

Verso un'ecologia generale. Per una cibernetica delle differenze

Luca Fabbris

Dottorando presso l'Università degli Studi di Torino (Consorzio FINO) con un progetto incentrato sull'ontologia dei sistemi auto-organizzati nella cibernetica di second'ordine. Ha conseguito la Laurea Magistrale con una tesi su William Ross Ashby. Co-dirige insieme ad Alberto Giustiniano e Claudio Tarditi la collana "BIT" per l'editore Orthotes.

luc.fabb@gmail.com

The present paper investigates different ways of employing cybernetics to define a general ecology. In *An Introduction to Cybernetics*, Ross Ashby distinguishes between a pragmatic, a therapeutic, and an encyclopedic function of cybernetics. Pragmatic and therapeutic functions are generally used as a homeotechnic approach to understand and regulate complex systems. The encyclopedic function refers to the ways in which cybernetics considers the *modes-of-relation* between different branches of knowledge.

In §1 and §2, I focus on some improper uses of the expression "general ecology". Associated with images such as Spaceship Earth and Gaia, general ecology involves a global, holistic and totalizing point of view, based on the binary codes local/global and part/whole. Concerning this global approach, cybernetics is used only pragmatically and therapeutically. Notwithstanding the reference to general ecology, this approach remains restricted to an economy of nature.

In §3 and §4, I sketch a different path toward general ecology by passing through the encyclopedic function of cybernetics. Cybernetics thus becomes a way to compose branches of knowledge without implying a general systems theory, using instead operations of transduction – abstract machines – in order to mediate between different branches. In this perspective, the composition between systems is no longer regarded in the light of the binary codes local/global and part/whole, rather, it is based on the "ecological difference" (recursive and multiscale differentiation between system and environment).

37

I. Nave Spaziale Terra: olismo o barbarie

Nel 1963 il designer e futurologo Richard Buckminster Fuller dava alle stampe quello che di lì a poco sarebbe divenuto un testo culto della *systems counterculture* (Clarke 2017; Turner 2006): *Manuale operativo per Nave Spaziale Terra*.

L'idea alla base del libro era semplice: la Terra è una Nave Spaziale del diametro di 12750 chilometri, il Sole è la sua nave-spaziale madre nutrice di energia e l'Umanità è un *team* di astronauti garante della buona riuscita del viaggio (Buckminster Fuller 2018, 44-49).

La metafora della Terra come Nave Spaziale trasponessa su scala planetaria il vecchio *topos* della nave-Stato, basato sulla sovrapposizione tra *navigatio* e *gubernatio* (Accarino 2016). L'elemento di novità risiedeva nel regime che la nuova dimensione cosmica del viaggio imponeva all'equipaggio: Nave Spaziale Terra (NST) non è diretta da nessuna parte, gli astronauti che la pilotano non possono fare affidamento su scialuppe di salvataggio, attracchi di fortuna, sponde su cui poter approdare. La finalità del viaggio è la prosecuzione del viaggio stesso. Per tale ragione l'Umanità, per garantirsi un viaggio comodo e felice, ha dovuto imparare a conoscere i regimi di funzionamento di NST. Non si è stata un'impresa facile, dato che le chiavi di NST sono state consegnate all'Umanità senza il manuale operativo che illustrasse il buon modo di governarla. L'Umanità ha dovuto apprendere, da autodidatta, i regimi di funzionamento della nave su cui viaggiava. L'ha fatto passo dopo passo, per prove ed errori, tramite sperimentazioni locali. Così facendo ha però illuminato solo risibili parti del modo di funzionare di NST, aprendo piccole feritoie, miseri squarci da cui sbirciare i suoi meccanismi. Solo una parte dell'Umanità, fatta di navigatori, avventurieri, "Grandi Pirati", ha posto le basi per sviluppare un sapere *olistico e globale*, capace di cogliere il funzionamento complessivo di NST. I "Grandi Pirati" hanno aperto la strada verso l'"occhio astronomico", il punto di vista globale, la presa sulla totalità della Terra di cui la fotografia Blue Marble scattata dall'Apollo 17 è oggi il vessillo.

Nel saggio *L'esperimento oceano. Dalla globalizzazione nautica a un'ecologia generale* Peter Sloterdijk, commentando il libro di Buckminster Fuller, sottolinea il cambiamento radicale nella concezione del mondo prodotto dall'emergere del punto di vista astronomico. (Sloterdijk 2017a). Per Sloterdijk l'unificazione della Terra operata dalla globalizzazione nautica affonda le sue radici nell'*esperimento oceano*, fondato sull'ipotesi che vi sia un'altra sponda dall'altra parte dell'Atlantico. L'esperimento oceano si radica nel *modus vivendi* tipico dei moderni, teso a una sperimentazione che iscrive nel suo operare l'esternalizzazione degli effetti collaterali. Ogni esperimento, infatti, si basa sulla distinzione tra variabili rilevanti e irrilevanti ai fini dell'esperimento. La delimitazione dello spazio sperimentale – uno spazio interno – non salvaguarda da un condizionamento delle variabili non selezionate – spazio esterno: tutti gli effetti collaterali della sperimentazione si verificano dunque nel suo ambiente. Col concatenarsi dei progetti sperimentali su larga scala, si sommano tra di loro anche gli effetti collaterali. La coscienza ambientale sorge nel momento in cui la nebulosa degli effetti collaterali diventa così tangibile da non poter più essere ignorata. L'esterno fa intrusione nell'interno, perturbandolo e mettendo a repentaglio la possibilità di proseguire

il libero gioco delle sperimentazioni. L'intrusione dell'ambiente esterno prefigura dunque la fine del moderno in quanto *modus vivendi* sperimentale (Sloterdijk 2017a, 51-58). Questa intrusione può oggi essere messa in prospettiva grazie al punto di osservazione dischiuso dall'astronautica. Vedere la Terra dalla Stazione Spaziale Internazionale «produce immediatamente un cambiamento radicale nella concezione del mondo. Mentre gli uomini moderni sono quelli che credono alla possibilità di far fortuna sull'altra sponda e si gettano a capofitto nel tunnel della loro ricerca, trascurando ogni altro aspetto, gli osservatori nella Stazione hanno acquisito un punto di osservazione che consente loro di vedere con certezza come per la Terra non esista proprio un'altra sponda» (Sloterdijk 2017a, 62). Ciò che accade sulla Terra rimane sulla Terra, senza nessuna possibilità di esternalizzazione.

