

AUTO RICERCA

La transizione energetica resiliente

Vincent Mignerot

Numero 26

Anno 2023

Pagine 37-51

 LAB

Ad oggi non esiste alcuna dimostrazione della fattibilità della transizione energetica. Il dibattito sull'affrancamento delle nostre società *termoindustriali* dalla dipendenza dagli idrocarburi si articola, infatti, unicamente intorno a modelli, scenari e osservazioni relativi a dei sottosistemi dell'industria globalizzata della "produzione" di energia. Nel 2022, lo sviluppo delle cosiddette *energie di sostituzione* (ENS: principalmente turbine eoliche, pannelli fotovoltaici e centrali nucleari) non è stato ancora in grado di rallentare lo sfruttamento dei combustibili fossili. La "simbiosi" delle diverse energie, anziché la loro sostituzione, rimane al momento la norma,¹ e la tentazione è grande di semplicemente affermare che le simulazioni sono al momento ancora imprecise, che le misurazioni sono incomplete, mantenendo così la speranza che la ricerca e il progresso riusciranno ad allargare il campo delle possibilità.

Ma il male sembra essere più profondo. L'ipotesi della fattibilità di una transizione energetica non è mai stata veramente posta. O meglio, se la scienza ha studiato a lungo i limiti fisici allo sviluppo, in particolare a partire dalla formalizzazione dei principi della termodinamica, la letteratura sembra aver preferito considerare che, semmai dei vincoli fossero esistiti, questi avrebbero solo meglio stimolato il genio umano a superarli. L'entropia, questa fastidiosa inclinazione dei sistemi fisici a vedere il proprio stato spontaneamente degradato nel tempo, nel raggiungimento della massima stabilità a seconda delle condizioni, sarebbe solo una sfida da affrontare tra le numerose altre. Le macchine che l'umanità progetterà in futuro prima o poi diverranno sostenibili.

Ma il fallimento è totale. L'entropia continua a vincere ciascuna delle battaglie che il coraggio, l'orgoglio, e senza dubbio una parte di arroganza, impegnano la scienza nella sua lotta contro la finitezza. Le ENS, queste infrastrutture volte a convertire l'energia portata dal vento, dai raggi del sole e dagli atomi, per il momento non sono perenni. Tuttavia, contiamo sul loro perdurare per

¹ Jean-Baptiste Fressoz, "Pour une histoire des symbioses énergétiques et matérielles", *Annales des mines, Série Responsabilité et environnement*, Eska, 2021, pp. 7-11.

perpetuare i vantaggi, il comfort e il superfluo che ci vengono forniti dalle società termoidustriali.

La transizione è davvero possibile?

Le specifiche della transizione energetica sono tanto semplici quanto drastiche: le ENS devono poter sostituire carbone, petrolio e gas, quindi soddisfare il fabbisogno energetico delle società. Per fare ciò, dopo il loro dispiegamento a partire da un'economia e un'industria ancora ad alta intensità di carbonio, le ENS devono poter garantire nel tempo sia il loro corretto funzionamento sia la loro sostituzione a fine vita, senza gradualmente più dipendere da dei flussi energetici differenti da quelli che esse stesse hanno reso disponibili.

Queste specifiche espongono la transizione a un dilemma. Come per ogni altra macchina, quelle relative alle ENS subiscono anch'esse un inesorabile degrado. L'irreversibilità delle trasformazioni fisiche e chimiche che consentono alle ENS di convertire un flusso di energia inutilizzabile così com'è (vento, radiazione solare, energia atomica) in energia utilizzabile, le condanna a lungo termine. Ciò che, fino ad oggi, ha permesso la riparazione e il rinnovamento delle infrastrutture relative alle ENS è infatti la capacità delle società termoidustriali di mantenersi organizzate. Minatori, operai, tecnici della manutenzione, ingegneri, tutti forniscono un lavoro che compensa l'usura, i guasti o le rotture di turbine eoliche, pannelli solari e centrali nucleari. Le società termoidustriali sono strutture auto-organizzate (dissipative): nella misura in cui hanno accesso all'energia, ad un "flusso di entropia" sufficiente,² sono dotate della capacità di modificare, secondo le loro capacità e le loro necessità, il loro stato e i sistemi con cui interagiscono.

