sufficiente creando un nuovo linguaggio matematico capace di rendere intelligibili i processi e gli eventi irreversibili che la fisica tradizionale si era limitata a salvare mediante approssimazioni fenomenologiche. Le intuizioni di Prigogine, il lavoro pionieristico del fisico olandese Lorentz, lo studio dei sistemi caotici, le ricerche nel campo della teoria della complessità biologica hanno via via condotto, in questi ultimi decenni, a precisi sviluppi teorici che rendono attualmente più chiara e visibile l'intricata rete di rapporti esistente tra dinamica, termodinamica del non-equilibrio, biologia dei sistemi e teoria dell'informazione<sup>1</sup>. Quando ci troviamo, per esempio, dinanzi non a fenomeni di puro ordine né di pura casualità, bensì a fenomeni attinenti a forme di alta organizzazione, ci troviamo, in realtà, dinanzi a una situazione intermedia tra la completa assenza di vincoli e il massimo della ridondanza. L'organizzazione ottimale dovrebbe essere vista, quindi, come un compromesso effettivo tra la massima variabilità e la massima specificità<sup>2</sup>. Un compromesso che, in presenza di una struttura profonda soggiacente il messaggio di superficie, non potrà che articolarsi secondo una dimensione dinamica che si trasforma nel tempo<sup>3</sup>.

In *Esplorazioni evolutive* e in altri lavori<sup>4</sup> successivi Kauffman affronta tali ardite questioni giungendo infine a individuare il nucleo dell'attuale teoria della complessità biologica nel concetto chiave di agente autonomo, ovvero l'unità di base di una biologia generale indipendente dal supporto, definito come «un sistema auto-

<sup>1</sup> Cfr. I. PRIGOGINE, I. STENGERS, *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza*, Torino, Einaudi, 1999; G. NICOLIS, I. PRIGOGINE, *Exploring Complexity*, New York, W.H. Freeman, 1989.

<sup>2</sup> Cfr. S.A. KAUFFMAN, *The origins of order*, New York, Oxford University Press, 1993.

<sup>3</sup> Cf. I. PRIGOGINE, *La fine delle certezze. Il tempo, il caos e le leggi della natura*, Torino, Bollati Boringhieri, 2014.

<sup>4</sup> Cfr. S.A. KAUFFMAN, P. CLAYTON, *On emergence, agency, and organization*, in «Biol. Philos.», 21 (2006), pp. 501-521; G. LONGO, M. MONTEVIL, S.A. KAUFFMAN, *No entailing laws, but enablement in the evolution of the biosphere*, in T. SOULE (Ed.) *Gecco 12. Proceedings of the 14th annual conference companion on Genetic and evolutionary computation*, New York, ACM, 2012, pp. 1379-1392.

riproduttivo capace di eseguire almeno un ciclo di lavoro termodinamico»<sup>5</sup>. Un agente autonomo è un sistema fisico che può agire a proprio vantaggio in un ambiente. Una prima intuizione allora è che un agente autonomo deve essere allontanato dall'equilibrio termodinamico perché i cicli di lavoro non possono verificarsi a quello stato: il concetto di agente è, infatti, di per sé un concetto di non equilibrio. In esordio, è anche chiaro che l'obiettivo dello studioso americano consiste nel mettere in luce come il circolo definizionale di tale nozione sia virtuoso e quindi foriero di una nuova comprensione del concetto di "organizzazione" in sé. In breve, sviscerare questa definizione ci condurrà in un territorio misterioso. In parte, l'enigma riguarda la risposta a un interrogativo preciso: quale è la forma matematica opportuna per descrivere un agente autonomo? Si tratta di un numero, e quindi di uno scalare? Di un elenco di numeri, e quindi di un vettore? Di un tensore? Secondo Kauffman la risposta è negativa poiché quello di agente autonomo è un concetto relazionale. Le cellule viventi, infatti, appaiono ineluttabilmente come totalità organizzate. Una cellula non è un singolo tipo di molecola che replica se stessa, bensì una ricca trama di eventi molecolari mediante i quali quella totalità propaga «riduzioni approssimative di se stessa»<sup>6</sup>. Esiste poi il metabolismo, vi è l'attività di comprensione, traduzione e innovazione di diversi linguaggi che interagiscono incessantemente tra loro come, per esempio, quello del DNA, quello relativo ai vari RNA e infine quello delle proteine dove il codice stesso è mediato dagli enzimi di attivazione (aminoaciltrasferasi) che caricano sulle opportune molecole di tRNA gli aminoacidi corretti al fine di tradurre il codice, un codice, vale a dire, capace di creare gli enzimi aminoaciltrasferasi stessi. Nella cellula, inoltre, c'è il "fruscio" di energia che fluisce simultaneamente dentro, e attraverso, quelle che potremmo definire come vie labirintiche principali e secondarie che collegano la degradazione di fonti a elevata energia alla sintesi di prodotti che richiedono l'aggiunta di energia libera. Le cellule viventi connettono reazioni endoergoniche e reazioni esoergoniche al fine di produrre concentrazioni elevate di molte specie molecolari. Il legame tra reazioni esoergoniche ed endoergoniche si rivela quindi essenziale nella definizione di agente autonomo, «quella misteriosa concentrazione di materia, di energia, di informazione, e di quel qualcosa in più che chiamiamo vita»<sup>7</sup>. In sintesi, Kauffman sostiene che auto-catalisi e riproduzione molecolare sono sì necessarie per la vita, ma non ancora sufficienti. La vita possiede realtà più profonde, e ancora più misteriose, di quell'autocatalisi che Ghadiri e colleghi sono andati esplorando<sup>8</sup>. Ebbene, mantenendo come riferimento teorico il ciclo di Carnot e l'entropia di Boltzmann,

---

<sup>5</sup> S.A. KAUFFMAN, *Esplorazioni evolutive*, Torino, Einaudi, 2005, p. 7.