I segnali di chiara avaria che NST esibisce oramai da qualche tempo sono attribuibili, seguendo Sloterdijk, principalmente all'ignoranza dei moderni, alla convinzione che l'esternalizzazione non implichi un costo, che la Natura come sfondo delle nostre azioni possa assorbire qualsiasi cosa. Sono attribuibili al *modus vivendi* sperimentale e all'epistemologia che gli fa da cornice, la quale prevede la possibilità dell'errore, anzi fa dell'errore il motore della conoscenza: prova, sbaglia, riprova e sbaglia meglio. Questa logica raggiunge il suo limite nel momento in cui la concatenazione degli errori e degli effetti collaterali delle nostre pratiche bussava alle porte delle nostre esistenze sotto forma di "minaccia ecologica".

Ne consegue che la nostra permanenza su NST diventa possibile solo a condizione di un cambiamento radicale del nostro *modus vivendi*. L'umanità non può più permettersi effetti collaterali. Non è più consentito sbagliare.

Antropocene è un nome molto in voga per indicare l'avaria di NST. Il comportamento irresponsabile di una parte – un *anthropos* indifferenziato parassitante qualsiasi ecosistema – produce effetti incontrollati che compromettono il buon funzionamento del tutto. Di conseguenza, o questa parte trova il modo di correggere il proprio comportamento in funzione dei regimi di funzionamento del tutto, oppure sarà destinata all'estinzione.

NST e Antropocene sono nomi che attivano un riflesso automatico del pensiero: se la posta in gioco è globale, la risposta deve essere altrettanto globale. Se la problematica si presenta a livello di totalità, è sul piano della totalità che dobbiamo imparare a operare.

Buckminster Fuller ravvisava nella Teoria Generale dei Sistemi e nella Sinergetica i due "linguaggi di programmazione" con cui scrivere il manuale operativo per NST (Buckminster Fuller 2018, 49-58). Entrambe rispondono alla domanda: «come possiamo pensare in termini di totalità?» (2018, 50). La Teoria Generale dei Sistemi e la Sinergetica si oppongono agli approcci settoriali, che studiano solo alcune parti della totalità tralasciandone altre. Così facendo si espongono inevitabilmente ai rischi dell'esternalizzazione degli effetti collaterali che nello stato di emergenza climatica in cui ci troviamo costituiscono un lusso che non è più concesso. Solo un sapere che parta dalla totalità e che ricavi le funzioni di ogni singola parte sarà all'altezza delle sfide che l'avaria di NST ci presenta. [1] "Olismo o barbarie" è il nuovo *aut aut* in cui si iscrive il futuro dell'Umanità.

Gaia è un altro termine sovente mobilitato per indicare il livello globale a cui la minaccia ecologica ci costringe

[1] «Esiste un corollario della sinergia: sostiene che, conoscendo il comportamento dell'insieme e quello di un minimo di parti note, spesso è

a pensare e operare. Gaia, un pianeta vivente, è spesso rappresentato come totalità organica o come sistema cibernetico – un sistema «chemio-bio-geo-cibernetico» (Lovelock 1988, 98): si tratta di un'entità conchiusa, sistematica, auto-regolata tramite una fitta rete di circuiti di retroazione.

Rispetto a questo organismo planetario l'Umanità assurge a ruolo di microbo o di metastasi cancerosa. Il cambiamento climatico sarebbe una risposta immunitaria di Gaia che, in uno stato febbrile, prova a debellare il male alzando la sua temperatura di 5°C. Sarà in grado l'Umanità di divenire-microbiota-amico in modo da placare la rivolta di Gaia?

La morale di queste narrazioni è tendenzialmente una: siamo tutti su una stessa barca che dà cenni di cedimento a causa delle nostre condotte scellerate e irresponsabili. La nostra ignoranza la pagheremo a caro prezzo, dato che non ci siamo presi cura del *Life Support System* che garantiva la nostra permanenza su NST. O mettiamo mano intelligentemente a NST, o questa presto ci espellerà.

Di fronte alla minaccia globale ritorna il Noi: il Noi come Umanità, come Civiltà, come Società. Di fronte a una minaccia planetaria il riflesso automatico è quello di pensare a una “politica planetaria”, fondare le basi per una nuova “cultura planetaria”, per un nuovo “*modus vivendi* planetario”. Di fronte a immagini totalizzanti la mobilitazione non può che essere totale. Rispetto a questa chiamata alle armi, il sapere non potrà più permettersi il settarismo, “considerare solo questo” e “ignorare tutto il resto”, esponendosi così al rischio di generare nuovi effetti collaterali – *e-missioni* generate da omissioni, per riprendere un'espressione sempre di Sloterdijk (2017b, 13-14). La crisi climatica globale esige un sapere senza scarto.

Rispetto a questo scenario, quale senso assume l'espressione *ecologia generale* che Sloterdijk introduce nel titolo del suo scritto? L'espressione non viene ripresa né tantomeno definita nello svolgimento della sua analisi. Il suo senso rimane sospeso, aperto.

Il richiamo al viaggio degli Argonauti con cui Sloterdijk chiude lo scritto si limita a proporre una pista da seguire, con qualche indizio sparpagliato da raccogliere e interrogare. Gli Argonauti, di ritorno dalla Colchide, si arenano sulle spiagge della Grande Sirte. Non potendo ritornare in mare aperto, sollevano la loro nave e la trasportano per dodici giorni e dodici notti attraverso il deserto libico. La nave che fino a poco prima trasportava gli Argonauti deve ora essere trasportata. L'ecologia generale deve essere intesa come una presa in carico totale di NST? È un'ingiunzione che spinge ognuno a fare la propria parte in funzione del buon funzionamento del tutto? È una chiamata all'ordine resa necessaria da una condizione in cui, per dirla con Serres, «ne va della Terra, nella sua totalità, come degli uomini, nel loro insieme»? Dove «la storia globale entra nella natura; la natura globale entra nella storia?» (Serres 2019, 13).

II. Ecologia ristretta, economia della natura: una nuova chiamata all'ordine

L'espressione *ecologia generale* tradisce l'ambizione di smarcarsi da un'ecologia che si è tentati di definire, richiamandosi a Bataille (1992), ristretta. L'*ecologia ristretta* può essere definita come un'economia della natura, lo studio dei modi attraverso cui il consumo energetico e il modo di

possibile determinare i valori delle parti rimanenti, così come conoscendo la somma degli angoli di un triangolo e il comportamento di tre dei suoi elementi è possibile calcolare gli altri» (Buckminster Fuller 2018, 57).

riproduzione degli organismi condiziona il loro habitat – complesso abiotico e biotico – e di come l'habitat condiziona a sua volta il consumo energetico e il modo di riproduzione degli organismi. Il richiamo alla distinzione batailliana tra un'economia ristretta e un'economia generale produce però una dissonanza: mentre l'economia generale di Bataille faceva dello scarto, dell'eccesso, dello sperpero la sua ragion d'essere, l'ecologia generale, nel contesto in cui l'abbiamo incontrata, ambisce a un sapere senza scarto che guidi pratiche e condotte di vita senza *e-missioni* ed effetti collaterali. Un sapere integrale, accorpante e senza scorie.