Le strutture delle ENS non sono però auto-organizzate. Se le società umane da cui traggono origine non provvedono alla loro manutenzione (cioè a un'adeguata aggiunta di materia organizzata e "informata"), queste sono destinate a perdere funzionalità e, dopo

² Peter Glansdorff, Ilya Prigogine, *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations*, Hoboken, Wiley-Interscience, 1971.

un certo tempo, a non fornire più alcun servizio. *William Ross Ashby*, psichiatra e pioniere della *cibernetica*, ha dedicato la sua ricerca alla questione del controllo dell'auto-organizzazione, ma anche del suo orientamento morale, che secondo questo autore permetterebbe ai sistemi di passare da un'organizzazione "cattiva" a un'organizzazione "buona". Nel 1962, concludeva dicendo: "Prima di rispondere alla domanda [sulla "buona" organizzazione], se non vogliamo rischiare una costante confusione, dobbiamo osservare che nessuna macchina può auto-organizzarsi in questo modo".³ Precisò che l'impedimento derivava da un'impossibilità logica: una macchina non è in grado di "auto-organizzarsi" senza l'intervento di un agente esterno. Arrivò persino a raccomandare di essere vigili, in generale, con la nozione stessa di autorganizzazione. Qualsiasi sistema auto-organizzato dipende sempre, infatti, da qualcosa di diverso da sé, per stabilizzare la sua evoluzione.

Se il funzionamento delle macchine, in generale, finisce sempre con l'alterarsi, lo stesso vale per i dispositivi delle nostre società termoindustriali. L'irreversibilità dei cambiamenti subiti da trasformatori elettrici, serrature, televisori, trattori, internet server, caffettiere e scambi ferroviari, richiede ogni giorno un apporto supplementare di energia, a parità di servizio. Se un giorno esisterà una società termoindustriale basata sulla sola fornitura di ENS, questa si esporrà ad un "effetto forbice": mentre le ENS faticeranno sempre più a fornire energia, tale società ne avrà sempre più bisogno. Questo "effetto forbice" riguarda anche il carbone, il petrolio e il gas: con il tempo il loro fabbisogno aumenta mentre la loro fornitura non può che diminuire.

La storia delle ENS differisce però da quella dei combustibili fossili: quest'ultimi erano inizialmente facilmente accessibili, e nel tempo lo sono divenuti sempre di più, contribuendo direttamente al metabolismo delle società umane, grazie al calore che facilmente generavano, e questo prima ancora dello sviluppo di qualsiasi infrastruttura che ne facilitasse lo sfruttamento. Tutte le proprietà delle società termoindustriali, inclusa la loro capacità di sfruttare i

³ W. R. Ashby, "Principles of the Self Organizing System", in H. Von Foerster, G. W. Zopf, *Principles of Self-Organization*, Oxford, Pergamon Press, 1962, pp. 255-278; Henri Atlan, "Du bruit comme principe d'auto-organisation", *Communications*, no 18, 1972, p. 21-36.

combustibili fossili, derivano dallo sfruttamento di queste risorse. *Viceversa*, se le società agricole hanno saputo sfruttare l'energia del vento, grazie ai mulini, e del sole, tramite la biomassa, né il vento, né i raggi del sole, né l'energia degli atomi possono produrre direttamente quel calore di cui hanno fundamentalmente bisogno le società termoindustriali. L'inevitabile conversione di queste energie in elettricità (un vettore energetico), prima del loro utilizzo, le esclude dalla categoria delle *fonti* energetiche per queste società. Non esiste, infatti, una civiltà "eolo-industriale", "foto-industriale", o "nucleo-industriale".