<sup>6</sup> Ivi, p. 43.

<sup>7</sup> Ivi, p. 64.

<sup>8</sup> Cfr. ID., *Molecular Autonomous Agents*, in «Philos. Transact a Math. Phys. Eng. Sci.», 361, 1807 (2003), p. 1089-99.

Kauffman e altri studiosi<sup>9</sup>, nel tentativo di sondare l'essenza misteriosa della vita, hanno recentemente simulato con successo il sistema di equazioni differenziali che corrispondono alla dinamica della rete di reazioni di un agente molecolare virtuale<sup>10</sup>.

La conclusione principale che ricaviamo dalla simulazione è che gli agenti autonomi, accoppiando uno o più cicli auto-catalitici e cicli di lavoro, costituiscono una forma perfettamente plausibile, seppure nuova, di rete di reazioni chimiche aperta e in non equilibrio. Forse, dietro al misterioso connubio di auto-organizzazione e selezione naturale non c'è solo una relazione addizionale tra materia, energia e informazione, bensì, come Kauffman intuisce, perviene a fare capolino una nuova concezione dell'informazione, una concezione al cui interno l'informazione appare come una "qualità" in grado di generare e regolare l'intero sistema (relazione coestensiva legata a un continuo gioco dialettico delle parti), trasformandolo in un sistema vivente e quindi in un sistema cognitivo<sup>11</sup>. Ci stiamo riferendo qui all'affascinante possibilità di far dialogare il mistero della complessità del vivente con la nozione di genesi del significato<sup>12</sup>. Il *bios*, infatti, a nostro giudizio, andando oltre la misurazione meramente quantitativa (livello sintattico) dell'informazione aggredita attraverso la logica binaria (logica estensionale), può essere interpretato come un fenomeno emergente intrinsecamente connesso a forme di cognizione e di intenzionalità (livello semantico)<sup>13</sup> consentendo altresì la rivisitazione di alcune illuminanti intuizioni filosofiche della modernità circa il principio teleologico di auto-organizzazione degli organismi viventi.

## 2. *Know-how*, selezione naturale e auto-organizzazione

Nella *Metafisica dei costumi*, capolavoro del 1797, Kant, nella parte introduttiva, dà una definizione di ciò che si intende per vita: «Si chiama vita la facoltà che un essere ha di agire in modo conforme alle proprie rappresentazioni»<sup>14</sup>. Di primo acchito sembra che questa frase si riferisca solo a soggetti dotati di coscienza, in realtà, se si rivisita questa definizione alla luce della teoria degli agenti autonomi di Kauffman, alcuni aspetti originali vengono certamente a emergere. Per esempio, a più di duecento anni dalle geniali parole di Kant, la biologia sistemica non può che riconoscere al grande filosofo

<sup>9</sup> Cfr. A.J. DALEY ET AL., *Simulation of a Chemical Autonomous Agent*, in «Z. Phys.Chem.», 216, 41 (2000).

<sup>10</sup> Cfr. W. HORDIJK, S.A. KAUFFMAN, M. STEEL, *Required levels of catalysis for emergence of autocatalytic sets in models of chemical reaction systems*, in «Int J Mol Sci.», 12, 5 (2011), pp. 3085-101; A. FILISSETTI ET AL., *A stochastic model of autocatalytic reaction networks*, in «Theory Biosci.», 131, 2 (2012), pp. 85-93.

<sup>11</sup> Cfr. R. WALLACE, *Cognition and biology: perspectives from information theory*, in «Cognitive Processing», 15, 1 (2014), pp. 1-12.

<sup>12</sup> Cfr. A. CARSETTI, *The emergence of meaning at the co-evolutionary level*, in «Int. Jour. of Applied Mathematics and Computation», 219 (2012), pp. 14-23; S.A. KAUFFMAN, *Evolution Beyond Entailing Law: The Roles of Embodied Information and Self Organization*, in R.J. MARKS II ET AL. (Eds.), *Biological Information. New Perspectives*, Singapore, World Scientific, 2014, pp. 513-532.

<sup>13</sup> Cfr. M. Di Bernardo, *Systemic Approach and Meaningful Complexity in Biology*, in G. MINATI ET AL. (Eds.), *Towards a post-Bertalanffy Systemics*, Berlin, Springer, 2016.

<sup>14</sup> I. KANT, *Metafisica dei costumi* (1797), Milano, Bompiani, 2006, p. 21.

del Settecento il merito di aver individuato una delle caratteristiche principali della vita: la cognizione. Ma non è tutto, fra poco apparirà chiaramente come, negli organismi viventi, la cognizione sia profondamente legata alla fondamentale nozione di intenzionalità.