L'aggettivo *generale* sembrerebbe rimandare piuttosto al carattere totalizzante, alla posta in gioco globale, della storia raccontata. Gli attori dell'ecologia generale sono totalità in movimento, blocchi in collisione: l'Umanità globale – «piattaforme umane immense e dense» (Serres 2009, 27) –, la Terra nella sua totalità. Lo scenario che si profila è una catastrofe su scala globale, l'estinzione dell'Umanità e di innumerevoli specie viventi. Questa dimensione totalizzante si staglia però all'interno di un'ecologia ristretta: si tratta pur sempre di esaminare l'impatto del modo di riproduzione di un certo organismo – l'*anthropos*, l'umanità globale – sul suo habitat – che oramai corrisponde alla Terra nella sua totalità. Il piano d'analisi non fa una grande differenza: che sia una laguna, un bacino fluviale, un bioma o l'intera ecosfera sconvolta dall'azione di un *anthropos* ipertrofico, l'economia della natura redige bilanci metabolici studiando la relazione tra i modi di riproduzione e la disponibilità di risorse energetiche e materiali. A prescindere dal livello di analisi, davanti a un problema di disallineamento dall'equilibrio, si tratta di indicare il correttivo, ritracciare la rotta, mitigare, migliorare e adattare.

L'ecologia generale è speculare alla Teoria generale dei Sistemi: in entrambe, l'aggettivo *generale* ha il medesimo senso. Come viene suggerito da Buckminster Fuller, per fare in modo che nessuna variabile essenziale venga trascurata occorre partire dal sistema più generale possibile, per poi ricavare l'esatta funzione espressa dalle parti in modo da rendere conto della dinamica complessiva. Si parte da una Terra senza scarti né riserve per determinare il giusto rapporto tra i suoi componenti. In tal modo si ottiene una Teoria *integrale* dei Sistemi come fondamento metodologico di un'ecologia altrettanto integrale. Dietro l'espressione ecologia generale, oramai è evidente, non si nasconde nient'altro che un'ecologia ristretta fatta lavorare su scala planetaria.

Recentemente Eric Hörl ha indicato nel processo di cibernetizzazione la condizione tecnologica dell'ecologia generale (Hörl 2013). Alla luce della configurazione che l'ecologia generale ha assunto fino a questo momento, si potrebbe semplicemente dire con Serres: «Ed ecco ritornata la cibernetica. Per la prima volta nella storia, il mondo umano o mondano, in blocco, fa fronte al mondo mondiale, senza gioco, resto né rimedio, per l'insieme del sistema, come in un vascello. Il governante è il pilota che governa in una stessa arte di governare» (Serres 2019, 60). La cibernetica entra in scena come *gubernatio/navigatio* di NST, *governance* globale in uno stato di emergenza ecologica generale, pragmatica dei tempi complessi e turbolenti, braccio operativo della Teoria Generale dei Sistemi e della Sinergetica. Come *omeotecnica* (Sloterdijk 2000, 179-180) la sua funzione sarebbe quella di riarticolare il blocco Umanità e il blocco Natura assegnando alla prima la giusta parte all'interno della seconda. Il *grand*

partage viene ricucito tramite attribuzione dei giusti ruoli, conversione di un rapporto parassitario in un rapporto simbiotico. L'Umanità è parte di una totalità, di un pianeta vivente, e deve imparare a vivere in funzione di questa totalità. La cibernetica non sarebbe nient'altro che una nuova chiamata all'ordine, capace di suscitare reazioni contrastanti e fomentare immaginari completamente antitetici: da una totalizzazione del controllo tramite una sua capillarizzazione/molecolarizzazione resa possibile dalle tecnologie informatiche (Deleuze 2000) a una liberazione radicale dove le stesse tecnologie informatiche rendono possibile un'autogestione generalizzata (Dolgoff 1989; Duda 2013). Da una parte la cibernetica è il cervello del nuovo Leviatano, dall'altra è la testa tagliata al Leviatano, che produce un divenire-cervello di tutta la società: una fitta rete di individui interconnessa, acentrica, priva di gerarchie, dove il controllo è diffuso, orizzontale, e dove i limiti alla libertà di ogni individuo trovano come unico vincolo la libertà degli altri individui a cui è connesso, generando non di meno un ordine spontaneo su scala complessiva (Ward 2019).[2]

Riuscirà il buon (auto)governo cibernetico a sostituire ai feedback positivi operanti tra l'Umanità e la Natura, responsabili dell'accelerazione fuori controllo che ci porterà all'estinzione, dei feedback negativi capaci di ripristinare una dinamica di auto-regolazione?

Questa domanda ha senso solo all'interno di un'ecologia ristretta – l'economia della natura che si è visto celarsi dietro l'espressione "ecologia generale". Il suo spazio operativo risulta definito dalle polarità globale/locale, tutto/parte. L'articolazione tra i termini di una polarità non può che avvenire tramite attribuzione della giusta funzione dei comportamenti locali, delle parti, in relazione ai nuovi regimi imposti dal globale, dal tutto.

Nell'indicazione di Hörl la cibernetica viene però considerata *condizione* tecnologica dell'ecologia generale e non *nottola* di Minerva che compare una volta che l'ecologia generale si è già assestata. In che modo la cibernetica può essere considerata la condizione, e non il braccio operativo, di un'ecologia che si pretende generale? Considerarla condizione e non strumento conferirà un senso nuovo all'ecologia generale tale da differenziarla veramente da un'ecologia ristretta?

III. Cibernetica: pragmatica, terapia, enciclopedia

In *Introduzione alla cibernetica* William Ross Ashby (1971), nel delineare le novità dell'approccio cibernetico, ne indicava tre funzioni: (1) pragmatica; (2) terapeutica; (3) enciclopedica.

Nella funzione pragmatica è iscritto l'uso della cibernetica come modalità di conoscenza e gestione dei sistemi complessi, caratterizzati da un numero elevato di variabili le cui relazioni danno vita a dinamiche non lineari. Sistemi biologici e sistemi sociali ne sono un esempio. La cibernetica risponde così a un'esigenza gestionale e conoscitiva di sistemi difficilmente trattabili tramite i "metodi classici".