Negoziare con l'irreversibilità

Senza energia, tutto evolve verso uno stato circostanziale di più basso potenziale di cambiamento e trasformazione. Se i progressi della scienza sono stati accompagnati da ripetute ferite narcisistiche, che hanno relegato la specie umana allo status di mero prodotto dell'evoluzione e del caso, la conoscenza dell'entropia resta senza dubbio quella in grado di influenzarci maggiormente. Se per vivere non abbiamo altra scelta che di trasformare il mondo, e un giorno esauriremo l'energia necessaria per compensare l'irreversibilità delle nostre azioni, il controllo sulla nostra esistenza ci sfuggirebbe allora inesorabilmente.

Tuttavia, le scoperte teoriche e le osservazioni dell'infinitamente piccolo sembrano poterci offrire una via d'uscita a questo destino: la fisica probabilistica dimostra infatti l'esistenza di una casualità di tipo fondamentale. Questa casualità ontologica, che non è dovuta all'ignoranza, implica che l'evoluzione dei sistemi sia del tutto imprevedibile. Questa evoluzione può essere stimata solo approssimativamente, in modo probabilistico. La fisica mette quindi in luce una tensione esistenziale: da un lato l'entropia ci dice che tutto evolve verso uno stato di maggiore stabilità, a seconda delle condizioni, e dall'altro che la dinamica che ci porta verso questo stato è di tipo intrinsecamente casuale. A tal proposito, nel 1870, *James Clerk Maxwell* rivide la formulazione del secondo principio della termodinamica considerando che ciò che prima era impossibile ora

diventava “altamente improbabile”.⁴ E nel 1875, *Willard Gibbs* sostenne che “in altre parole, l'impossibilità di una diminuzione non compensata dell'entropia sembra ridursi all'improbabilità”.⁵

Questo significa forse che la casualità ontologica sarebbe in grado di ampliare il campo del possibile? Il deterioramento del funzionamento delle macchine potrebbe forse essere mitigato da qualche demone,⁶ o dall'intelligenza umana? Nulla è meno certo. Da un lato, la condizione necessaria per la trasformazione, per il cambiamento di stato, è la dissipazione di energia. Senza energia, non può esserci reversibilità. Dall'altro lato, sembra esserci molta strada ancora da percorrere tra le teorie, le osservazioni della dimensione intima dell'universo, e la loro generalizzazione all'insieme dei processi che lo animano.

L'osservazione dell'infinitamente piccolo oscura in modo più o meno importante una parte delle proprietà dell'infinitamente grande. I movimenti delle particelle possono essere perfettamente casuali e imprevedibili, ma il macro-mondo non è per questo meno coerente e affidabile. Maxwell affrontò questo paradosso nel 1878: “Così, la seconda legge della termodinamica è continuamente violata, e lo è abbondantemente, in qualsiasi gruppo sufficientemente piccolo di molecole appartenenti a un corpo reale. Man mano che il numero di molecole nel gruppo aumenta, le deviazioni dalla media dell'insieme diventano sempre più piccole e meno frequenti; e quando il numero aumenta fino a che il gruppo comprende una parte sensibile del corpo, la probabilità che una variazione misurabile dalla media si verifichi in un numero finito di anni diventa così piccola da poter essere considerata praticamente impossibile”.⁷

Secondo l'epistemologo *Wayne Myrvold*, il conflitto tra l'imprevedibilità fondamentale e l'affidabilità manifesta della realtà su larga scala può essere risolto tenendo conto delle regolarità statistiche: “Ciò che conosciamo effettivamente di un sistema macroscopico è ben lungi dall'essere sufficiente per cogliere pienamente il

⁴ In una lettera del 6 dicembre 1870, che Maxwell scrisse a John William Strutt, baron Rayleigh.

⁵ J. W. Gibbs, *The Scientific Papers of J. Willard Gibbs*, vol. I, New York, Longmans, Green, 1906,

⁶ P. -S. de Laplace, *Essai philosophique sur les probabilités*, Paris, Bachelier, 1840.