Dennet, nel volume dal titolo *L'idea pericolosa di Darwin*, propone una gerarchia di forme del conoscere, scaturite durante l'evoluzione con mezzi darwiniani. Egli, infatti, ricorrendo alla metafora della "torre di generazione e verifica", una torre immaginaria in cui ogni piano è occupato da creature in grado di escogitare mosse sempre migliori in modo più rapido e efficiente, distingue quattro differenti tipologie di organismi. Il piano più basso è abitato dalle «creature darwiniane» che evolvono per selezione naturale e fanno dipendere tutto il loro comportamento dai geni<sup>15</sup>. Un agente autonomo semplice come, per esempio, un batterio è una creatura darwiniana. Nella sua versione più semplice tale creatura si evolve per mutazione, ma anche per ricombinazione e selezione naturale (senza considerare alcun apprendimento comportamentale). Pertanto, una creatura, oppure una colonia o un ecosistema, si adatterà grossomodo come pensava Darwin. Questi individui affrontarono l'ambiente generando una grande varietà di azioni che sperimentarono singolarmente sino a trovarne una funzionante. Le creature darwiniane di questo sottoinsieme, dalla plasticità condizionabile, vengono definite da Dennet «creature skinneriane», vale a dire creature in grado di apprendere tramite il condizionamento operante. Nel livello superiore successivo a quello delle creature darwiniane, quindi, esiste un sistema nervoso e la creatura (per esempio l'aplysia) è capace di apprendimento stimolo-risposta. In realtà, l'aplysia può apprendere stimoli condizionati molto semplici; l'analogo più recente può essere rappresentato dal campanello che induce il cane a salivare nell'aspettativa del cibo. I beneficiari del terzo piano della torre concepita da Dennet si chiamano «creature popperiane» in virtù del principio di falsificabilità del filosofo viennese. Secondo Dennet, dunque, le «creature popperiane» (noi vertebrati) sono in grado di immaginare mentalmente gli esiti dei comportamenti e di risolvere problemi attraverso la riflessione. Questa capacità è importante perché «in caso di errore consente alle nostre ipotesi di morire al nostro posto»<sup>16</sup>. Al quarto piano ci sono le «creature gregoriane» in onore dello psicologo britannico Gregory che per primo sottolineò come gli artefatti culturali la cui produzione richiede intelligenza siano al contempo capaci di potenziare l'intelligenza del loro proprietario. Le creature gregoriane siamo noi esseri umani. Il ragionamento di Dennet è molto semplice: noi utilizziamo i nostri utensili (coltelli di pietra, frecce, sarchietti, macchine utensili) per ampliare il nostro mondo di fatti e di processi. Questo mondo condiviso e allargato ci mette a disposizione più saper fare e più conoscenza. A questo livello i geni non hanno alcuna preveggenza e pertanto in una tale coevoluzione di geni e di fattori culturali è pensabile che i secondi possano finire

<sup>15</sup> D. DENNET, *L'idea pericolosa di Darwin*, Torino, Bollati Boringhieri, 1997, pp. 474-75.

<sup>16</sup> Ivi, p. 478.

con l'indurre una pressione selettiva sui primi. In un certo momento dunque l'evoluzione culturale irrompe libera nella biosfera.

Alla luce di quanto detto sinora, infatti, Kauffman, pur apprezzando la scala di Dennet del sapere come (*know-how*) e infine del sapere che (*know-that*), ma senza invocare la coscienza, si chiede fino a che punto questa gerarchia possa essere realizzata da sistemi molecolari semplici, persino privi di cellule nervose:

Sono propenso a credere che gran parte di questa gerarchia sia traducibile a livello molecolare. Per esempio batteri e amebe manifestano già un apprendimento pavloviano: sono dotati di recettori che si adattano su un livello costante di un certo ligando-segnale e che percepiscono un cambiamento dal livello presente. Qui, non si può ancora parlare di associazione tra uno stimolo condizionato più o meno arbitrario e uno stimolo non condizionato, ma riesco a immaginare una chimica che realizzi quest'ultimo<sup>17</sup>.

Si pensi, a tal proposito, al funzionamento del sistema immunitario le cui reti a idiotipo e anti-idiotipo provvedono alla sintesi di un insieme di anticorpi desiderati contro un agente patogeno che invade l'organismo<sup>18</sup>. Lo stesso vale anche per le creature popperiane di Dennet dove i nervi non sembrano affatto necessari. Pare infatti che le piante si inviino segnali mediante complessi metaboliti secondari, e ciò per caratterizzare i tipi di insetti che infestano la radura. Tra il metabolita e l'insetto si stabiliscono relazioni strutturali arbitrarie, proprio come i simboli del linguaggio umano sono spesso arbitrari rispetto alla cosa significata. Non male per degli invertebrati privi di sistema nervoso. Ma andiamo, ora, seguendo il ragionamento di Kauffman, a prendere in considerazione le creature gregoriane:

Persino qui, la creazione libera e aperta di nuove stringhe di simboli in una lingua, ovunque si possano creare nuove frasi, non differisce nella sostanza dalla persistente creazione aperta di nuovi tipi di molecole nella biosfera intesa come un tutto. ...Forse, io sono ingenuamente spinto a ritenere che la biosfera, con la sua incalzante diversità, dentro la quale noi, tronfi per tutto il nostro *know-how*, continuiamo la nostra ricchissima conversazione, possa aver ospitato precocemente tutti i livelli di cui parla Dennet<sup>19</sup>.

Posto in questi termini, il *know-how*, in accordo con il biochimico americano, è un altro modo di vedere le chiusure catalitiche che si propagano, i compiti di lavoro, la

<sup>17</sup> S.A. KAUFFMAN, *Esplorazioni evolutive*, cit., p. 151.