Sotto il profilo progettuale ciò che la cibernetica annuncia è una *emergent engineering* (Krakauer 2019), l'equivalente di ciò che Sloterdijk chiama *omeotecnica*. Seguendo l'analisi di Krakauer (2019, 351-352),

[2] Scrive il cibernetico Grey Walter (1963, 89) per la rivista *Anarchy*: «in comparing social with cerebral organizations one important feature of the brain should be kept in mind: we find no boss in the brain, no oligarchic ganglion or glandular Big Brother. Within our heads our very lives depend on equality of opportunity, on specialisation with versatility, on free communication and just restraint, a freedom without interference. Here too local minorities can and do control their own means of production and expression in free and equal intercourse with their neighbours. If we must identify biological and political systems our own brains would seem to illustrate the capacity and limitations of an anarcho-syndacal community».

l'ingegneria classica – ciò che Sloterdijk (2000, 180) definirebbe *allotecnica* – si basa essenzialmente su cinque assiomi: (1) i principi scientifici su cui la progettazione si fonda devono essere validi tanto per le componenti quanto per l'aggregato; (2) una buona progettazione prevede componenti robusti – soggetti il meno possibile al guasto e al malfunzionamento – e aggregabili con estrema precisione; (3) l'incertezza e la possibilità d'errore del comportamento complessivo devono essere minimizzate riducendo il più possibile il grado di libertà dei componenti; (4) i sistemi progettati devono presentare una dinamica lineare, prevedibile e completamente controllabile; (5) Il progettista deve ridurre il rumore e la capacità adattativa dei componenti in modo da prevenire l'emergere di comportamenti inaspettati.

Questo metodo non consente di intervenire – tantomeno di progettare – sistemi che (1) sia a livello di singole componenti sia a livello di aggregati presentano un'alta capacità di adattabilità tale da rendere possibile l'emergere di proprietà non previste; (2) presentano un alto grado di fallibilità a livello dei componenti, costringendo a riconsiderare il comportamento complessivo desiderato nei termini di un'approssimazione statistica; (3) presentano un'incertezza significativa, data dalla mancanza di informazioni, rispetto ai comportamenti che sia i componenti sia l'aggregato possono esibire; (4) operano in regimi di non-linearità e spesso in prossimità di soglie critiche; (5) fanno dell'adattabilità e dell'apprendimento, tanto dei componenti quanto degli aggregati, il loro *modus operandi* (Krakauer 2019, 352-353).

La cibernetica, nella sua funzione pragmatica, fa quindi da preludio a una *emergent engineering* in grado di comprendere, gestire e progettare sistemi di suddetta complessità, tramite (1) la modificazione del contesto selettivo in cui operano agenti semi-autonomi in modo da ottenere il comportamento voluto tramite premi e incentivi; (2) l'accettazione di un alto tasso di fallibilità dei componenti che costringe a focalizzarsi sui meccanismi che possono livellare, sul piano statistico, tale fallibilità, in modo da ottenere aggregati il cui comportamento ricade in un *range* di comportamenti accettabili; (3) una progettazione che tiene conto della distribuzione dei risultati piuttosto che del singolo risultato desiderato; (4) lo sviluppo di meccanismi per controllare sistemi non lineari e per predire e condizionare le transizioni critiche; (5) un buon uso delle proprietà adattative, sia delle parti sia degli aggregati, tale da permettere una continua esplorazione e uno sfruttamento delle novità, piuttosto che la costrizione del sistema all'interno di un *range* limitato di stati (Krakauer 2019, 353).

Ne consegue che nella sua funzione pragmatica la cibernetica, come *omeotecnica* o *ingegneria emergente*, opera in modo tale da ottenere il comportamento globale desiderato – o il *range* di comportamenti globali accettabili – anche in presenza di parti indocili. Promette di farlo con mezzi gentili, *soft*, rispettando il più possibile le proprietà delle parti, sfruttando i loro gradi di libertà anziché ridurli.

A questa funzione pragmatica si interseca quella terapeutica. Scrive Ashby (1971, 9):

Sebbene questo libro si occupi di argomenti svariati, essi non sono altro che dei mezzi: il fine è stato sempre quello di chiarire i principi generali da seguire quando si voglia tentare di ricondurre alla normalità le funzioni di un organismo malato

che, se si tratta di un organismo umano, è sempre straordinariamente complesso. È mia convinzione che una comprensione di tipo nuovo può condurre a terapie nuove ed efficaci di cui è grande la necessità.

Queste due funzioni sembrano giustificare l'impiego della cibernetica come braccio operativo dell'ecologia ristretta: la salute di NST o di Gaia può essere ripristinata con mezzi *omeotecnici*, tramite interventi di *ecohacking* gentili e rispettosi della libertà delle parti ma capaci al contempo di sfruttarla strategicamente per produrre comportamenti globali all'interno di un *range* accettabile.

Con la terza funzione, quella enciclopedica, si verifica un certo *detour* nella rotta che è stata tracciata fino a questo momento. La terza funzione rimanda al modo in cui la cibernetica ha pensato la composizione dei saperi. Conviene riportare per intero un passaggio (Ashby 1971, 11):

Fino a qualche tempo fa [...] ogni tentativo di mettere in relazione i molti fatti conosciuti sui servomeccanismi con quello che era noto sul cervelletto, veniva reso inutilmente difficile perché le proprietà dei servomeccanismi erano descritte con delle parole che sapevano di piloti automatici o di apparecchiature radio, o di freni idraulici, mentre le proprietà del cervelletto erano descritte con dei termini che sapevano di sala anatomica o di letto di ospedale; e tutto questo non serve per istituire delle *analogie* tra un servomeccanismo ed un riflesso del cervelletto. La cibernetica rende invece disponibile un complesso di concetti che, stabilendo precise corrispondenze tra branche diverse della scienza, conduce alla conoscenza di precise connessioni interdisciplinari.

È stato possibile constatare più volte che, nella scienza, la scoperta delle relazioni tra due diverse branche ha fatto sì che ognuna facilitasse lo sviluppo dell'altra. Il risultato, spesso, è una decisa accelerazione nello sviluppo di entrambe. Il calcolo infinitesimale e l'astronomia, i virus e la molecola proteica, i cromosomi e l'ereditarietà sono gli esempi che si presentano alla mente. Nessuna delle due discipline, naturalmente, può fornire delle *prove* circa le leggi valide nell'altra: ognuna delle due, però, può dare suggerimenti che possono rivelarsi del più grande giovamento e del massimo frutto.