⁷ J. C. Maxwell, “Tait's “Thermodynamics”, *Nature*, n. 17, 1878, pp. 257-259, pp. 278-280.

comportamento futuro del sistema”. Myrvold si riferisce a questo problema come all’“enigma della prevedibilità” e ritiene che possa essere risolto attraverso il “fenomeno delle *regolarità statistiche*”: aggregati di eventi che, singolarmente, sono imprevedibili, ma che possono dare origine a delle regolarità affidabili. “Ad esempio, il numero totale di incidenti stradali in un determinato anno a Pittsburgh può essere più o meno costante da un anno all’altro, anche se è impossibile prevedere esattamente quando e dove si verificherà il prossimo incidente”. Le regolarità statistiche appaiono quando un gran numero di variabili effettivamente casuali e indipendenti vengono aggregate. “Per quanto possa sembrare controintuitivo, una previsione efficace, anche in caso di apparente determinismo, implica *sempre* questo tipo di regolarità statistica. Per questo motivo, la questione se le leggi sottostanti siano deterministiche o meno, non è rilevante nel valutare in che misura possiamo fare delle previsioni efficaci. Anche se le leggi sono deterministiche, ciò che si richiede è un comportamento *effettivamente casuale* per la maggior parte delle variabili potenzialmente rilevanti ai fini di una previsione”.⁸

La proposta di Myrvold fa senza dubbio eco a ciò che Maxwell disse nel 1873, in un discorso alla *British Association for the Advancement of Science*. Intitolato “Molecole”,⁹ questo discorso esplorava la natura degli atomi, il modo in cui venivano assemblati, la natura specifica del moto delle particelle e i limiti di ciò che poteva essere conosciuto. Alla fine del suo discorso, Maxwell osservava che in fisica lo studio delle interazioni aveva “sviluppato un metodo proprio”, “nuovo nel dipartimento di fisica, sebbene già usato da molto tempo nella sezione di statistica”. Secondo Maxwell, questo metodo sembrava rispondere a una difficoltà incontrata dalla ricerca: “Fino a quando abbiamo a che fare con solo due molecole, e tutti i dati ci vengono forniti, possiamo calcolare il risultato del loro incontro; ma quando abbiamo a che fare con milioni di molecole, ognuna delle quali fa milioni di incontri in un secondo, la complessità del problema sembra proibire ogni speranza di una soluzione legittima”.

⁸ W. Myrvold, *Beyond Chance and Credence: A Theory of Hybrid Probabilities*, Oxford, Oxford University Press, 2021.

⁹ W. D. Niven (ed.), *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, vol. II, Cambridge, Cambridge University Press, 1890.

Maxwell descrive così il metodo che avrebbe ispirato la fisica: “Quando i membri attivi della Sezione F [di statistica] analizzano un rapporto di censimento, o qualsiasi altro documento contenente dei dati numerici delle scienze economiche e sociali, cominciano col dividere l’intera popolazione in gruppi, in base all’età, all’imposta sul reddito, all’istruzione, al credo religioso o alle condanne penali. Il numero degli individui è infatti troppo grande perché possano tracciare la storia di ciascuno di essi separatamente, così che, per portare la loro analisi entro limiti umanamente accettabili, concentrano tutta la loro attenzione su un piccolo numero di gruppi artificiali. Il numero variabile di individui in ciascun gruppo, e non la variazione dello stato di ciascun individuo, diventa allora il dato principale su cui lavorano”.

Maxwell specifica anche, non senza una punta di malizia, la sua motivazione nel considerare i metodi quantitativi nella fisica: “Mi astengo accuratamente dal chiedere alle molecole che arrivano, da dove sono partite l’ultima volta. Mi accontento di contarle e di registrarne la velocità media, evitando qualsiasi indagine personale che mi metterebbe solo nei guai”.¹⁰

Le scienze sociali, sin dal loro sviluppo, trovandosi di fronte a una tale difficoltà nel comprendere i fenomeni, hanno preferito avvicinarsi ad essi per circoscrizione artificiale e approssimazione quantitativa. La fisica, incontrando a sua volta la complessità, ha investito in un metodo simile. Ma per quanto indispensabili per lo studio delle proprietà “a grana fine” del mondo, i metodi statistici hanno generato dei possibili bias interpretativi, di cui è importante tenere conto per far luce sul dibattito sull’irreversibilità e sull’imprevedibilità. Senza dubbio, lo studio quantitativo delle interazioni tra le particelle non può sostituirsi, senza dovuta vigilanza, al loro studio qualitativo.