<sup>18</sup> In queste reti un primo anticorpo funge da antigene stimolando il corpo a produrne un secondo, il quale si lega a sequenze di aminoacidi esclusive, l'idiotipo del primo anticorpo. A sua volta, il secondo anticorpo, l'anti-idiotipo, stimola un terzo anticorpo, che stimolerà a sua volta un quarto. È probabile, però, che questa serie formerà anelli a retroazione. Il primo e il terzo anticorpo, infatti, possono spesso legarsi allo stesso sito del secondo: il primo e il terzo saranno allora forme simili nello spazio delle forme.

<sup>19</sup> Ivi, p. 152.

percezione, la registrazione e le azioni che noi oggi riconosciamo come intrinseci alle attività di agenti autonomi. Il *know-how*, infatti, non è al di fuori dei processi di auto-organizzazione: il *know-how* è l'organizzazione propagante stessa<sup>20</sup>. In quest'ottica, dunque, agli occhi del grande studioso americano, con gli agenti autonomi nasce anche un barlume di questione etica:

Disgustoso o delizioso esistono dal mio punto di vista, se io sono un agente autonomo. ...Dove è il posto del valore in un mondo di fatti? Una breve digressione, allora. I fatti sono enunciati dal sapere che. Ma il sapere come ha preceduto il sapere che. Io, anche se pienamente consapevole dell'ingiunzione di Hume, credo che nella prospettiva dell'agente autonomo la dicotomia disgustoso-delizioso sia primaria, inevitabile e, per quell'agente, della massima importanza. Noi applichiamo, suppongo, criteri darwiniani: troppo disgustoso, ed ecco che quell'agente autonomo, prole compresa, scompare dal futuro della biosfera. Senza attribuire una coscienza a E. coli o a un agente autonomo che potremmo creare in un prossimo futuro, non posso non percepire che i rudimenti del valore sono presenti una volta che esistono gli agenti autonomi<sup>21</sup>.

Ritorniamo per un momento alla definizione formulata da Kant. La vita intesa come facoltà di agire in modo conforme alle proprie rappresentazioni non solo ci dice che tutti gli esseri viventi sono sistemi cognitivi, ma ci dice anche che questi organismi agiscono secondo modelli interni creando così sempre nuovi significati. Una rappresentazione, infatti, può essere letta, da un punto di vista fenomenologico, come una ri-presentazione di qualcosa, nel termine rappresentazione, dunque, è implicita la differenza interno/esterno e quindi la direzionalità verso la realtà esterna percepita attraverso modificazioni dello stato interno cui è possibile rispondere mediante semplici azioni. Questa tensione all'esteriorità, soltanto intuita da Kant, a nostro giudizio, può essere definita come intenzionalità non riferita alla coscienza o finalità interna<sup>22</sup>, ossia come quel processo, strettamente connesso con la gratuità delle interazioni molecolari, per cui i significati si sviluppano e, una volta incarnati nelle azioni, operano consentendo altresì agli agenti autonomi di modificare a proprio vantaggio l'ambiente in cui vivono per riprodursi. Pensiamo per un attimo all'umile E. coli che nuota controcorrente in un gradiente di glucosio. In accordo con Kauffman, il batterio è un

<sup>20</sup> Ivi, pp. 153-154.

<sup>21</sup> Ivi, pp. 154-155.

<sup>22</sup> Gli agenti autonomi colmano il divario che separa il meramente fisico da quel nuovo regno del meramente fisico dove tutti gli esseri viventi si attribuiscono uno scopo. La semantica entra in gioco con la finalità; a livello molecolare infatti, secondo Kauffman gli agenti autonomi sono in grado di distinguere e selezionare le entità esterne in virtù di una semplice chimica che ospita simboli e segni. A un'entità esterna, quindi, corrisponderà una modificazione dello stato interno dell'agente stesso, una modificazione, vale a dire, che consentirà a quest'ultimo di agire in un modo piuttosto che in un altro. Per un ulteriore approfondimento si veda: S.A. KAUFFMAN, *Reinventare il sacro*, Torino, Codice, 2010; ID., *Reclaiming Enchantment: Humanity in a Creative Universe*, New York, OUP, 2016.

sistema auto-catalitico in grado di riprodursi e quindi di agire effettuando uno o più cicli di lavoro termodinamico, ma è anche un sistema cognitivo capace di creare sempre nuovi significati e, successivamente, di trasmetterli per mezzo di azioni non coscienti<sup>23</sup>. I batteri e le amebe, infatti, come ben sappiamo, manifestano già un apprendimento potremmo dire pavloviano per usare le parole di Dennet; questi organismi, infatti, sono dotati di recettori che si adattano su un livello costante di un certo ligando-segnale e che percepiscono un cambiamento dal livello presente: ecco, dunque, il delinearsi in biologia di una forma primitiva (naturalmente non cosciente) di rappresentazione. Qui, pertanto, pur non potendo ancora parlare di associazione tra uno stimolo condizionato più o meno arbitrario e uno stimolo non condizionato, risulta possibile inferire che tali organismi sono a tutti gli effetti dotati di quella facoltà vecchia quattro miliardi di anni che Kauffman definisce come *know-how*, intenzionalità non riferita alla coscienza.