Ciò che appare chiaro da questo passaggio è che la cibernetica non pensa la composizione tra i saperi attraverso l'istituzione di un meta-sapere. La cibernetica non si risolve nella sussunzione dei saperi particolari operata da una metateoria sufficientemente generale. È a questa teoria generale senza scarti – e dunque senza omissioni-emissioni – che si appella Buckminster Fuller. È un sapere che fa del meccanicismo, del riduzionismo, dello specialismo uno spauracchio contro cui opporre un sapere organicista, integrale, olistico. La Teoria Generale dei Sistemi evocata da Buckminster Fuller è chiaramente quella di Bertalanffy. A proposito di quest'ultimo Isabelle Stengers e Ilya Prigogine scrivono (1977, 1011): «Il programma di Bertalanffy avrebbe dovuto essere, se non fosse stato immobilizzato dallo spauracchio del riduzionismo, non una teoria *generale* dei sistemi, alla ricerca di ciò che fa l'unità di tutti i sistemi in quanto sistema, ma una teoria differenziale e circostanziale delle relazioni e dei sistemi».

In filigrana al passaggio citato da *Introduzione alla cibernetica*, a mio avviso si può cogliere il preludio a una teoria differenziale e circostanziale delle relazioni e dei sistemi. Per rendere chiaro questo punto, conviene introdurre la *macchina astratta*, la vera protagonista del testo di

Ashby. Quest'ultimo ci dice che la cibernetica è una teoria delle macchine, dove con *macchina* non bisogna intendere un oggetto fisico – assemblaggio di parti materiali – ma un *modo di comportamento* (Ashby 1971, 7).

La cibernetica studia modi di comportamento, in altri termini è una scienza che raccoglie, descrive, compara *operazioni*. Un'operazione è un'azione che produce una differenza: tracciare una linea su un foglio è un'operazione, cancellare una linea è un'altra operazione. Il passaggio da un'operazione all'altra è una *trasformazione*, cioè un *cambiamento di stato* della macchina.

La *struttura* di una macchina sarà il risultato della regolarità con cui si ripetono certe operazioni: tracciare tre linee e cancellarne due, tracciare due linee e cancellarne tre, tracciare tre linee e cancellarne due, tracciare due linee e cancellarne tre, e così di seguito. Questo *pattern* di operazioni che si ripete è una struttura. In senso proprio non ci sono strutture contrapposte a operazioni, ma ci sono strutture poiché ci sono operazioni che si ripetono con una certa regolarità.

La cibernetica che così si profila assume i contorni di un'*etologia generale*: lo studio di qualsiasi macchina intesa come modo di comportamento, cioè come struttura operativa.

Avendo come oggetto di studio macchine astratte, la cibernetica rivendica una sua autonomia rispetto alla fisica: il metabolismo della macchina – il modo in cui questa usa e trasforma materia ed energia – non è il fattore più importante per un cibernetico, così come è poco rilevante se ciò che chiamiamo macchina sia il risultato di un assemblaggio di cellule organiche, di relè elettronici, di ingranaggi meccanici o di lettere dell'alfabeto: ciò che è rilevante è il tipo di operazione che osserviamo, la regolarità delle trasformazioni attraverso le quali si delinea una struttura.

Nel momento in cui passiamo dallo studio del modo di comportamento – etologia generale – allo studio delle relazioni tra i modi di comportamento, la teoria delle macchine astratte diventa *ecologia generale*. L'ecologia generale, in questo senso, è lo studio dei modi di composizione delle strutture operative, vale a dire dei modi in cui le macchine si accoppiano, si vincolano, si controllano, si assemblano, si parassitano, si distruggono. Quando l'operare di una macchina è incompatibile con quello di un'altra macchina – cioè quando la *risonanza* che si crea tra le due tende a distruggerne una o entrambe – una terza macchina può servire da *mediatore*, cioè da stabilizzatore della dinamica sorta dall'accoppiamento delle due macchine. La macchina mediatrice è in ogni caso una singolarità che può entrare in risonanza con altre macchine; questa risonanza può richiedere una nuova operazione di mediazione, e così via. La rete di strutture operative così ottenuta consiste in una distribuzione *eterarchica* (McCulloch 1945) rispetto alla quale è impossibile rintracciare l'*Urgrund*, il piano strutturale fondamentale sul quale si stratificano gerarchicamente tutte le altre operazioni.

L'Enciclopedia è dunque pensata come composizione di saperi locali e autonomi per mezzo di macchine astratte che operano *tra* i saperi e non *sui* saperi. Il cibernetico è colui che definisce macchine astratte, traccia possibili connessioni, rileva isomorfismi. La macchina astratta ricopre il ruolo di *trasduttore*, capace di porre in comunicazione due strutture operative altrimenti non comunicanti. La mediazione è un'operazione che mira a rendere compatibili due saperi che rimangono autonomi, ma

che possono trarre vantaggio l'uno dalle operazioni dell'altro. L'unità dei saperi non dipende da un meta-punto-di-vista capace di cogliere la totalità dei punti di vista espressi dai saperi locali e dunque di disporre ognuno di questi in funzione della totalità.

La cibernetica di second'ordine, inoltre, ci dice questo: anche il punto di vista dell'osservatore di second'ordine, cioè del soggetto trascendentale – di cui si *può* e si *deve* rendere conto alla luce di una teoria delle strutture operative – non è un punto di vista privilegiato, ma è un punto di vista tra altri. L'osservatore di second'ordine può vedere altri punti di vista, ma non vede *come* vedono questi punti di vista. Come ogni punto di vista, vede solo quello che può vedere, e non vede che non può vedere ciò che non vede (von Foerster 2003). L'osservatore di second'ordine non può essere mobilitato come fondamento della conoscenza ma è piuttosto un punto di vista che si aggiunge al mosaico delle conoscenze. [3]

Si struttura in questo modo un'autentica *ecologia generale*, dove “generale” non rimanda più al piano totale e globale dell'analisi ma alla *generalizzazione* dell'ecologia, alla sua *astrazione* da qualsiasi ancoraggio agli organismi, ai loro habitat, allo scambio e allo sfruttamento di materia ed energia. [4] Nel momento in cui i suoi oggetti di studio diventano i modi di relazione tra strutture operative, possono esplodere le *thousand ecologies* di cui scrive Hörl (2017, 1), le ecologie della sensazione, della percezione, della cognizione, del desiderio, dell'attenzione, del potere, dei valori, dell'informazione, della partecipazione, dei media, della mente, delle relazioni, delle pratiche, dei comportamenti, dell'appartenenza, del sociale, del politico.

La cibernetica – intesa come teoria delle macchine astratte – diventa un'ecologia generale poiché studia le *composizioni* tra strutture operative (1) senza presupporre la loro *integrazione* in una totalità funzionalmente organizzata e (2) ponendosi al di qua della partizione tra *humanities*, *natural science* e *technological studies*. Tutto ciò che può essere osservato come struttura operativa e come modo di relazione tra strutture operative ricade nel suo campo di interesse, a prescindere dal macro-dominio in cui l'operazione viene comunemente fatta rientrare.