Myrvold ritiene che tenere conto delle regolarità statistiche, che visibilmente si verificano durante l’evoluzione dei grandi insiemi di particelle, permette di ridurre quella tensione epistemologica che oppone le osservazioni della casualità ontologica e della coerenza del mondo su larga scala: “Nella misura in cui si possono evidenziare delle regolarità nel mondo, queste sono di natura statistica,

¹⁰ P. M. Harman (ed.), *The Scientific Letters and Papers of James Clerk Maxwell*, vol. III, Cambridge, Cambridge University Press, 2002.

coinvolgendo medie su un gran numero di variabili che, se prese singolarmente, sono effettivamente casuali”.¹¹

Il fatto che la realtà, o almeno ciò che osserviamo in essa, possa talvolta essere esaminata solo per mezzo di statistiche e probabilità, non significa che, in qualche misura, la sua evoluzione derogherebbe, globalmente, al secondo principio della termodinamica. L’inversione della freccia del tempo e la reversibilità sono ammissibili. Ma non appena i sistemi osservati vengono riportati al centro della dinamica dell’insieme di interazioni che stabiliscono con altri sistemi, queste possibilità diventano infinitamente improbabili. Tanto da non essere mai state osservate al di fuori di sistemi artificialmente isolati, grazie alla tecnologia o per mezzo di esperimenti mentali.

Qua e là, certamente, la fisica si fa beffe dell’irreversibilità. Ma teorizzare e intraprendere una transizione energetica implica di poter tener conto di un numero enorme di variabili e della loro dinamica evolutiva complessiva. Al di là delle equazioni, l’industria del settore energetico fa appello a una quantità di interazioni fisiche tali che, finora, questa ha sempre annullato l’influenza del caso a un livello fondamentale. Anche se la fisica probabilistica ci vieta di confutare che, un giorno, una macchina non potrà ripararsi da sola, questo non dovrebbe diventare motivo per invertire l’onere della prova. Il potenziale delle ENS rimarrà limitato dall’ineluttabile degrado del loro funzionamento, a meno che non si dimostri che è davvero possibile risalire la freccia del tempo su larga scala.

La transizione abusiva

Mancando una dimostrazione di fattibilità, la prescrizione della transizione energetica si basa unicamente su modelli, simulazioni e scenari. I loro limiti sono ben noti e hanno a che fare con l’impossibilità di una conoscenza completa del mondo.

L’industria della transizione è un iperoggetto, una “cosa massicciamente distribuita nel tempo e nello spazio in relazione

¹¹ *Ibid.*

all'uomo",¹² con una componente fisica, biologica, psicologica, sociale, politica, culturale, tecnologica, economica, ambientale e circostanziale. La complessità di questo iperoggetto può essere solo sfiorata in questa sede. L'approvvigionamento energetico delle società è regolato da leggi fisiche sulle quali l'uomo non ha alcun controllo; riguarda direttamente la vita biologica (quella degli esseri umani e non umani); comporta dei compromessi individuali e collettivi, sia storicamente ereditati che culturalmente costruiti, trasmessi e negoziati; richiede competenze e risorse, ed è vincolato dallo stato dell'ambiente e dalla rigidità o variabilità di tutti questi parametri.

Nessun modello, nessuno scenario, è realmente in grado di integrare tutte le variabili che descrivono l'*iperoggetto transizione*, né nel presente né come stima della sua evoluzione. Nonostante ciò, i ricercatori producono calcoli, proiezioni, grafici e sintesi, all'attenzione dei decisori e in risposta alle richieste delle istituzioni, dei politici e dell'opinione pubblica, oltre che al desiderio comune di fare del proprio meglio.