### 3. *Agency*, valore e significato

A questo punto, dunque, appare con chiarezza la genialità dell'intuizione di Kant: «Si chiama vita la facoltà che un essere ha di agire in modo conforme alle proprie rappresentazioni»<sup>24</sup>. In questa definizione, tuttavia, resta ancora da chiarire un aspetto. Cosa si intende infatti con il termine “azione”? E' possibile distinguere tra le azioni di un agente autonomo e i meri accadimenti che si svolgono dentro e intorno a lui? Nel tentativo di dare una prima risposta a tale quesito, Kauffman così si esprime:

Si noti che diciamo che *E. coli* sta nuotando controcorrente nel gradiente di glucosio per raggiungere il cibo. Ma in quel momento è in atto ogni genere di movimento molecolare vibrazionale, rotazionale e transazionale. Che cosa è azione e che cosa mero accadimento? Non credo che siamo riusciti a distinguere in modo netto tra azioni e accadimenti con una matematica chiara. ...Non è insieme strano e interessante che tali questioni sembrino scaturire tutte insieme con gli agenti autonomi, ma non altrimenti? Fermo restando che qui sembriamo ritrovare la circolarità del gioco linguistico ..., credo davvero che rudimenti di semantica, di intenzionalità, di valore e di etica nascano con gli agenti autonomi<sup>25</sup>.

Alla luce di tutto ciò, dunque, la differenza fondamentale tra ciò che è vivente e ciò che non lo è risiede nella capacità di agire, ovvero in quel processo che consente al significato di manifestarsi nel tempo. Secondo il biologo americano, infatti, “il significato deriva dall'*agency*” e può essere studiato in natura facendo innanzitutto riferimento agli agenti molecolari autonomi minimi che eseguono almeno un ciclo di lavoro termodinamico e che hanno un recettore per il cibo e per il veleno riuscendo,

<sup>23</sup> Cfr. S.A. KAUFFMAN ET AL., *Propagating organization of process: an enquiry*, in «Biol. Philos», 23, I (2008), pp. 27-45.

<sup>24</sup> I. KANT, *Metafisica dei costumi*, cit., p. 21.

<sup>25</sup> S.A. KAUFFMAN, *Esplorazioni evolutive*, cit., pp. 154-155.

altresì, ad avvicinarsi al primo e ad allontanarsi dal secondo<sup>26</sup>. Tornando all'esempio del batterio possiamo inferire con Kauffman che una maggiore quantità di molecole di glucosio, rivelate da un recettore mentre il batterio nuota o si orienta nel gradiente, rappresenta un segno di maggiore concentrazione di glucosio lungo il gradiente di questo zucchero, un segno “interpretato” dal batterio mediante il “suo movimento orientato” nel gradiente medesimo:

Nell'accezione di Peirce, il glucosio acquisisce un significato per il batterio grazie alla recezione del segno per il batterio, il glucosio, e in virtù delle sue azioni: risalire il gradiente di glucosio. Il batterio è il ricevente. E in questo caso è stata la selezione naturale a costruire i sistemi molecolari per realizzarlo. Senza agency, per quanto ne so, non ci può essere significato<sup>27</sup>.

Qualsiasi sia il livello di evoluzione in cui intendiamo riconoscerla, pertanto, con l'*agency* non emerge nell'universo solo il significato, bensì giungo ad affiorare anche i valori, i comportamenti e le finalità. L'evoluzione per selezione naturale, infatti, agendo su varianti ereditabili, contribuisce in modo determinante al dispiegarsi genealogico della distinzione tra aspetti causali-funzionali e aspetti causali-collaterali degli organismi<sup>28</sup>. Così, nella capacità del batterio di esaudire la funzione biologica “ottenere cibo”, pur senza attribuirgli alcuna coscienza, è possibile scorgere da parte di un osservatore esterno l'inizio evolutivo della scelta e dunque del comportamento, del valore e della finalità o semiosi, dove cioè un segno acquista un significato a posteriori e in un determinato contesto di osservazione<sup>29</sup>. Il significato è dunque comparso nell'universo con la vita stessa:

Poiché la selezione naturale ha assemblato l'organizzazione propagante di strutture e di processi che hanno condotto a nuotare lungo il gradiente di glucosio per valide ragioni selettive, il glucosio ha un valore per il batterio. E poiché ottenere cibo è la funzione di questo comportamento organizzato,

<sup>26</sup> ID., *Reinventare il sacro*, cit., p. 200.

<sup>27</sup> Ivi, p. 201.

<sup>28</sup> In biologia, per esempio, la funzione “cuore che pompa sangue” è distinta da altre conseguenze causali non funzionali come “i rumori del cuore” per il fatto che l'organizzazione di processi e strutture che chiamiamo cuore è nata in virtù della selezione naturale per la sua capacità di pompare il sangue. Il cuore è perciò emergente ontologicamente in quanto l'esistenza stessa della sua organizzazione specifica di strutture e di processi nell'universo è stata costruita dalla variazione ereditabile e dalla selezione naturale che non possono essere ridotte alla fisica, ambito in cui né segni, né interpretazioni, né tanto meno errori sono logicamente possibili poiché si verificano solo accadimenti. Allo stesso modo, agli occhi di Kauffman, altri aspetti causali del batterio nuotatore e la strada precisa percorsa lungo il gradiente sono effetti collaterali rispetto allo scopo della sua attività: “ottenere cibo”.

<sup>29</sup> Cfr. H. ATLAN, Y. LOUZOUN, *Emergence of intentional procedures in self-organizing neural networks*, in «La Nuova Critica», 49-50 (2007), pp. 67-81; S.A. KAUFFMAN, *Question1: Origin of Life and the Living State*, in «Orig. Evol. Biosph.», 37 (2007), pp. 315-322, p. 319.

assemblato dalla selezione naturale agente sulle varianti più idonee, ottenere cibo è la finalità dell'attività ed è il fare o l'azione del batterio<sup>30</sup>.

In pressoché accordo con tale prospettiva W. Freeman ha mostrato, tra gli altri, come gli esseri umani si siano evoluti da creature più semplici e taluni comportamenti di queste forme più antiche siano precursori del nostro comportamento intenzionale che è ricco e vario:

L'evoluzione ci ha conferito la capacità di cogliere l'intenzionalità negli altri senza bisogno di definirla. Se vediamo un comportamento mirato, lo riconosciamo quasi all'istante. ...Nel mondo moderno, non abbiamo grandi difficoltà a distinguere tra i comportamenti delle macchine intelligenti che non sanno ciò che fanno ed i comportamenti intenzionali degli animali che lo fanno. Nella letteratura zoologica sono citati molti esempi di comportamenti intelligenti manifestati da altri vertebrati e anche da invertebrati quali il polpo, l'ape e l'aragosta. Charles Darwin scoprì prove evidenti di comportamento intenzionale nei lombrichi<sup>31</sup>.

Ovviamente noi possiamo soltanto supporre tutto questo osservando l'agente autonomo in azione. L'unità, l'interezza e lo scopo, dunque, costituiscono, agli occhi di Freeman, le condizioni base affinché esista un soggetto biologico portatore di significato. I significati, quindi, si trasmettono tramite l'intenzionalità, ovvero tramite quel processo in base al quale gli organismi viventi cambiano se stessi agendo e imparando dalle conseguenze delle loro azioni: quando un agente autonomo afferra un significato, infatti, è spinto verso nuovi comportamenti<sup>32</sup>. Ebbene, a seconda della complessità degli agenti autonomi ci saranno capacità differenti di elaborazione del significato, ovvero canali diversi di comunicazione<sup>33</sup>. Stando così le cose, dunque, in accordo alla prospettiva dinanzi delineata, risulta chiaro che gli agenti autonomi costituiscono quel luogo misterioso della fisica in cui la fisica si apre alla semantica; tuttavia, a nostro giudizio, occorre distinguere nella scala dei viventi le azioni di agenti autonomi semplici come le amebe e i batteri o più complessi come le tigri e gli scimpanzé da quelle di *Homo sapiens*, ovvero l'unica specie finora conosciuta capace di bene e di male.

#### 4. Precondizioni della capacità morale e legge di Hume

<sup>30</sup> S.A. KAUFFMAN, *Reinventare il sacro*, cit., p. 91.

<sup>31</sup> W.J. FREEMAN, *Come pensa il cervello*, Torino, Einaudi, 2001, p. 40.

<sup>32</sup> Cfr. M. DI BERNARDO, *Neuroplasticity, memory and sense of self. An epistemological approach*, Aurora, The Davies Group, 2014.

<sup>33</sup> Cfr. E.R. DOUGHERTY, M.L. BITTNER, *Causality, randomness, intelligibility, and the epistemology of the cell*, in «Curr Genomics», 11, 4 (2010), pp. 221-237; C. EMMECHE, K. KULL (Eds.), *Towards a Semiotic Biology – Life is the Action of Signs*, Singapore, World Scientific, 2010.

Con *Homo sapiens* fa la sua comparsa sulla terra il sistema nervoso più profondamente teleonomico mai esistito nella storia della nostra biosfera: solo a questo livello, dunque, la natura, prendendo coscienza di sé, risulta essere effettivamente in grado di trasformare le azioni portatrici di significato in atti liberamente voluti. Per comprendere fino in fondo la portata di queste considerazioni ci pare opportuno invocare di nuovo l'aiuto di Kant il quale nella *Metafisica dei costumi* distingue con grande acume il termine “azione” (*Handlung*) da quello di “atto” (*That*). L'azione (*handlung*) costituisce un mutamento posto in essere dal soggetto, ovvero da qualsiasi essere vivente; l'atto (*that*), invece, è il contenuto materiale dell'azione, ovvero ciò di cui il soggetto è l'artefice<sup>34</sup>. Secondo Kant, quindi, solo l'uomo compie atti poiché solo l'uomo, in quanto unico essere auto-cosciente, è in grado di riconoscere responsabilmente un'azione come espressione della propria soggettività. A questo punto, allora, possiamo tornare alla definizione kantiana di vita. In virtù della distinzione or ora delineata, appare chiaramente come, agli occhi del grande filosofo tedesco, la facoltà di agire (*handeln*) in modo conforme alle proprie rappresentazioni non sia soltanto umana, bensì si estenda a tutti i sistemi viventi, ovvero a tutti quei sistemi cognitivi che, agendo a proprio vantaggio, sono in grado di riprodursi. Ebbene, questa geniale intuizione di Kant ci consente di riflettere anche su un'altra questione rilevante sollevata da Kauffman, ci stiamo riferendo, cioè, all'idea originale secondo cui rudimenti di semantica, di intenzionalità, di valore e di etica nascono con gli agenti autonomi e quindi siano intrinsecamente correlati alla nozione di vita. Secondo il grande studioso americano, infatti, anche se tali rudimenti non sono sufficienti per saltare a piè pari la fallacia naturalistica di Hume, tuttavia con la comparsa degli agenti autonomi le categorie del “dover essere” e dell’“essere” fanno ingresso nell'universo fisico. In tal senso, allora, l'auto-coscienza, l'etica e i valori potrebbero affondare le loro radici nell'intenzionalità, proprietà fondamentale della vita:

Senza attribuire una coscienza, una volta che un agente autonomo esiste, è presente il rudimento di intenzionalità? In caso affermativo, è stata posta un'altra pietra angolare di attività etica. Il comportamento etico richiede innanzitutto la possibilità logica del comportamento di cui si è responsabili. Voi non siete responsabili di atti e di effetti al di fuori del vostro controllo. Per agire eticamente, dovete prima di tutto essere capaci di agire in senso lato<sup>35</sup>.

Nell'introduzione alla *Dottrina della virtù* Kant presenta un ragionamento, per certi versi, simile e a tratti sorprendente, tenendo bene a mente la sua posizione nei confronti della legge di Hume. Il grande filosofo tedesco, infatti, così si esprime: «...La coscienza non è qualcosa che si può acquisire e non esiste il dovere di procurarsene una.

<sup>34</sup> Cfr. I. KANT, *Metafisica dei costumi*, cit., p. 47.

<sup>35</sup> S.A. KAUFFMAN, *Esplorazioni evolutive*, cit., p. 154.

Piuttosto ogni uomo, in quanto essere etico, ha in sé originariamente una tale coscienza»<sup>36</sup>. Che vuol dire che la radice dell'etica e del dovere risiedono nell'essere? Quest'espressione è usata da Kant per distaccarsi dall'idea che la coscienza si possa acquisire. Se si potesse acquisire, infatti, si tratterebbe di qualcosa di cui abbiamo un dovere: sarebbe, cioè, qualcosa che non abbiamo in quanto esseri umani. Dire che ogni uomo ha in sé originariamente una coscienza, infatti, non significa che l'uomo è buono per natura. Questo tema oggi è di grande attualità, si pensi per esempio alle neuroscienze e in particolare alla nascita di nuovi ambiti di ricerca come per esempio la neuroetica, l'epigenetica e la metabiologia; alcuni studiosi, infatti, si chiedono se esistono delle strutture di valore filogeneticamente consolidate che in qualche modo possono essere legate alla chimica<sup>37</sup>. Se la risposta a tale domanda fosse positiva, l'uomo rappresenterebbe quell'essere capace di morale e di responsabilità i cui atti (*that*) potrebbero però essere considerati come il risultato di milioni di anni di evoluzione, un risultato, vale a dire, le cui radici risiederebbero nella capacità stessa degli agenti autonomi più semplici di agire (*handeln*) a proprio vantaggio nell'ambiente in cui vivono (*know-how*). Se così fosse, allora sarebbe possibile inferire che l'uomo, in quanto attuale punto più alto dell'evoluzione (se prendiamo la curva dell'indice di encefalizzazione *Homo sapiens* rappresenta un vero e proprio salto), costituisce una sorta di anello di congiunzione tra l'etica e la biologia, ovvero quel livello della natura in cui la natura, prendendo coscienza di sé, diviene altresì *conditio sine qua non* per la stessa comparsa dell'etica:

Non vi è uomo che sia privo di un qualche sentimento morale, in quanto una totale insensibilità verso questo sentimento segnerebbe la sua morte etica e se (per parlare in termini medici) la forza vitale etica non fosse più in grado di produrre questo sentimento, l'umanità (per legge chimica, in un certo qual modo) si disperderebbe nella mera animalità e si mescolerebbe irrimediabilmente con la massa degli altri esseri naturali. Contrariamente a quanto si usa dire, non abbiamo un sesto senso per il bene e il male (etici) come noi l'abbiamo per la verità; ciò che abbiamo è caso mai la sensibilità con cui il libero arbitrio è messo in movimento dalla ragione pura pratica (e dalla sua legge), e questo è ciò che chiamiamo sentimento morale<sup>38</sup>.

Come tutti sanno, per Kant la morale la fa la legge e non il sentimento, tuttavia, dove ne va di concetti estetici preliminari, il grande filosofo scrive che per non ridurre l'umanità a mera animalità dobbiamo pensare a una «forza vitale etica» che produce nell'uomo un sentimento che non è un sesto senso perché non si aggiunge al piano in

<sup>36</sup> I. KANT, *Metafisica dei costumi*, cit., p. 415.

<sup>37</sup> Cfr. S. O'NUALLAIN, *Code and context in gene expression, cognition, and consciousness*, in M. BARBIERI (Ed.) *The codes of life: the rules of macroevolution*, New York, Springer, 2008, pp. 347–356; A. CARSETTI, *Life, cognition and metabiology*, in «Cognitive Processing», 15, 4 (2014), pp. 423–434.