È ancora un uso ristretto della cibernetica – un uso pragmatico, terapeutico – quello di mobilitarla come arte della *gubernatio-navigatio* dei sistemi complessi, come coordinamento e guida delle parti in funzione del tutto e come *frame* omeotecnico per un *ecohacking* illuminato. Ciò che si profila è piuttosto un modo di composizione che non opera a partire dai binarismi parte/tutto, locale/globale. Una composizione che passa per la cruna sottile della differenza.

IV. La differenza ecologica

«Il concetto più fondamentale per la cibernetica è quello di “differenza”» (Ashby 1971, 17). Alla domanda: vengono prima i relati o la relazione? La cibernetica risponde: viene prima la differenza, che pone al contempo i relati e le condizioni della loro relazione.

[3] Con le parole di Niklas Luhmann (1989, 94-95): «l'osservazione di questa osservazione [...] si presenta come un sapere migliore mentre in verità è solo un particolare tipo di osservazione del proprio ambiente. Esistono tuttavia limitazioni strutturali di ogni operazione e di ogni osservazione, e proprio questo rende rilevante l'osservazione di secondo ordine. Una migliore valutazione della situazione è ottenibile solo se questo vantaggio prospettico è applicato a se stesso [...]. Quindi devono essere in primo luogo analizzati e comparati i limiti della capacità di osservare, di descrivere e di trasformare visioni in operazione. Protestare contro tali limitazioni sarebbe un comportamento singolarmente ingenuo e da osservarsi come tale – se non da colui che protesta, in ogni caso da altri, davanti ai quali protesta».

[4] Hörl (2017, 1) parla a riguardo di un'*ecologia denaturalizzata*: «it not only abandons any reference to nature, but even occupies fields that are definitively unnatural».

La *differenza ecologica* rimanda al processo attraverso cui un sistema si disaccoppia dal proprio ambiente (Esposito 2017). La differenza tra sistema e ambiente si determina a partire da una *chiusura operativa* del sistema, cioè da una netta separazione dei modi di operare del sistema rispetto a quelli dell'ambiente. Tale differenziazione pone al contempo le condizioni di relazione tra il sistema e l'ambiente. Il sistema non abita l'ambiente, quest'ultimo non è un grosso contenitore in cui germinano sistemi diversi. Tra sistema e ambiente non vige un rapporto di contenuto/contenitore, bensì un rapporto di radicale esclusione: il sistema è ciò che non è l'ambiente. In senso proprio, l'ambiente è le operazioni degli *altri* sistemi.

Un sistema, cioè una struttura operativa autonoma – dotata di operazioni proprio-specifiche – può entrare in risonanza con altre strutture operative a loro volta autonome. Il grado di risonanza determinerà l'*accoppiamento strutturale* tra due sistemi o la loro mutua esclusione (Maturana & Varela 1985, 34). Se le strutture operative saranno in grado di mantenere la loro differenza – senza confondersi o disintegrarsi – a dispetto delle trasformazioni strutturali che la messa in relazione provocherà in entrambe, allora l'accoppiamento strutturale si protrarrà nel tempo. Quando la risonanza coinvolge più strutture operative si ottiene una *composizione*. Nessuna delle singole strutture operative opera in funzione del tutto, cionondimeno la composizione può ritagliarsi il proprio spazio operativo, cioè può operare in maniera proprio-specifica. Per quanto questa nuova struttura operativa dipenda dalla composizione delle strutture operative da cui emerge, essa sarà autonoma, cioè consisterà in operazioni proprio-specifiche. [5]

Il tutto non ha una priorità sulle parti, le parti non hanno priorità sul tutto. Semplicemente la distinzione parte/tutto smette di essere operativa e viene sostituita dalla distinzione sistema/ambiente. La composizione è una struttura operativa differente da altre. Nel suo ambiente non ci saranno solo le *altre* strutture operative e le *altre* composizioni di strutture operative, ma anche le strutture operative che entrano nella *sua* composizione.

Per capire quale slittamento teorico comporta la sostituzione del binarismo parte/tutto con quello sistema/ambiente, può essere utile articolarlo come segue.

Operando a partire dalla distinzione parte/tutto e ponendo in primo luogo – come suggerito da Buckminster Fuller – l'insieme più vasto possibile, si otterrebbe: l'insieme più generale, che chiameremo Ambiente (*A*). *A* è composto, per esempio, da cinque Sistemi che interagiscono tra di loro (*S₁*, *S₂*, *S₃*, *S₄*, *S₅*). Ognuno di questi Sistemi è composto da sotto-sistemi, quelli di *S₁* sono *s_{1a}*, *s_{1b}*, *s_{1c}*; quelli di *S₂* sono *s_{2a}*, *s_{2b}*, *s_{2c}*, ecc. A loro volta i sotto-sistemi possono costituirsi di parti, e così via a cascata, seguendo una logica dell'inscatolamento o della matrioska. Un livello funge da *ambiente relativo* per il livello immediatamente inferiore. L'*ambiente assoluto* è uno, quello da cui siamo partiti, *A*. Il buon funzionamento delle parti è necessario per il buon funzionamento del tutto. I modi in cui le parti interagiscono, dunque, può essere funzionale o disfunzionale all'integrità del tutto.

Operando a partire dalla differenza ecologica, cioè dalla distinzione sistema/ambiente, si ottiene: una differenza tra un Sistema *S_i* e un

[5] Un esempio può aiutare a chiarire questo aspetto: il sistema psichico (percezioni, sensazioni, emozioni, pensieri) dipende dal sistema neurale (trasmissione di un segnale elettrochimico tra i neuroni). A dispetto della dipendenza del primo dal secondo, i due sistemi sono autonomi, cioè hanno operazioni proprio-specifiche da non confondere. Da un punto di vista operativo, l'affermazione "la mente è il cervello" è completamente erronea – percezioni, sensazioni, emozioni, pensieri non sono trasmissioni di segnali elettrochimici tra neuroni. Cercare di mappare le relazioni tra i due sistemi – ciò che McCulloch e Pitts (1943) fecero con la loro rete neurale artificiale e ciò che i neuroscienziati cognitivi fanno tutt'oggi – non significa far collassare lo psichico sul neurale, ma scoprire i meccanismi che accoppiano strutturalmente i due sistemi.