Tutto questo sempre al prezzo di notevoli approssimazioni, e a volte di vere e proprie soppressioni. Uno studio, ad esempio, non si preoccupa del costo della transizione, o dell'aumento del costo delle materie prime. Un altro, non terrà in considerazione la difficoltà dell'elettrificazione dell'industria, o dei trasporti, e dell'accettabilità sociale. In termini economici, la crescita viene spesso data per scontata, dacché le discontinuità come la decrescita o la recessione renderebbero i calcoli impossibili. Alcuni modelli ragionano al rovescio: presuppongono che la transizione avvenga in conformità con gli Accordi di Parigi, poi valutano unicamente l'effetto di una tale transizione sull'economia.

Il più delle volte non si tiene conto dei requisiti di manutenzione delle ENS, né della necessità di sostituirle a fine vita. Spesso, i modelli verificano la fattibilità della sostituzione energetica quantificando unicamente il ritorno energetico sull'investimento energetico (EROEI) delle ENS.¹³ Nel farlo, presuppongono che le prestazioni delle diverse macchine, nell'estrazione di energia dall'ambiente, siano sufficienti a soddisfare le loro esigenze in termini di

¹² Timothy Morton, Laurent Bury, « Hyperobjets », *Multitudes*, vol. LXXII, no 3, 2018, pp. 109-116.

¹³ EROEI, dall'inglese "Energy Returned On Energy Invested": il rapporto tra l'energia recuperata e quella spesa per estrarla dall'ambiente.

manutenzione e sostituzione. Ma le proprietà delle macchine, che ovviamente variano da una macchina all'altra, non possono contrapporsi a quei vincoli fisici universali che ne degradano inesorabilmente il funzionamento, indipendentemente dalle loro qualità. Questo falso dilemma non risponde alla questione della sostituibilità delle energie.

Se la soggettività della scelta delle variabili considerate – oltre all'obbligo di scegliere – non permette una rappresentazione fedele della realtà, i tentativi di correggere la situazione non risolvono nulla. L'aggiunta di variabili, infatti, si accompagna di nuove incertezze irriducibili, associate alle nuove variabili introdotte. In tal senso, la tentazione di essere esaustivi porta a un'imprecisione e a un caos ancora maggiori.

Ogni stima della fattibilità di una transizione energetica viene quindi presentata entro un quadro di riferimento molto rigido e poco realistico, dal quale non è pensabile produrre delle estrapolazioni. Nel 1996, il fisico *Carlo Rovelli* ha espresso la sua preoccupazione per quelle generalizzazioni che si fondano su delle osservazioni parziali dei fenomeni fisici:¹⁴ “Non mi interessa una scienza che mi dica che il mio aereo non si schianterà ‘entro un quadro di riferimento’; voglio una scienza che mi dica che il mio aereo non si schianterà!”. Ad oggi, la scienza non ha mai detto che le energie a basso contenuto di carbonio esistono, né che la sostituzione è possibile. Pertanto, considerata l'entità dei rischi ecologici, dobbiamo vegliare a non più confondere *ricerca* scientifica e *conoscenza* scientifica (consenso).

Decisioni assurde governate dai numeri

La potatura obbligatoria dei dati, volta alla produzione di scenari, corrompe l'accesso alla realtà. Parallelamente allo sviluppo dei

¹⁴ “I do not care about a science that tells me that my airplane will not crash ‘in one framework’; I want a science that will tell me that my airplane will just not crash!” Rovelli, C. “Relational Quantum Mechanics”, *International Journal of Theoretical Physics* 35, 1996, pp. 1637-1678.

metodi di modellazione, si è andata sviluppando una cognizione specifica, miope, ma adattata all'elaborazione di dati parziali.

Nel 2011, uno studio ha dimostrato che a volte la cognizione umana categorizza gli oggetti unicamente in base ad alcune delle loro caratteristiche, anche se il risultato manca poi di pertinenza in considerazione di tutte le proprietà degli oggetti in questione.¹⁵ Questa classificazione spontanea, sulla base della quale vengono poi fatte, abusivamente, delle generalizzazioni, è ritenuta essere efficace per la comprensione della realtà a grandi linee e per l'adattamento quotidiano.