<sup>38</sup> I. KANT, *Metafisica dei costumi*, cit., p. 415.

cui operano gli altri cinque, bensì costituisce una sorta di “morale prima della morale” la cui interfaccia è rappresentata dalla legge morale stessa. Stando così le cose, dunque, in queste pagine il Kant incompatibilista parla della misteriosa forza vitale etica che fa dell’uomo un essere vitale etico. Proprio in queste parole, quindi, risulta possibile rintracciare, a nostro giudizio, l’alba di un ipotetico cammino teorico in cui è possibile supporre una fondazione naturalistica delle precondizioni della capacità morale anche in virtù della definizione di agente autonomo divisata da Kauffman e ora messa a confronto con l’originale prospettiva kantiana. In quest’ottica, allora, Boella così scrive:

Parlare di morale prima della morale presuppone la ricerca inaugurata da Darwin, di specifici comportamenti orientati a fini vitali (la sopravvivenza della specie), ma non solo. ...In realtà, in una morale prima della morale non è in gioco semplicemente l’attestazione della base biologica della morale, quanto piuttosto la possibilità di ridefinire e ricomporre una visione unitaria della persona in cui i dati che risultano dalla conoscenza dei meccanismi naturali non vengano recepiti passivamente come qualcosa di immutabile e estraneo..., bensì vengano attratti nell’orbita dell’esperienza quale ognuno di noi la costruisce giorno per giorno, sacrificando parti di sé, incoraggiandone altre, affidandone altre ancora alla cura di medici, di familiari<sup>39</sup>.

Quando ci si riferisce all’approccio neurobiologico alle questioni morali, è giusto chiarire che esso si colloca nel contesto dell’evoluzione ma si pone una domanda diversa da quella del neodarwinismo sull’origine naturale-biologica della morale, che per altro continua ad alimentare molte discussioni. Le scienze della mente possono, infatti, utilmente essere interrogate e provocate rispetto a un ambito specifico e sicuramente non esaustivo della complessità della sfera morale: quello delle precondizioni della capacità morale. D’altronde, le capacità potenzialmente infinite inscritte nel cervello umano così come la sua plasticità rendono impossibile, almeno allo stato attuale delle conoscenze, ricondurre anche solo un unico comportamento morale esclusivamente a funzionamenti organici o a procedure di stampo algoritmico. Nell’integrità e nella ricchezza prospettica dell’*agency* umano appare chiaramente, infatti, come gli esseri umani sperimentino in ogni istante della loro esistenza il passaggio dalla passività e dipendenza biologica all’ambito dei giudizi, delle scelte, delle intuizioni e degli atti. E ciò significa che «in gioco sono diverse possibilità non solo di umanizzare ciò che è naturale, ma anche di naturalizzare ciò che è umano»<sup>40</sup>.

Tali suggestioni ci consentono anche di rivisitare in ambito etico la critica classica di Hume secondo cui non è possibile dedurre il “dover essere” dall’“essere”<sup>41</sup>. Critica che pose le premesse dell’etica moderna, da Kant all’utilitarismo, fino ai giorni nostri.

<sup>39</sup> L. Boella, *Neuroetica. La morale prima della morale*, Milano, Raffaello, 2008, p. 43.

<sup>40</sup> Ivi, p. 44.

<sup>41</sup> Cfr. D. HUME, *Trattato sulla natura umana* (1739), Roma-Bari, Laterza, 2008, vol. I, pp. 496 e 497.

Aveva forse ragione il filosofo inglese? Se in accordo con Kauffman né la biologia né l'*agency* sono riducibili alla fisica e se è vero che con gli agenti molecolari minimi come i batteri e le amebe fa il suo ingresso il valore, allora con essi il significato e il “dover essere” entrano nell’universo. Questo “dover essere” frutto dell'*agency* non è secondo il biochimico americano riducibile al linguaggio dei nudi fatti, al ciò che “è” del mondo fisico: il “dover essere” è anche emergente e non riducibile a enunciati limitati a “essere” (per descriverlo occorre un linguaggio di tipo teleologico). Sebbene Hume avesse ragione nel sostenere che non possiamo dedurre il “dover essere” dall’essere, egli, al contempo, ebbe anche torto in quanto oggi sappiamo che valori, significato, azioni e “dover essere” sono parti reali dell’inventario dell’universo: il “dover essere”, infatti, è centrale in buona parte dell’azione e del ragionamento morale dell’uomo. Questa impostazione, dunque, ci consente di scavare ulteriormente all’interno della teoria dell’agente così come divisata da Kauffman. In base alla prospettiva or ora messa in luce, infatti, gli agenti autonomi sono sì attori costruttori che creano sempre nuovi significati attraverso la realizzazione di azioni imprevedibili (*know-how*), ma tutto ciò è possibile solo perché, come denota Freeman, la vita è essenzialmente assimilazione e quindi intenzionalità<sup>42</sup>: il *bios*, pertanto, alla fine di questa disamina, appare come il risultato di una serie trans-finita di adeguamenti che costituiscono e modificano imprevedibilmente le parti del gioco stesso. Da queste considerazioni, quindi, a nostro giudizio, risulta possibile inferire che la vita non è soltanto linguaggio (o a limite puro sistema di programmi) e cognizione (e, in generale, apprendimento), bensì appare anche come un fenomeno co-evolutivo in cui l’informazione si trasforma continuamente dando nascita, altresì, a un processo dialettico di creazione e assimilazione di significati sempre nuovi<sup>43</sup>: ecco, allora, che, in accordo con Kauffman e Freeman, diviene sempre più urgente la costruzione di una nuova semantica, una semantica, vale a dire, non più soltanto di tipo interpretativo, bensì di tipo generativo.

<sup>42</sup> Cfr. W.J. FREEMAN, *A pseudo-equilibrium thermodynamic model of information processing in nonlinear brain dynamics*, in «Neural Networks», 21 (2008), pp. 257-265.

<sup>43</sup> Cfr. M. DI BERNARDO, *Complexity and the Emergence of Meaning in Natural Sciences and Philosophy*, in «Theology and Science», 13, 2 (2015), pp. 245-259.