ambiente A_1 , tra un S_2 e un A_2 , tra un S_3 e un A_3 , tra un S_4 e un A_4 , ecc. Dato che, come si è detto in precedenza, l'ambiente di un sistema consiste nelle operazioni degli altri sistemi, A_1 consisterà in S_2, S_3, S_4 ; A_2 consisterà in S_1, S_3, S_4 ; A_3 consisterà in S_1, S_2, S_4 ; e così via. Ogni sistema può a sua volta differenziarsi internamente. S_1 , per esempio, può differenziarsi in s_1 e a_1 . a_1 consisterà in S_1, S_2, S_3, S_4 . In tal caso l'ambiente di S_1 consisterà non solo in S_2, S_3, S_4 , ma in S_2, S_3, S_4, s_1 . Questa distribuzione non esclude l'emergere di *strange loops* (Hofstadter 1984), come nel caso in cui S_1 si differenzia in s_1/a_1 , e s_1 si differenzia in S_1/A_1 – ci si trova improvvisamente in un disegno di Escher. Naturalmente il grado di risonanza tra i vari sistemi non sarà il medesimo, e ogni sistema potrà assumere il ruolo di mediatore rispetto ad altri sistemi. Per esempio, il rapporto tra s_1 e S_2 potrebbe non essere diretto ma mediato da S_1 .

La distinzione parte/tutto obbliga a pensare la composizione in termini di *livelli gerarchici*, cioè nei termini di come le parti si relazionano tra loro e si strutturano su più piani integrati in una totalità.

La distinzione sistema/ambiente obbliga a pensare in termini di *distribuzioni eterarchiche*, dove ogni sistema può essere per un altro, a seconda dei casi, un'interfaccia, una soglia di risonanza, una mediazione operativa, uno spazio simpoietico, un campo di battaglia.

Le ricadute da un punto di vista ecologico sono notevoli. L'ecologica ristretta implica una chiara gerarchizzazione tra gli interessi delle parti e gli interessi del tutto. O le parti sono in grado di accordarsi con gli interessi del tutto, oppure si estingueranno o causeranno un collasso complessivo. Gli interessi del tutto hanno una priorità rispetto all'interesse delle parti. Le cose stanno diversamente alla luce di un'ecologia generale: l'interesse di nessun sistema deve essere privilegiato a priori rispetto all'interesse di un altro. Questo per ragioni intrinseche alla logica della differenza tra sistema e ambiente, in quanto la distribuzione eterarchica che si genera rende impossibile una gerarchizzazione degli interessi, non essendoci più criteri precisi per distinguere le parti dal tutto. Ne consegue che Io, come modo di comportamento o struttura operativa proprio-specifica, sono l'ambiente dell'*oikos*, dello Stato, dell'azienda, del mercato, di Gaia, di NST e non una loro parte. Io sono una differenza, che può comporsi o lottare con altre differenze, ma non sono parte di niente.

L'ecologia generale invita a ripensare la composizione tra gli interessi senza garanzie, senza presupporre un piano come condizione a priori dell'accordo – sia questo piano il pubblico, il comune, l'ambiente, lo stato, la natura, l'umanità. [6] La cibernetica di second'ordine esprime, sul versante epistemologico, l'impossibilità di poter confidare su garanzie ultime e inconcusse. L'osservatore è un sistema che compie operazioni proprio-specifiche, basate sulla distinzione e l'indicazione (Luhmann 2012). Ciò che era indistinto viene distinto, e una parte di ciò che viene distinto è indicato. Un osservatore può distinguere tra sistema e ambiente: il sistema sarà la parte indicata della distinzione, tutto ciò che non è indicato ricadrà nell'ambiente. In altri termini, il sistema consisterà nelle variabili che l'osservatore ha selezionato e l'ambiente nelle variabili non selezionate (Ashby 1962). Ne consegue che non esiste processo di osservazione che non

[6] Scrive Latour (2019, 128): «[...] l'umanità come agency unificata, come entità politica virtuale unitaria, come concetto universale, deve essere scomposta in molteplici popoli distinti, dotati di interessi contraddittori, di mondi divergenti, e convocati sotto gli auspici di entità in guerra», e aggiunge poco dopo (129): «Se i collettivi diventano traducibili gli uni per gli altri, è perché essi decidono di enunciare esplicitamente chi sono, quali amici e quali nemici hanno e a quali condizioni possono entrare in una cosmopolitica di qualche genere, senza che a portarvici sia una Provvidenza che li sovrasterebbe per distribuire dall'alto i loro ruoli e i loro destini».

divida uno spazio tra interno ed esterno e che di conseguenza sia capace di esentarsi dal tralasciare variabili importanti e dal produrre effetti collaterali. Non garantisce nulla nemmeno l'elevazione di ordine, cioè il farsi trascendentale dell'osservatore, il poter applicare l'operazione di osservazione ad altre osservazioni. Sebbene un osservatore di second'ordine si dimostri capace di vedere ciò che non vede un osservatore di prim'ordine, le sue osservazioni si baserebbero pur sempre sulla distinzione e sull'indicazione, dunque sulla selezione di alcune variabili a scapito di altre. Possiamo aggiungere osservatori di second'ordine a osservatori di second'ordine quanto vogliamo, non otterremo mai la visione assoluta, esattamente come aggiungendo lati a un poligono inscritto in un cerchio non otterremo mai tanti spigoli da poter toccare ogni punto della circonferenza del cerchio. Il punto di vista di second'ordine ha la stessa dignità di ogni altro punto di vista e non può avanzare nessuna pretesa se non quella di poter continuare a essere ciò che è.

Il punto di vista astronautico, l'occhio cosmico, non è il punto di vista di tutti, non vede ciò che vedono tutti, vede solo ciò che può vedere, e non vede che non può vedere ciò che non vede: non vede, per esempio, l'eterarchia di strutture operative che si alleano, combattono, controllano, perturbano, selezionano, escludono, attraggono, sintonizzano, destabilizzano, sottomettono, distruggono. Non vede la proliferazione di punti di vista, punti di interesse, che negoziano e lottano costantemente per la loro esistenza con tutti gli altri punti di vista sul suolo terrestre. L'occhio cosmico non vede di essere un punto di vista che si aggiunge a un coro di punti di vista. Nessun direttore d'orchestra a comporre queste voci, nessun *kubernetes* in grado di dirigerle, pilotarle, armonizzarle.

I contorni assunti dall'ecologia generale non sembrano dare garanzie, sicurezze o risposte ai tanti "che fare?" che il nuovo regime climatico solleva. L'ecologia generale appare essenzialmente tragica, parla di una proliferazione di differenze, di punti di interesse, di *detours* rispetto ai quali la ricomposizione è sempre una posta in gioco contingente, non un diktat, una finalità, un compito o una promessa. Il punto di vista astronautico non è il punto di vista di ogni sistema situato, non sussume tutti i punti di vista terrestri: non basta osservare la Terra da quelle altezze per definire un Noi sotto la cui egida risintonizzare le condotte. Castoriadis (2015, 71) ha colto lo spirito dell'ecologia generale parlando di democrazia:

La democrazia, quando è vera, è quel regime che rinuncia esplicitamente a ogni garanzia ultima e che non conosce altra limitazione che la sua autolimitazione. Ovviamente, essa può trasgredire questa autolimitazione, come è spesso successo nella storia, e può quindi inabissarsi o ribaltarsi nel suo contrario.

Ciò significa che la democrazia è il solo regime politico tragico, è il solo regime che rischia, che affronta apertamente la possibilità della propria autodistruzione. La tirannia o il totalitarismo non "rischiano" niente, perché hanno già risolto tutto ciò che può essere un rischio nella vita storica. La democrazia si deve invece sempre confrontare con il problema della propria autolimitazione, che nulla può assolvere in anticipo.

"Autonomia o barbarie" è l'*aut aut* in cui è da sempre inscritto il futuro delle differenze ecologiche.

Bibliografia

- Accarino, B. (2016). «Gubernatio/Navigatio». Rileggendo il topos, con uno sguardo finale alla cibernetica. *Filosofia Politica*, 3, 389-392.
- Ashby, W. R. (1962). Principles of the Self-Organizing System. In H. von Foerster & G. W. Zopf (a cura di). *Principles of Self-Organization* (255-278). New York: Pergamon Press.
- Id. (1971). *Introduzione alla cibernetica*. Trad. it. di M. Nasti. Torino: Einaudi.
- Bataille, G. (1992). *La parte maledetta*. Trad. it. di F. Serna. Torino: Bollati Boringhieri.
- Buckminster Fuller, R. (2018). *Manuale operativo per Nave Spaziale Terra*. A cura di J. Snyder. Milano: Il Saggiatore.
- Clarke, B. (2017). Planetary Immunity. Biopolitics, Gaia Theory, the Holobiont and the Systems Counterculture. In E. Hörl (ed). *General Ecology. The New Ecological Paradigm* (193-217). London: Bloomsbury.
- Castoriadis, C. (2015). La logica del magma. In L. Guzzardi (a cura di). *Il pensiero acentrico. L'irruzione del caos nell'impresa conoscitiva*. Milano: elèuthera.
- Deleuze, G. (2000). Poscritto sulle società di controllo. In Id. *Pourparler*. Trad. it. di S. Verdicchio. Macerata: Quodlibet.
- Dolhoff, S. (1989). *The Relevance of Anarchism to Modern Society*. Chicago: Charles H. Kerr.
- Duda, J. (2013). Cybernetics, anarchism and self-organization. *Anarchist Studies*, 21 (1), 52-72.
- Esposito, E. (2017). An Ecology of Differences Communication, the Web, and the Question of Borders. In E. Hörl (ed). *General Ecology. The New Ecological Paradigm* (285-302). London: Bloomsbury.
- Hofstadter, D. R. (1984). *Gödel, Escher, Bach. Un'eterna ghirlanda brillante*. A cura di G. Trautteur. Milano: Adelphi.
- Hörl, E. (2013). A Thousand Ecologies: The Process of Cyberneticization and General Ecology. In D. Diederichsen & A. Franke (eds). *The Whole Earth: California and the Disappearance of the Outside* (121-30). Berlin: Sternberg Press.
- Id. (2017). Introduction to General Ecology. The Ecologization of Thinking. In E. Hörl (ed), *General Ecology. The New Ecological Paradigm* (1-74). London: Bloomsbury.
- Krakauer, D. C. (2019). Emergent Engineering: Reframing the Grand Challenge for 21st Century. In D. C. Krakauer (ed). *Worlds Hidden in Plain Sight. The Evolving Idea of Complexity at the Santa Fe Institute 1984-2019*. Santa Fe: The Santa Fe Institute Press.
- Latour, B. (2019). L'Antropocene e la distruzione dell'immagine del globo. In Id. *Essere di questa Terra. Guerra e pace ai tempi dei conflitti ecologici*. A cura di N. Manghi. Torino: Rosenberg & Sellier.
- Lovelock, J. (1988). Gaia. Un Modello per la dinamica planetaria. In W. I. Thompson (a cura di). *Ecologia e autonomia. La nuova biologia: implicazioni epistemologiche e politiche*. Trad. it. di L. Maldacea. Milano: Feltrinelli.
- Luhmann, N. (1989). *Comunicazione ecologica. Può la società moderna adattarsi alle minacce ecologiche?*. Trad. it. di R. Sutter. Milano: Franco Angeli.
- Id. (2007). *Conoscenza come costruzione*. A cura di A. Cervolini. Roma: Armando.
- Maturana, H. & Varela, F. (1985). *Autopoiesi e cognizione. La realizzazione del vivente*. Trad. it. di A. Stragapede. Venezia: Marsilio.
- McCulloch, W. & Pitts, W. (1943). A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115-133.
- McCulloch, W. (1945). A Hierarchy of Values Determined by Topology of Nervous Nets. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 7, 89-93.
- Serres, M. (2019). *Il contratto naturale*. Trad. it. di A. Serra. Milano: Feltrinelli.
- Sloterdijk, P. (2000). La domesticazione dell'essere. Lo spiegarsi della *Lichtung*. In Id. *Non siamo ancora stati salvati. Saggi dopo Heidegger* (113-184). A cura di A. Calligaris & S. Crosara. Milano: Bompiani.
- Id. (2017a). L'esperimento oceano. Dalla globalizzazione nautica a un'ecologia generale. In Id. *Che cosa è successo nel XX secolo?* (51-63). Trad. it. di M. A. Massimello. Torino: Bollati Boringhieri.
- Id. (2017b). Antropocene: uno stato processuale ai margini della storia della Terra?. In Id. *Che cosa è successo nel XX secolo?* (9-37). Trad. it. di M. A. Massimello. Torino: Bollati Boringhieri.
- Stengers, I. & Prigogine, I. (1981). Sistema. In *Enciclopedia Einaudi*, 993-1023. Torino: Einaudi.
- Turner, F. (2006). *From Counterculture to Cyberculture. Stewart Brand, the Whole Earth Network, and the Rise of Digital Utopianism*. Chicago-London: The University of Chicago Press.
- von Foerster, H. (2003). Cybernetics of Cybernetics. In Id. *Understanding Understanding. Essays on Cybernetics and Cognition*. (283-286). New York: Springer.
- Walter, G. (1963). The development and significance of cybernetics. *Anarchy*, 25, 74-88.
- Ward, C. (2019). *Anarchia come organizzazione*. Trad. it. di G. Luppi & A. M. Brioni. Milano: elèuthera.