Le infrastrutture per la “produzione” di energie dette di sostituzione (ENS) sono di fatto delle macchine che convertono l'energia. Anche le infrastrutture per l'estrazione e la raffinazione degli idrocarburi sono macchine convertitrici. Come lo sono le felci, le aragoste e gli albatry. Ma mentre tutti gli esseri viventi hanno la capacità di auto-organizzarsi, nessuna macchina possiede una tale capacità. Eppure, la storia della transizione ci viene raccontata come se l'impossibilità fisica di contrastare l'entropia da parte delle macchine non comportasse alcuna difficoltà. Le centrali nucleari e i cilegi farebbero parte della stessa famiglia: si rignerrebbero autonomamente.

Per default, classifichiamo le ENS come dei sistemi per i quali l'entropia non rappresenta alcun un problema; questo probabilmente perché il loro impiego, la loro manutenzione e la loro sostituzione sono stati effettuati in passato, con successo, da delle società umane che sono effettivamente in grado di auto-organizzarsi. Nella maggior parte delle situazioni quotidiane, non è infatti errato considerare l'industria in generale come resiliente, cioè come capace di auto-manutenzione, sebbene di per sé non abbia nulla a che fare con questo. Storicamente, la probabilità di vedere confermata questa convinzione è stata maggiore rispetto a quella di un collasso funzionale sistematico e irreversibile di qualsiasi macchina. Questo pensiero magico, che anima l'inanimato, verrebbe rafforzato da un *ragionamento motivato*, da una giustificazione razionale della credenza:

¹⁵ Ruslan Salakhutdinov, Josh Tenenbaum, Antonio Torralba, “One-Shot Learning with a Hierarchical Nonparametric Bayesian Model”, in: *UTLW'11: Proceedings of the 2011 International Conference on Unsupervised and Transfer Learning Workshop*, vol. XXVII, 2011, pp. 195-207.

è rassicurante, infatti, difendere l'idea che le ENS siano naturalmente perenni, dacché il futuro delle società termoindustriali poggia interamente su di esse.

Il conforto a breve termine potrebbe però rivelarsi deleterio a lungo termine. Nel testo *Les Décisions absurdes* (Le decisioni assurde),¹⁶ il sociologo *Christian Morel* esplora il modo in cui l'errore, e la perseveranza nell'errore, possono condurre a incidenti e disastri. L'autore dimostra che le scorciatoie intuitive e i "fai da te" cognitivi persuasivi, estranei ai principi del ragionamento scientifico, aumentano anziché ridurre i rischi, mentre chi è coinvolto in situazioni critiche si convince di prendere le decisioni migliori. Morel sottolinea che alcuni tipi di ragionamento intuitivo – dei "processi infantili che dovrebbero essere superati" – possono coesistere in età adulta con la razionalità e con le capacità analitiche e deduttive. In questa situazione, "la competenza di tipo scientifico verrebbe sospesa". Secondo l'autore, la sospensione del pensiero analitico porterebbe fino alla perdita di significato. Il modo in cui vengono elaborate le informazioni durante la gestione delle crisi, sarebbe in alcuni casi così incompatibile con lo sviluppo degli eventi che l'ambiguità finirebbe col sostituirsi alla necessità di verificare che la strategia adottata sia davvero in linea con l'obiettivo perseguito. L'ambiguità verrebbe addirittura sovrainvestita, in quanto favorirebbe l'interpretazione, che a sua volta "eliminerebbe la possibilità di una contestazione". Poiché gli elementi oggettivi vengono in questo modo esclusi dalle strategie decisionali, le decisioni prese verrebbero accettate come tali: "Paradossalmente, la perdita di significato, poiché lascia aperti tutti i significati possibili, diventa un potente fattore di convalida collettiva".

Inoltre, nel suo libro *La Gouvernance par les nombres* (La Governance tramite i numeri),¹⁷ il giurista *Alain Supiot* cerca di comprendere e contestualizzare le ragioni storiche dell'emergere e dell'influenza epistemologica dei metodi quantitativi. L'autore considera che il focus sulla misurazione abbia la funzione di sostituirsi alla convocazione di qualsiasi forma di eteronomia, cioè di leggi generali che si imporrebbero alle società dall'esterno (in questo caso, in particolare, quella dell'irreversibilità delle trasformazioni). Questo

¹⁶ Christian Morel, *Les Décisions absurdes*, Paris, Gallimard, 2014.

¹⁷ Alain Supiot, *La Gouvernance par les nombres*, Paris, Fayard, 2015.

occultamento dell'eteronomia sarebbe particolarmente diffuso nelle società occidentali, le cui narrazioni difendono l'ideale di libertà, di liberazione dai vincoli provenienti da un "ordine naturale". La legge è imposta dall'esterno, su qualsiasi oggetto, in qualsiasi momento, e implica una subordinazione. La misurazione, invece, "ci permette di pensare in termini di sistemi omeostatici e autoreferenziali". Alain Supiot prosegue affermando che "la governance tramite i numeri mira a stabilire un ordine capace di autoregolarsi, rendendo superfluo qualsiasi riferimento a delle leggi che lo scavalcherebbero". Quantificare la transizione energetica (quante ENS, quanto sono efficienti?), invece di indagarla qualitativamente (è possibile la sostituzione energetica?), rasenta il sotterfugio: fa apparire i principi della termodinamica come delle variabili di regolazione.

Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche, le turbine eoliche, i pannelli fotovoltaici e le centrali nucleari, sono delle astrazioni, non delle fonti di energia. Contrariamente a quanto solitamente si immagina, le ENS producono energia inizialmente alla massima capacità, che però, nel tempo, altro non farà che diminuire. Invece di una sostituzione, la loro diffusione, e la stabilizzazione del loro funzionamento, sono suscettibili di esercitare una pressione sullo sfruttamento di quell'unica fonte di energia, esterna al loro settore, in grado di compensarne il degrado: gli idrocarburi.

L'integrazione reificata delle ENS nei programmi di transizione solleva degli interrogativi sulle reali motivazioni, consapevoli o meno, di questi programmi. La narrazione della transizione potrebbe infatti dissimulare numerose angosce. Né le infrastrutture per lo sfruttamento dei combustibili fossili, peraltro limitate dalla finitezza delle fonti che sfruttano, né le ENS, sono perenni. L'energia sta per finire. La crescita è finita e il declino economico è dietro l'angolo. Non possiamo fare altro che rimandare l'inevitabile.

È necessario a questo punto avanzare un'ipotesi: l'investimento nelle ENS potrebbe avvenire al fine di garantire alle società termoindustriali di sopravvivere il più a lungo possibile, *malgrado* la loro dipendenza dalle uniche vere fonti di energia: carbone, petrolio e gas. L'elettricità fornita dalle cosiddette energie di sostituzione permetterebbe infatti di superare più facilmente le crisi di approvvigionamento, fornendo al contempo i mezzi tecnici per ottimizzare e prolungare lo sfruttamento dei combustibili fossili. Il futuro non sarebbe nella sostituzione ma nei "sistemi energetici

resilienti”¹⁸, nel rafforzamento sinergico delle energie. Alla fine, la transizione energetica genererebbe più emissioni di CO₂ che la sua assenza.

© *Presses Universitaires de France*, 2022. *Tutti i diritti riservati.*

Nota: Questo articolo è stato originariamente pubblicato in francese in: Mignerot, V. (2022). *La transition énergétique résiliente*. Presses Universitaires de France | « Cités », N° 92, pp. 57-68. DOI: 10.3917/cite.092.0057. Ringraziamo « Cités » per avere generosamente concesso ad *AutoRicerca* il permesso per la pubblicazione della traduzione italiana, curata da *Massimiliano Sassoli de Bianchi*.

¹⁸ IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp.