

**Ottimizzare, sostituire e sconfiggere.
I proiettili d'argento dell'innovazione**

di Alice Benessia e Silvio Funtowicz

Era il tempo migliore e il tempo peggiore, la stagione della saggezza e la stagione della follia, l'epoca della fede e l'epoca dell'incredulità, il periodo della luce e il periodo delle tenebre, la primavera della speranza e l'inverno della disperazione. Avevamo tutto dinanzi a noi, non avevamo nulla dinanzi a noi; eravamo tutti diretti al cielo, eravamo tutti diretti a quell'altra parte — a farla breve, gli anni erano così simili ai nostri, che alcuni che li conoscevano profondamente sostenevano che, in bene o in male, se ne potesse parlare soltanto al superlativo.

Charles Dickens, Racconto di due città

Come cittadini delle moderne democrazie occidentali, siamo immersi in un flusso continuo di visioni utopiche e di possibili disastri, e alterniamo fiducia e sgomento nella nostra capacità di affrontare e risolvere la crisi sistemica – ambientale, economica, politica, culturale e sociale – che caratterizza in modo sempre più evidente la nostra modalità di esistenza su questo pianeta. Nel nostro sperare e nel nostro disperare in un possibile cambiamento, la scienza, la tecnologia e il governo di entrambe assumono un ruolo essenziale.

La ricerca scientifica e lo sviluppo tecnologico, designati negli anni più recenti con il termine *innovazione*,

sono oggi più che mai al centro della scena politico-istituzionale europea e globale. Idealmente governata per darci sempre il massimo beneficio con il minimo costo, l'innovazione è proposta, o meglio promessa, come soluzione unica per tutti i nostri mali: dalla recessione economica alla scarsità di risorse energetiche e materiali, al degrado socio-ambientale.

Una tale fiducia nella funzione salvifica della *tecnoscienza*¹ poggia sull'ideale moderno del progresso che associa all'estendersi della conoscenza scientifica e all'utilizzo delle applicazioni tecnologiche un maggiore benessere sociale. Accanto e in stretta relazione all'entusiasmo, si è sviluppata negli ultimi anni una crescente diffidenza nella capacità della scienza e della tecnologia: l'innovazione porta con sé dei benefici, ma ha evidentemente i suoi costi, descritti dalle istituzioni come *conseguenze non intenzionali* quando appartengono al passato, e come *rischi* o *preoccupazioni etiche* quando riguardano il futuro. Domande quali "È una buona idea sintetizzare nuovi organismi o rendersi capaci di utilizzare la neurobiologia per prevedere il comportamento dei consumatori?" illustrano la nostra delicata e ambivalente *condizione tecnoumana*².

Sempre in bilico tra la produzione dei beni e la gestione dei mali, il governo dell'innovazione è dunque un processo intrinsecamente complesso, la cui dinamica ridefinisce continuamente il rapporto tra scienza e democrazia. I governi sono convinti, per un verso, di dover *accelerare* l'innovazione tecnoscientifica al fine di

¹ Il termine *tecnoscienza*, originariamente coniato dal filosofo belga Gilbert Hottois, si utilizza per indicare l'attuale connessione inscindibile tra ricerca scientifica e applicazioni tecnologiche.

² Per un approfondimento sul concetto di *condizione tecnoumana* si veda Allenby e Sarewitz, 2011.

mantenere e possibilmente aumentare le quote di mercato della propria economia nazionale e dunque assicurarne la sopravvivenza all'interno della sempre più serrata competizione globalizzata, e per altro verso, di dover *rallentare* lo stesso processo per mantenere saldo uno dei pilastri fondamentali dello Stato moderno: la sicurezza dei cittadini.

Contestualmente, la ricerca scientifica persegue il compito altrettanto controverso di produrre conoscenza sia per l'innovazione sia per la regolamentazione dell'innovazione medesima. Infine, i cittadini vivono nell'aspettativa implicita di essere al sicuro, e tuttavia, quando lo Stato afferma con certezza che sono sicuri, non si fidano: ammettere prudenzialmente una mancanza di conoscenza in merito a processi alquanto complessi appare paradossalmente più affidabile rispetto a dichiarare la totale assenza di rischio, soprattutto in seguito ad alcune dolorose crisi del sistema di regolamentazione, quali la sindrome dell'encefalopatia spongiforme bovina (BSE), comunemente nota come "mucca pazza", scoppiata nel 1986 nel Regno Unito.

In questo intreccio di contraddizioni e paradossi, l'ideale moderno che fonda i nostri processi decisionali su un tipo di conoscenza certa, oggettiva ed esaustiva, prodotta da una comunità indipendente di scienziati – il principio secondo il quale "la scienza rivela la verità al potere" (Wildavsky, 1979) – risulta inadeguato. Le questioni che emergono nell'interazione tra la tecnoscienza e i sistemi socio-ambientali da cui dipendiamo sono caratterizzate da una pluralità di interessi, equilibri di potere e controversie decisionali tra attori e istituzioni di governo, imprese private e società civile. Come tali, implicano e richiedono una molteplicità di prospettive egualmente legittime e spesso mutuamente esclusive. In queste condizioni, definite sin dai primi anni novanta

come *postnormali*, i fatti e i valori non sono separabili e l'incertezza si intreccia inestricabilmente con la posta in gioco delle decisioni (Funtowicz e Ravetz, 1990 e 1993).

Le dinamiche paradossali, le controversie e la complessità che caratterizzano il processo dell'innovazione sono gestite all'interno delle istituzioni democratiche attraverso una serie di misure di contenimento. I comitati e le commissioni di esperti preposti alla valutazione dei possibili impatti ambientali e sociali dell'implementazione tecnologica si trovano in una posizione essenzialmente ambigua nei confronti dell'incertezza e della commistione tra fatti e valori: da un lato la loro funzione comporta l'assunzione esplicita di una mancanza di piena conoscenza, dall'altro, al fine di essere credibili all'interno del modello moderno che li legittima e poter assolvere la loro funzione regolativa, sono tenuti a produrre una posizione fattuale certa, oggettiva ed esaustiva rispetto alla questione in gioco.

La strategia per uscire da questa *impasse* si fonda su due accorgimenti. Il primo riguarda la valutazione degli impatti ambientali e consiste nel porre soltanto domande che prevedono una risposta scientifica quantificabile. Questa procedura permette di tradurre l'incertezza e la complessità nella forma statistico-quantitativa della valutazione dei rischi, e dunque di riportare i processi decisionali entro i canoni della dimostrazione logico-razionale moderna. I fatti certi sulla base dei quali decidere razionalmente riguardo ai possibili impatti assumono la forma di una distribuzione di probabilità³. Pur efficace all'interno del sistema per il quale è concepita, tale strategia evoca il cosiddetto *paradosso del lampione*,

³ Per un'articolazione approfondita sulle implicazioni e sulle limitazioni della valutazione dei rischi, si veda il saggio di Sheila Jasanoff contenuto in questo volume.

nel quale si cercano le chiavi perdute nella notte soltanto sotto il lampione perché è l'unico posto in cui c'è luce (Funtowicz e Strand, 2011). Il secondo accorgimento è fare appello a una comunità epistemica omogenea: se i valori e gli interessi in gioco nel dar forma a ciò che è da considerarsi come conoscenza rilevante sono condivisi dai membri della comunità incaricata di regolare l'innovazione, essi semplicemente non si distinguono, sono neutri rispetto a uno sfondo uniforme (Harding, 2004). Nel complesso, il processo di valutazione degli impatti socio-ambientali della tecnoscienza è dunque burocratizzato, mediante il recupero e la definizione di due nozioni standard di certezza e di oggettività, le quali incorporano soltanto i fatti e i valori ritenuti legittimi dalle istituzioni (Tallacchini, 2003a e 2009).

La rimozione della complessità e della controversia non riguarda soltanto la gestione dei rischi, ma anche la giustificazione dei benefici della tecnoscienza. Le visioni e le promesse dell'innovazione sono a loro volta standardizzate e difese lungo quattro direzioni distinte, intrinsecamente connesse tra loro e funzionali l'una all'altra. Quattro immaginari tecnoscientifici standard, implementati come sofisticati strumenti di marketing epistemico: la meraviglia, la potenza, il controllo e l'urgenza. Un sistema di coordinate che definisce uno spazio astratto all'interno del quale il complesso e sfaccettato concetto di innovazione può essere proiettato e analizzato, nei termini di ciò che *desideriamo* (meraviglia), *possiamo* (potenza e controllo) e *dobbiamo* (urgenza) ottenere dalla tecnoscienza contemporanea.

Tali immaginari sono costruzioni sociali e culturali implicite, costituenti fondamentali di una struttura definitoria indiscussa che, come vedremo, affonda le radici nelle origini della modernità; un insieme di condizioni iniziali che producono senso, lo stato dei fatti rilevanti,

sul quale si innestano le scelte valoriali successive, come conseguenze inevitabili. In funzione di tali condizioni iniziali, le imprese tecnoscientifiche non partono da una domanda, ma da una *risposta* che deve essere poi sostanziata, da una promessa che deve essere mantenuta in un prossimo ma indeterminato futuro: nuovi prodotti *ottimizzati*, ossia più efficienti e performanti, ci permetteranno di ottenere e consumare sempre di più con sempre meno energia, continue innovazioni ci consentiranno di manipolare sempre meglio la materia, l'energia e i viventi, tanto da permetterci di *sostituire* i frutti dell'evoluzione con degli artefatti tecnologici, e sopperire alla carenza di risorse e al degrado ambientale. Infine, nuove e sempre più efficaci armi tecnoscientifiche ci permetteranno di fronteggiare e *sconfiggere* la complessità delle emergenze socio-ambientali locali e globali.

Il processo di standardizzazione dei “mali” e dei “beni” della tecnoscienza qui appena accennato confina la riflessione e l'immaginazione pubblica riguardo all'innovazione all'interno del binomio dei rischi e delle promesse: i primi controllabili, le seconde procrastinabili. Tali confini limitano il governo democratico della tecnoscienza poiché riducono lo spazio, il tempo e la capacità per riflettere collettivamente nell'interfaccia tra il piano fattuale della nostra conoscenza e degli strumenti a nostra disposizione, e quello normativo dei nostri desideri, dei nostri bisogni e soprattutto di chi scegliamo di includere (o non includere) nella definizione di “noi”.

Nelle pagine che seguono proponiamo una riflessione sul processo dell'innovazione, sulle sue origini, dinamiche e finalità attraverso l'analisi di due tecnologie emergenti, considerate come casi esemplari: la cosiddetta *internet delle cose*, evoluzione più recente delle tecnologie di informazione e comunicazione, e la biologia sintetica, l'ultima nata fra le tecnoscienze contemporanee.

Ciascun caso specifico ci permetterà da un lato di mettere in luce i limiti e le contraddizioni implicite nella dicotomia costi-benefici e dall'altro di porre le basi per una valutazione della qualità del nostro vivere, al di fuori e al di là sia della speranza che dello sgomento.

La grande narrazione dell'innovazione

La definizione del termine *innovazione* come motore del benessere economico, sociale e ambientale è l'ultimo tassello semantico di una pervasiva e articolata narrazione del progresso, rintracciabile lungo una traiettoria co-evolutiva epistemica e politica sino alle origini della Rivoluzione scientifica e dello Stato moderno. All'interno di tale grande narrazione e dell'ideale moderno sul quale è fondata, chiediamo alla scienza e alla tecnologia di assolvere (almeno) tre funzioni essenziali: aumentare o se non altro mantenere il nostro benessere, preservarci dalle possibili conseguenze nefaste del nostro agire in funzione di tale benessere, e gestire gli eventi sfavorevoli, qualora accadano malgrado i nostri sforzi per evitarli.

I vincoli tecnologici e ideologici all'interno dei quali si è sviluppato il percorso dell'innovazione ci portano oggi a identificare il mantenimento e l'estensione del nostro benessere con le finalità politico-economiche della crescita dei consumi e della competitività dei mercati. Nel piano strategico europeo per il decennio in corso, denominato *strategia Europa 2020*, l'innovazione è considerata come fondamentale per conseguire e alimentare una «crescita *smart*⁴, sostenibile e solidale»,

⁴ Tradotto nei documenti ufficiali come "intelligente", l'aggettivo *smart* ha assunto un significato autonomo che avremo modo di esplorare nel seguito.

dove con crescita *smart* si indica «lo sviluppo di un'economia basata sulla conoscenza e sull'innovazione» (EC, 2010a).

Ma che cosa si intende precisamente per *conoscenza e innovazione*? In una videointervista del 2011, il commissario europeo per la ricerca Máire Geoghegan-Quinn spiega:

*Innovazione significa portare la meravigliosa ricerca scientifica che abbiamo a disposizione [i.e. la "conoscenza"] fino in fondo lungo la catena produttiva, fino a trasformarla in prodotti e a venderla sul mercato: sviluppare prodotti, creare prodotti per i quali c'è mercato e che la gente vorrà comprare.*⁵

Il commissario europeo evoca qui un immaginario standard della meraviglia, il quale trae origine dell'ideale moderno degli scienziati come esploratori dell'ignoto, in grado di aprire le porte della nostra percezione ai fenomeni più remoti e di renderli accessibili al nostro agire in modo immediato. Strettamente connessa alle necessità della crescita economica, la meraviglia dell'innovazione si declina nei termini di sempre nuove mete di consumo, grazie a nuove possibilità da esperire e, con esse, nuovi bisogni da colmare⁶.

Il breve messaggio video sintetizza inoltre il programma di una delle sette iniziative prioritarie (*Flagship Initiatives*) concepite all'interno della strategia Europa 2020: la cosiddetta *Innovation Union* (unione dell'innovazione). La finalità di tale iniziativa è «rafforzare tutti

⁵ *What is Innovation?*, The Lisbon Council 2011, <http://tinyurl.com/43mv63e>.

⁶ La cornucopia di beni tecnoscientifici prodotti grazie alle tecnologie di informazione e comunicazione poggia su tale visione.

gli anelli della catena dell'innovazione, dalla ricerca più teorica alla commercializzazione», e più specificamente, «migliorare le condizioni e l'accesso ai finanziamenti per la ricerca e l'innovazione in modo che le idee innovative possano essere trasformate in prodotti e servizi in grado di produrre crescita e lavoro» (EC, 2010b).

L'ipotesi implicita consiste dunque in un modello ironicamente poco innovativo: lo sviluppo scientifico e tecnologico crea nuovi prodotti e servizi da immettere nel mercato e sostiene l'aumento dei consumi, alimentando la crescita, e portando così più posti di lavoro e complessivamente un maggior benessere.

In un celebre rapporto del 1945 dal titolo *Scienza, la frontiera illimitata*, il direttore dell'ufficio per la ricerca scientifica e lo sviluppo, Vannevar Bush, delinea chiaramente la visione politica che fonda la prosperità sulla crescita economica, e quest'ultima sullo sviluppo scientifico e tecnologico.

Una delle nostre speranze è che dopo la guerra ci sarà lavoro per tutti. Per raggiungere tale scopo devono essere dispiegate le energie creative e produttive del popolo americano. Per creare più posti di lavoro dobbiamo costruire prodotti migliori e più economici. Abbiamo bisogno di molte nuove e vigorose imprese. Ma i nuovi prodotti e processi non nascono già sviluppati. Sono fondati su nuovi principi e nuove concezioni, le quali a loro volta sono il risultato della ricerca scientifica di base. La ricerca scientifica di base è il capitale scientifico. Inoltre, non possiamo più dipendere dall'Europa come fonte di tale capitale scientifico. Chiaramente, più ricerca e di migliore qualità sono essenziali per raggiungere lo scopo dell'occupazione per tutti.

A sua volta, l'idea che l'innovazione scientifica e tecnologica potesse diventare il motore della crescita economica nell'era del secondo dopoguerra era stata anticipata dallo storico e scienziato marxista John Desmond Bernard, che descrisse la scienza come «la derivata seconda della produzione» (Ravetz e Westfall, 1981).

Se il modello fondante è sostanzialmente lo stesso, il contesto nel quale tale modello è applicato è radicalmente diverso. Alla fine della guerra, il popolo americano è pronto ad accogliere la straordinaria espansione della produzione con l'entusiasmo per i neonati consumi. L'orizzonte della scarsità di risorse e del degrado ambientale non è visibile perché ancora lontano. Infine, poiché le frontiere geografiche da conquistare sono esaurite e l'Europa si trova sotto le rovine della guerra, gli Stati Uniti devono e possono fare affidamento solo su se stessi e sulla “frontiera illimitata” del loro sviluppo scientifico e tecnologico.

Nella serrata competizione per sempre nuove quote di mercato che caratterizza il nostro tempo invece, lo sviluppo tecnoscientifico europeo si trova costretto a reggere la pressione del mercato globale. «Dobbiamo fare molto di più e molto meglio per trasformare la nostra ricerca in nuovi e migliori prodotti e servizi se vogliamo restare competitivi nel mercato globale e migliorare la qualità della vita in Europa» (Innovation Union, 2010).

Rispetto allo scenario postbellico, la sfida per emergere ed espandersi si trasforma in una lotta per la sopravvivenza economica. In un suo intervento al summit del Lisbon Council del 2011, il commissario Máire Geoghegan-Quinn esprime in sintesi tale difficoltà: «Non ci sono rifugi per le aziende e le economie che non sono competitive, [...] la competitività è la nuova legge di gravità dell'economia, che nessuno può sfidare». Sol-

tanto l'innovazione può sostenere il peso di tale legge: «Ora sono le idee e la conoscenza [scientifica] a guidare la competitività, non i beni tangibili».

Le idee e la conoscenza qui evocate dal commissario europeo non si riferiscono alla ricerca di una nuova visione del mondo, ancora saldamente legata quella di Vannevar Bush, ma sottintendono una sostanziale transizione dalla ricerca scientifica di base, intesa come scienza normale guidata dalla curiosità e orientata alla creazione di conoscenza comune, alla tecnoscienza industriale di grande scala, finalizzata alla produzione di know-how aziendale da introdurre nel mercato.

Le origini di questa transizione sono ben descritte dal presidente americano Eisenhower nel suo discorso di saluto alla nazione del 1961:

Oggi, l'inventore solitario che armeggia nella sua officina è stato eclissato da squadre operative di scienziati nei loro laboratori e prove sul campo. Nello stesso modo, la libera università, storicamente la fonte di libere idee e di scoperte scientifiche, ha sperimentato una rivoluzione nella sua condotta di ricerca. In parte a causa dei grandi costi necessari, i contratti governativi sostituiscono virtualmente la curiosità intellettuale. Per ogni vecchia lavagna ci sono ora centinaia di nuovi computer elettronici.

Il processo di trasformazione dalla scienza e la tecnologia moderna all'innovazione si realizza in parallelo alla crescente crisi di credibilità e legittimità del sistema di conoscenza fondato sull'ideale cartesiano della previsione e del controllo. Negli anni più recenti, non solo le crisi economiche, ma anche quelle ambientali e sociali si moltiplicano, e nel programma della Innovation Union è sempre l'innovazione ad essere chiamata in

causa come «l'unica risposta» per affrontare le principali sfide della società: oltre a «ritornare alla crescita e a più elevati livelli di occupazione», anche «combattere il cambiamento climatico e muoversi verso una società a basse emissioni», e infine gestire i problemi connessi alla «scarsità di risorse, la salute e l'evoluzione demografica» (EC, 2010a).

L'orizzonte dei nostri limiti nell'utilizzo della materia, dell'energia e dei sistemi viventi si è fatto molto più evidente, e ci troviamo dunque (ancora) a dover affrontare il paradosso intrinseco del modello della crescita: sostenere un aumento costante del nostro consumo di risorse in un mercato sempre più saturo e soprattutto all'interno di un sistema chiuso e finito, caratterizzato da riserve limitate ed evidenti soglie di equilibrio nei cicli bio-geo-chimici globali⁷. Nella narrazione dell'innovazione, la via di uscita da questo dilemma è affidata alla tecnoscienza. In tale condizione problematica – crescita indefinita in un mondo finito – si deve tener conto di una variabile nascosta, proverbialmente trascurata da Malthus (1997): le risorse naturali sono limitate, la popolazione e i consumi in aumento, ma la creatività umana è *illimitata*, dunque è sconfinata la nostra capacità di scindere la crescita dal consumo materiale, migliorando l'efficienza nell'uso delle risorse naturali e da ultimo sostituendole con degli artefatti tecnoscientifici sostanzialmente equivalenti e debitamente ottimizzati.

Si confida dunque su un immaginario standard di

⁷ Il cambiamento climatico può essere interpretato come la manifestazione di una perturbazione nel ciclo globale del carbonio. Anche se meno presenti nel discorso pubblico e politico, altri cicli globali sono fortemente perturbati: tra questi, quello del fosforo e dell'azoto, essenzialmente a causa dell'attività agricola industriale globale.

potenza, secondo il quale la tecnoscienza è in grado di estendere indefinitamente i confini dell'essere e dell'agire umano mediante la manipolazione creativa della materia, dell'energia e della vita. Si tratti di raggiungere spazi remoti, su scala macro, micro o nanoscopica, di manipolare la materia organica e inorganica a piacere o di integrare meccanica, elettronica e biologia, la potenza dell'azione umana sul mondo circostante consiste in un continuo esercizio di creatività tecnoscientifica, al fine di dilatare i limiti biofisici individuali, di specie e della biosfera e di migliorare indefinitamente la qualità e la durata della vita umana.

La formulazione contemporanea di tale immaginario di potenza può essere rintracciata nel graduale processo di trasformazione della tecnologia nucleare militare da arma di distruzione di massa alla prima tecnoscienza salvifica, in grado di fornire energia illimitata ai popoli e alle nazioni⁸. Nel dicembre del 1953, Eisenhower tiene la sua celebre conferenza alle Nazioni Unite dal titolo *Atoms for Peace*. L'energia nucleare diventa il paradigma della nuova tecnologia emergente dell'era post-bellica, gravida di promesse. Nel settembre del 1954, il "New York Times" riporta il discorso di Lewis Strauss, allora direttore della Commissione per l'energia atomica degli Stati Uniti, alla National Association of Science Writers. La potenza delle nuove tecnologie, a partire da quella nucleare, alimenterà il motore della crescita economica verso nuovi gloriosi futuri di pace e prosperità.

Nelle loro case, i nostri figli potranno beneficiare di un'energia elettrica troppo economica per poter essere misurata, sapranno delle ricorrenti grandi carestie

⁸ Per un approfondimento su tale processo si veda il saggio di Sheila Jasanoff, contenuto in questo volume.

*soltanto come episodi della storia, viaggeranno senza sforzo sopra e sotto i mari e in aria con il minimo pericolo e la massima velocità, e vivranno molto più a lungo di noi, grazie al recedere delle malattie e alla comprensione delle cause dell'invecchiamento.*⁹

Nelle parole di Strauss risuona l'eco della *Nuova Atlantide*, opera postuma di Francesco Bacone, fondamento dell'utopia di potenza, ricchezza e felicità basata sulla nuova scienza:

*Abbiamo anche case della meccanica, dove vengono preparati macchine e strumenti per ogni sorta di movimento. Lì noi facciamo imitazioni e esperimenti per produrre moti più veloci di quelli che voi realizzate con i vostri moschetti, oppure con qualunque macchina in vostro possesso; e per produrli e moltiplicarli più agevolmente e con poca forza, mediante ruote e altri mezzi e per produrne di più forti e violenti di quanto non siano i vostri, superando i più grossi dei vostri cannoni e basilischi. [...] Imitiamo pure il volo degli uccelli, abbiamo alcune possibilità di volare nell'aria; abbiamo navi e barche per andare sott'acqua e per reggere il mare.*¹⁰

Il manoscritto incompiuto di Bacone si chiude con una lista visionaria delle «meraviglie della natura, in particolare in relazione all'uso umano». Ecco alcuni esempi:

⁹ Strauss, 1954. La prima affermazione di Strauss riguardo alla possibilità di un'energia virtualmente gratuita (*too cheap to meter*) è utilizzata spesso come esempio di promessa mancata della scelta energetica nucleare. In realtà Strauss descrive un'utopia più ampia, fondata sull'energia nucleare come inizio di una nuova era tecnologica.

¹⁰ Bacone, 2001a.

*Il prolungamento della vita.
Il rallentamento della vecchiaia.
La cura delle malattie considerate incurabili.
L'alterazione dell'aspetto, della grassezza e della
magrezza.
L'aumento e l'esaltazione delle facoltà intellettuali.
Versioni diverse di corpi in altri corpi.
La costruzione di nuove specie.
Gli strumenti di distruzione, di guerra e di
avvelenamento.
La produzione di nuovi cibi a partire da sostanze oggi
non utilizzate.
L'inganno dei sensi.¹¹*

Ottimizzare, sostituire e sconfiggere

Bacone anticipa che tutto questo può essere raggiunto utilizzando il “nuovo strumento” della scienza induttiva e sperimentale. Nell’*aforisma 3 del Novum Organum* spiega perché: «La conoscenza e il potere umano diventano una cosa sola, poiché, dove la causa non è conosciuta, l’effetto non può essere prodotto».

La conoscenza utile per Bacon è quella delle relazioni di causa-effetto, che ci permette non solo di determinare ciò che ci porta dei benefici, ma anche di evitare ciò che potenzialmente ci danneggia. È il “nuovo metodo scientifico” a darci dunque il potere di ottenere i beni e, nel contempo, di sottrarci ai mali. Si delinea in tal modo il rapporto dialettico tra la potenza e il controllo, caratteristico dell’ideale cartesiano di dominio sulla natura.

Nel modello moderno la conoscenza scientifica si fa carico di prevedere le conseguenze del nostro agire tecnologico in modo certo, oggettivo ed esaustivo, tanto da trasformare le nostre decisioni in dimostrazioni

¹¹ Bacon, 2001b.

logiche razionali, dunque moralmente “giuste”. All’interno di tale immaginario standard del controllo, la responsabilità delle nostre azioni non dipende dalla sfera dei valori, esternalizzati dal potere predittivo della cosiddetta *repubblica della scienza*, una comunità di pari che si autogoverna senza alcuna forma di coercizione o di autorità altra se non la pura aderenza alla verità dei fatti, definita come coerenza al metodo scientifico (Polany, 1962).

Il governo della tecnoscienza contemporanea è ancora immerso in questo modello e negli immaginari ad esso correlati. Far correre in perfetta sicurezza la “meravigliosa” e “potente” macchina dell’innovazione *in vivo*, al di fuori dei confini controllati del laboratorio sul quanto mai scivoloso terreno della complessità e della controversia socio-ambientale, significa essere in grado di gestire in modo controllato i rischi e le preoccupazioni etiche, attraverso i meccanismi di contenimento dell’incertezza e della normatività intrinseca ai quali abbiamo accennato in principio: il recupero di una nozione standard di certezza attraverso la riduzione delle domande possibili sugli sviluppi futuri a quelle che ammettono una risposta quantificabile, e l’appellarsi ad uno standard di oggettività mediante la scelta di valori omogenei all’interno della comunità preposta alla valutazione.

L’eventuale incertezza riguardo al futuro è dunque da considerarsi come provvisoria, è opportunamente definita nei termini statistico-quantitativi della valutazione dei rischi ed è gestita tramite l’analisi dei costi-benefici. Le conseguenze che esulano dai modelli statistico-quantitativi, dunque non previste e non prevedibili scientificamente, sono definite come non intenzionali, concepite come anomalie e affrontate pertanto all’interno del medesimo modello, mediante sempre nuovi stru-

menti tecnoscientifici in grado di proteggerci dai problemi socio-ambientali nel momento in cui insorgono.

Quest'ultimo passaggio è reso possibile da un immaginario standard dell'urgenza che si fonda sulla necessità moralmente vincolante di rimandare, ridurre o addirittura escludere una riflessione ponderata sul processo di valutazione degli impatti dell'innovazione, per poter intervenire in modo tempestivo e con i più potenti strumenti tecnoscientifici a disposizione per risolvere le pressanti emergenze socio-ambientali che affliggono il pianeta.

In questo immaginario orientato al futuro, la mancanza di tempo e l'elevata posta in gioco generano la necessità di inquadramenti monocausali – un nemico solo e una sola arma – in cui l'innovazione emerge come *deus ex machina* all'interno dello spazio definito dalla meraviglia, dalla potenza e dal controllo. La geoingegneria¹² come arma contro i gas serra e l'irraggiamento solare per risolvere il problema del cambiamento climatico e la biotecnologia alimentare contro la carenza di calorie pro capite per sconfiggere la fame nel mondo sono esempi recenti di come l'innovazione si declina in funzione dell'urgenza.

In definitiva, all'interno di tale grande narrazione, l'innovazione ci consentirebbe dunque una «crescita intelligente, sostenibile e inclusiva» attraverso la creazione e la soddisfazione di sempre nuovi bisogni, e l'ottimizzazione e la sostituzione dei nostri mezzi (e da ul-

¹² La geoingegneria è un insieme di ricerche e pratiche tecnoscientifiche fondate sull'intervento deliberato di larga scala sul sistema climatico terrestre, al fine di limitare il riscaldamento globale. Le due tipologie principali di intervento sono mirate a catturare l'anidride carbonica e i gas serra, o a ridurre l'irraggiamento solare sul pianeta. Per un approfondimento si veda <https://sites.google.com/site/geoengineeringdebate>.

timo di noi stessi), concepite come proiettili d'argento¹³ per sconfiggere la complessità della crisi delle risorse e le emergenze socio-ambientali.

Le contraddizioni e i paradossi dell'innovazione

Dipendente dall'innovazione tecnoscientifica e da tali sue articolazioni, la nostra attuale condizione tecno-umana è intrinsecamente ambivalente, intrisa di contraddizioni e paradossi (Benessia *et al.*, 2012). In un volume pubblicato nel 1984, il sociologo Charles Perrow riflette sull'inesorabile presenza di eventi dannosi – i cosiddetti *incidenti normali* – come conseguenza della complessità e della connessione rigida intrinseca tra gli elementi dei sistemi coinvolti nelle tecnologie avanzate (Perrow, 1984). Pochi anni dopo, nel definire la nostra modalità di esistenza fondata sulla tecnoscienza come «società del rischio», Ulrich Beck si riferisce alla condizione controversa nella quale i rischi sono intrecciati nel tessuto stesso del progresso (Beck, 2001). In altri termini, le conseguenze impreviste e nefaste non sono anomalie, ma sono connaturate al nostro agire tecnoscientifico.

Se per un verso l'innovazione ci rende sempre più potenti, per l'altro essa ci rende altresì sempre più vulnerabili. Da Chernobyl (1986) a Fukushima (2011), da Bhopal (1984) alla piattaforma Deepwater Horizon nel Golfo del Messico (2010), la nostra epoca recente è amaramente costellata di casi esemplari. Emerge dunque una prima contraddizione: confidiamo nella tecno-

¹³ La metafora del proiettile d'argento (*silver bullet*) ha il significato nella tradizione anglosassone dell'unica arma in grado di distruggere la potenza del male, sia esso incarnato dal lupo mannaro, dal vampiro o dalla strega malvagia.

scienza per gestire e risolvere i problemi che insorgono nei nostri sistemi socio-ambientali, e ci dimentichiamo che tali problemi si manifestano proprio a causa dell'introduzione di processi e prodotti tecnoscientifici nei medesimi sistemi.

Inoltre, mentre i presunti benefici dell'innovazione sono inseriti all'interno di sistemi economico-industriali ottimizzati e controllati, le loro possibili conseguenze negative non possono essere previste né affrontate da una singola disciplina scientifica e struttura epistemica, o più in generale, in modo esclusivo dalla tecnoscienza. In altri termini, l'utilizzo della scienza e della tecnologia pone delle questioni che non possono essere risolte dalla scienza medesima. Tali circostanze problematiche, efficacemente definite come *trans-scientifiche* da Alvin Weinberg nei primi anni settanta (Weinberg, 1972), implicano l'assenza di un inquadramento disciplinare, di una metodologia di ricerca e di un *setting* predefiniti, nel prevedere e nel gestire gli effetti dell'implementazione tecnoscientifica sui sistemi coinvolti.

In effetti, l'incertezza in gioco nelle interazioni tra le nostre sperimentazioni e i sistemi implicati non è riducibile né transitoria, ma è radicale nel senso che è caratterizzata da uno stretto accoppiamento tra livelli organizzativi diversi che interagiscono e si influenzano a vicenda mediante dinamiche altamente non-lineari, criticamente dipendenti dalle condizioni iniziali, e caratterizzate da proprietà emergenti di auto-organizzazione e autoriflessività. Per questo la conoscenza di un sistema socio-ambientale è sempre incompleta e la sorpresa inevitabile.

Il filosofo francese Jean-Pierre Dupuy definisce questo insieme di proprietà dei sistemi complessi come la condizione per la quale l'unico modello in grado di rappresentare il sistema nel suo insieme e di prevederne

l'evoluzione è un modello 1:1, ovvero il sistema stesso (Dupuy, 2004)¹⁴.

Tuttavia, qualunque analisi deve per forza partire da un sistema artificialmente ridotto e i confini del sistema rilevanti per la scienza non coincidono se non accidentalmente con quelli significativi per una scelta decisionale. Questo, a sua volta, introduce un altro livello di incertezza radicale, definibile come *indeterminazione* (Smith e Wynne, 1989): la coesistenza di punti di vista non necessariamente complementari tra loro, la quale implica l'impossibilità di elaborare, mediante una singola e "corretta" prospettiva scientifica, un quadro univoco, oggettivo ed esaustivo della questione da affrontare.

La visione moderna del controllo, rintracciabile nel pensiero di Bacone, non tiene dunque conto di almeno due fattori fondamentali. Primo, il "noi" che decide che cosa è benefico e che cosa è dannoso non è omogeneo e concorde, né è definito a priori, ma è il frutto esso stesso di un processo democratico. "Noi", per esempio, potremmo realizzare, nei termini di Bacone, degli "strumenti di distruzione" per ottenere più potere (sui "nostri" nemici) e in tal modo aumentare la nostra prosperità e felicità.

Secondo, il modello moderno resta ancorato all'idea baconiana di una causa che produce un effetto, e non incorpora fino in fondo il concetto di conoscenza parziale e di causalità complessa. In termini pratici, anche qualora le controversie rispetto a ciò che è benefico o dannoso siano risolte, resta la questione empirica di

¹⁴ Si pensi a tal proposito al racconto di Borges, *Del rigore della scienza* nel quale si narra dell'ideale di esattezza perseguito nella scienza della cartografia che porta alla paradossale costruzione di una mappa 1:1 di un impero.

valutare se un particolare frammento di conoscenza o tecnologia abbia di fatto creato più beni che mali.

In tali condizioni “postnormali”, i fatti sono dunque intrinsecamente incerti e i valori inevitabilmente in contrasto; inoltre, data la potenza dei nostri strumenti tecnoscientifici, la posta in gioco è tipicamente elevata e le decisioni urgenti (Funtowicz e Ravetz, 1993).

Questo ci porta a una seconda contraddizione. Il confidare nel potere predittivo della scienza come condizione necessaria e sufficiente per decidere in modo razionale, dunque responsabile, risulta paradossale quando è proprio il potere della scienza e della tecnologia di agire sul mondo e di trasformarlo a rendere il futuro sempre più incerto e intrinsecamente imprevedibile.

In particolare, nell'appellarci alla necessità di evidenze scientifiche per sostenere razionalmente una linea d'azione, ci dimentichiamo che la definizione, l'individuazione e la misura di un'evidenza sperimentale sono processi intrinsecamente basati sui nostri assunti valoriali e dipendono in modo ineludibile proprio dalla nostra linea d'azione. La politica fondata sull'evidenza e l'evidenza fondata sulla politica possono essere considerate come le due facce di una stessa medaglia.

Tali contraddizioni costituiscono e sono profondamente immerse nei vincoli reali e percepiti della società e delle istituzioni contemporanee, e possono assumere la funzione di esplorare i nostri limiti culturali, epistemici e normativi. Esse mettono esplicitamente in discussione la possibilità che l'innovazione tecnoscientifica possa assicurare ed estendere il nostro benessere, sempre definito all'interno del modello della crescita, senza nel contempo metterlo inevitabilmente e gravemente a repentaglio.

Intendiamo qui per contraddizione un insieme di problemi che non possono essere risolti all'interno del

sistema di riferimento nel quale sono concepiti. Tuttavia, come abbiamo visto, la tipica reazione moderna alle contraddizioni è cercare di risolverle in senso tecnico, senza davvero discutere le radici implicite del modello di governo all'interno del quale si manifestano. Ciò significa nel nostro caso restare confinati in un sottospazio della nostra immaginazione e azione rispetto al cambiamento, definito da soli due assi ortogonali: quello dei *beni*, delle visioni, delle promesse e delle utopie, e quello dei *mali*, dei rischi calcolabili e burocratizzati e dei disastri non intenzionali.

L'idea di innovazione così concepita e difesa ci mantiene dunque paradossalmente in una stasi, come i personaggi di Beckett, seduti a discutere sul palcoscenico dei rischi/benefici, in attesa di decidere se confidare nella speranza o nella disperazione.

Alla voce del verbo *innovare* si associa comunemente la trasformazione creativa di un sistema, sia esso di pensiero o di oggetti reali. Si tratta di "far nuovo" (dalla forma latina *novare*), in altre parole di alterare l'ordine delle cose stabilite per fare (e pensare) cose mai fatte (e pensate).

Un primo passo per muoverci in tale direzione è domandarci da dove viene, per chi è concepita e quali sono le finalità dell'innovazione tecnoscientifica. Interrogarci su tali questioni ci porterà, come vedremo, ad aprire la scatola nera dei concetti moderni di benessere e ben vivere, e ad esplorare il modo in cui valutiamo la qualità dei nostri processi di conoscenza, di azione e di esistenza. In definitiva a riflettere sulla nostra condizione umana e su quella dei sistemi ambientali che ci sostengono e ci ospitano.

A tal fine, esploriamo ora due tipi diversi di tecnologie contemporanee, associate a promesse diverse, tra loro complementari: l'ottimizzazione dei nostri mezzi,

dei nostri processi e da ultimo della nostra stessa esistenza mediante i sistemi di informazione e comunicazione e la sostituzione dei viventi con degli organismi tecnologicamente funzionali ai nostri fini, grazie alla biologia sintetica. Riflettere su queste utopie tecnoscientifiche aprirà la strada a una riflessione su quale tipo di mondo – popolato da chi e con quali modalità di esistenza – è implicato nella grande narrazione dell’innovazione.

Ottimizzare, sostituire e sconfiggere

Le promesse dell’internet delle cose: l’ottimizzazione

La cosiddetta *internet delle cose* (IdC) è una delle promesse dell’innovazione che oggi attraggono maggior attenzione, attesa e finanziamenti a livello europeo e globale. L’idea è di produrre un’evoluzione della rete odierna nella quale siano connesse e comunichino tra loro non soltanto le persone, ma anche gli oggetti. È definita nei documenti programmatici europei come «un’infrastruttura dinamica globale costituita da oggetti fisici e digitali, muniti di sensori, processori e connessioni di rete» (Vermesan *et al.*, 2010). L’espressione originale *Internet of Things* è stata utilizzata per la prima volta da Kevin Ashton nel 1999 al Massachusetts Institute of Technology, ma la data di nascita dell’IdC è in realtà collocata tra il 2008 e il 2009, quando il numero di oggetti e apparecchi connessi alla rete ha superato quello delle persone.

Nell’universo dell’IdC, si legge nella *roadmap* strategica dell’Unione Europea, «le “cose” fisiche e quelle virtuali hanno una loro identità, una serie di attributi e personalità, utilizzano delle interfacce intelligenti e sono integrate in modo uniforme nelle rete di informazione globale» (Vermesan *et al.*, 2011). L’universo dell’IdC è dunque costituito da tre tipi di cose: le entità fisiche, digitali e virtuali, in interazione simbiotica tra loro

all'interno di una struttura sovrastante e unificante di connessioni elettroniche. Le cose fisiche hanno una o più controparti digitali e una varietà possibile di rappresentazioni virtuali.

In tale cosmologia tripartita, noi – ossia gli esseri umani – interagiamo con il nostro ambiente come qualunque altra entità, attraverso le nostre multiple controparti digitali e rappresentazioni virtuali. Questo insieme uniforme di caratteristiche comuni a tutti e tre i tipi di oggetti, quali l'identità, la personalità e l'intelligenza, convergono in un singolo attributo: essere *smart*. Gli oggetti *smart* sono inoltre «dotati di intenzionalità, ossia sono in grado di prendere parte al mondo degli affari, dell'informazione e dei processi sociali»¹⁵.

Il discorso etico istituzionale riguardo all'IdC identifica essenzialmente nelle questioni dell'identità, della sicurezza e della privacy le implicazioni delle tecnologie di informazione e comunicazione che devono essere affrontate esplicitamente (EC, 2012). Pur nel riconoscere la rilevanza di tali preoccupazioni, vorremmo qui concentrarci, come abbiamo anticipato, sugli aspetti positivi proposti, ossia sulle promesse della rivoluzione dell'Idc e sulle loro assunzioni implicite.

È utile ricordare che la radice del termine *cosa* denota sia gli oggetti da investigare, nel nostro caso il tipo di entità che popolano l'universo dell'IdC, sia le cause nel senso latino, ossia le ragioni per investigare le modalità di esistenza e le funzioni di tali entità. Le cose come stato dei fatti abitano l'universo della neutralità della conoscenza scientifica, mentre le cose come questioni evocano la cosiddetta materia del contendere e con essa

¹⁵ Come vedremo, tale simbiosi ontologica rende possibile stabilire e utilizzare delle equivalenze epistemiche e normative tra le "entità-umane" e le altre "cose".



il contesto dei valori e della soggettività. Il filosofo e sociologo Bruno Latour (e Heidegger e Whitehead prima di lui) articola questa stessa dualità riferendosi alla radice germanica *Ding* dalla quale deriva il termine inglese *thing*, cosa per l'appunto:

*Molto prima di designare un oggetto gettato fuori dalla sfera politica e immobile nella sua oggettività e indipendenza, la Ding o Thing ha per molti secoli assunto il significato della questione che porta le persone a unirsi proprio perché su di essa si dividono.*¹⁶

Ottimizzare, sostituire e sconfiggere

Da che cosa dunque si suppone siano costituite le cose dell'Idc e nel contempo a quali cose, ossia a quali questioni, si suppone siano rivolte? Che cosa significa e implica essere *smart*?



Un pianeta più intelligente



Nell'autunno del 2008, nel mezzo della crisi finanziaria globale, la multinazionale americana IBM lancia una delle sue più ambiziose campagne di comunicazione globali, fondata sull'idea di costruire un «pianeta più *smart*»¹⁷. L'8 novembre, pochi giorni dopo l'elezione di Barack Obama, il presidente e amministratore delegato dell'IBM Sam Palmisano avvia la nuova operazione di marketing con un'orazione al consiglio degli Affari Esteri degli Stati Uniti (Palmisano, 2008).

Nel suo discorso, il pianeta nel suo insieme – considerato sia come cosa sia come causa, ossia come mate-

¹⁶ Latour, 2005.

¹⁷ Lo slogan ufficiale IBM, «A smarter planet», è stato tradotto in Italia come «Un pianeta più intelligente». Tuttavia, come vedremo, anche in questo caso il termine *smart* assume un significato più ampio.



ria del contendere – è descritto come un sistema sociale e tecnologico unico, altamente complesso e interconnesso, che evolve sempre più rapidamente e richiede sempre più energie e risorse. Il clima, l'energia, il cibo e l'acqua, così come i processi produttivi e di distribuzione, devono essere gestiti in modo efficiente per rispondere alla sfida della popolazione in crescita e dell'integrazione globale dell'economia.

I numerosi improvvisi e inattesi campanelli d'allarme, dalla crisi dei mercati finanziari, al cambiamento climatico, ai riequilibri ambientali e geopolitici per l'approvvigionamento energetico, indicano una transizione irreversibile verso un mondo integrato da governare nel suo insieme, con i migliori mezzi a disposizione. I leader delle istituzioni pubbliche e private sono chiamati a prendere atto del cambiamento radicale in corso e a cogliere l'opportunità di utilizzare l'innovazione tecnoscientifica per «trasformare il modo in cui il mondo *funziona*». Il pianeta è dunque un sistema a sé, una macchina complessa che rischia di smettere di operare correttamente se non è governata con gli strumenti appropriati.

La narrazione dell'IBM prosegue quindi con le soluzioni a disposizione: abbiamo già la potenza e il controllo tecnoscientifico in grado di trasformare la crisi in opportunità. Se siamo disposti ad accogliere il cambiamento e ad ottimizzare il nostro modo di vivere (grazie alla IBM), possiamo riparare i guasti del nostro sistema. L'eco dell'efficace *yes, we can* di Barack Obama è qui consapevolmente utilizzata dalla IBM come forza propulsiva per raggiungere il settore pubblico come interlocutore economico¹⁸.

¹⁸ La campagna della IBM "Costruiamo un pianeta più *smart*", a cura della Ogilvy&Mather, ha vinto il Gold Effie Award nel 2010.

La differenza consiste in uno slittamento di significato dal *possiamo* elettorale che fa appello alla possibilità di un risveglio democratico collettivo al *possiamo* imprenditoriale che invoca un cambiamento negli strumenti da utilizzare. Se il mondo è un sistema troppo complesso da far funzionare, la responsabilità dei governi – delle aziende, delle città e degli Stati – diventa saper scegliere i mezzi tecnoscientifici più appropriati per ottimizzarlo, affinché il sistema si autogoverni nel modo più efficiente possibile. In modo del tutto analogo alla narrazione proposta dalla Innovation Union, di due anni successiva alla campagna IBM, l'innovazione invocata da Sam Palmisano non è soltanto attuabile e desiderabile, ma è anche obbligatoria e urgente, se vogliamo prevenire ulteriori collassi nei nostri sistemi di sostentamento da un lato, e preservare la nostra competitività nel mercato globale dall'altro.

Ottimizzare, sostituire e sconfiggere

È ovvio, se consideriamo le traiettorie dello sviluppo che guidano il pianeta di oggi, che dovremo funzionare in modo molto più smart e più efficiente, specialmente nel cercare nuove aree di investimento per far avanzare la crescita economica e per far uscire la gran parte dell'economia globale fuori dalla recessione. [...] Questi processi ordinari del business, del governo e della vita – i quali sono in definitiva le sorgenti di quelle crisi "sorprendenti" – non sono abbastanza smart da essere sostenibili.¹⁹

I confini del nostro mondo fisico e finito diventano sempre più evidenti, e l'innovazione dell'Idc ci fornisce

Per un approfondimento sulle linee guida dell'intera operazione di marketing si veda <http://tinyurl.com/bwt4qu3>.

¹⁹ Palmisano, 2008.

una soluzione: l'universo apparentemente sconfinato dell'informazione digitale, della connettività virtuale e della potenza computazionale ci rende sufficientemente efficienti, ossia *ottimizzati*, da mantener saldo il modello della crescita.

I tre assi fondamentali della nuova rivoluzione tecnoscientifica dell'IdC – il digitale, il virtuale e il computazionale – sono articolati con le tre “i” di *instrumented* (ossia dotato di strumenti tecnologici), *interconnesso* e *intelligente*, e definiscono nel complesso il concetto di *smart*. *Instrumented* si riferisce alla proliferazione illimitata dei mattoni fondamentali dell'era digitale, i transistor, oggi più di un miliardo per ogni essere umano, al costo infinitesimo di un decimilionesimo di centesimo. Se tutti questi transistor diventano interconnessi, ogni cosa può comunicare con ogni altra. In questa visione dell'internet delle cose, possiamo dunque monitorare e controllare il nostro pianeta con una precisione e una capillarità senza precedenti. Infine, dotata della nostra sempre crescente potenza computazionale, ogni cosa può diventare intelligente e permetterci di trasformare l'oceano di dati raccolti in informazione strutturata. Possiamo quindi migliorare indefinitamente l'efficienza nell'uso delle nostre risorse, se permettiamo all'IdC di gestire *per noi e attraverso di noi* la complessità dei sistemi socio-ambientali sui quali confidiamo per vivere. Ciò significa ottimizzare non soltanto i nostri servizi e sistemi di produzione e distribuzione, ma anche i nostri processi decisionali.

L'ideale moderno della “scienza che rivela la verità al potere” e la netta separazione tra fatti e valori è qui idealmente preservata mediante il potenziamento tecnologico della nostra capacità di raccogliere, rappresentare e analizzare in modo oggettivo, esaustivo e preciso i fatti sulla base dei quali è possibile decidere razional-

mente. Al fine di rendere funzionale questa narrazione moderna, devono essere messe in opera tre assunzioni fondamentali, derivate dagli immaginari della potenza e del controllo. Nella prima si suppone che, grazie al potenziamento della nostra capacità di calcolo e monitoraggio, la complessità intrinseca dell'interazione tra i sistemi tecnoscientifici e socio-ecologici possa essere ridotta a un insieme misurabile di informazione binaria strutturata, complicata ma semplificabile. Nella seconda, si assume che i fatti necessari per decidere e operare possano essere filtrati dalle tecnologie di informazione appropriate e definiti nei termini di una quantità finita di dati rilevanti. Nella terza si presume che la qualità dei nostri processi decisionali possa essere slegata dalla sfera normativa dei valori e possa equivalere alla capacità computazionale di distinguere i dati dal rumore di fondo e di assegnare loro un significato, così da trasformarli in una definizione operativa di conoscenza oggettiva.

Questa visione del potenziamento tecnologico implica la convergenza del mondo fisico, digitale e virtuale, e la creazione di forme di vita e funzionamento ibridi, di organismi cibernetici connessi tra loro in modo virtuale. In effetti, nel trasformare le cose circa le quali bisogna decidere, ossia le questioni di natura eminentemente politica in oggetti digitali, anche dati e algoritmi ottimizzati, si modifica inevitabilmente anche il "noi" che si riunisce attorno a tali cose, per decidere il da farsi. Se riteniamo che la decisione più efficace riguardo ai problemi che più ci premono consista nell'elaborare in modo rapido e razionale un'immensa quantità di dati, allora il decisore migliore è a sua volta una macchina, che ci sostituisce.

La più recente implementazione di quest'idea è il nuovo supercomputer dell'IBM, battezzato con l'eloquente nome di Watson, dal nome del fondatore della

compagnia: una macchina connessa alla rete in grado di rispondere a domande complesse e di superare per intelligenza il celebre campione di scacchi Big Blue, sconfiggendo dei competitori umani in un famoso quiz televisivo chiamato *Jeopardy!*²⁰ (Thompson, 2010). Watson è concepito e proposto come l'arma migliore per decidere in situazioni altamente complesse e urgenti: dalle transazioni sul mercato finanziario, alle decisioni diagnostiche e cliniche²¹, alla gestione delle emergenze di massa.

Benvenuti nel decennio smart

All'inizio del 2009 la IBM ha distribuito in rete un video di due minuti dal titolo *Il decennio smart*²², come uno degli elementi fondamentali della sua campagna. Ci muoviamo qui in una visione globale e astratta della cosiddetta *era dell'Antropocene* con tutte le sue sfide e le sue opportunità. Una voce fuori campo ci guida attraverso l'essenza della narrazione dell'innovazione proposta da Palmisano, enfatizzando la svolta positiva già in atto. Le tecnologie di informazione e comunicazione di cui abbiamo bisogno sono già al lavoro per noi: «Un pianeta più *smart* non è una metafora, o una visione, o una proposta; un pianeta più smart *sta accendendo*».

²⁰ L'aspetto sorprendente dell'operazione tecnologica e mediatica dell'IBM è che nel gioco a premi la sfida consiste nel risalire alla domanda corrispondente a una parola inserita in uno specifico contesto e fornita come risposta.

²¹ Nel febbraio del 2013 è stata realizzata la prima implementazione commerciale del sistema, dedicata ai pazienti con tumore ai polmoni. L'applicazione messa a punto dal Memorial Sloan-Kettering Cancer Center di New York permetterà di accedere via *cloud* al sistema e di chiedere a Watson una consulenza sui pazienti.

²² <http://tinyurl.com/dy7tqo2>.

Un testo bianco su schermo nero («Buongiorno, pianeta smart...») accoglie lo spettatore come un abitante di un mondo intelligente, nel quale, ancora una volta, il regno delle entità fisiche, digitali e virtuali converge in modo ubiquo. Tale convergenza è veicolata visivamente tramite un continuo alternarsi tra l'universo virtuale delle interconnessioni tra i nodi di una rete digitale e la rappresentazione filmica del nostro mondo fisico, descritto come una rete di sistemi socio-tecnici.

Gli spazi digitali e virtuali sono rappresentati da una sofisticata animazione, il cui stile evoca il lavoro pionieristico di mappatura della rete di Barret G. Lyon, noto come *The Opte Project*²³ (Lyon, 2005), oggi parte integrante della collezione permanente del museo di arte moderna di New York (MOMA). Una galassia fluttuante di dati sospesi in uno spazio indefinitamente profondo sono governati in modo “meraviglioso” dagli algoritmi analitici in grado di produrre un'armonia di configurazioni. Strutture dinamiche di informazione, conoscenza e saggezza emergono dal flusso caotico dei dati.

Nel contempo, la descrizione cinematografica del mondo fisico ricorda da vicino il film del 1982 dal titolo *Koyaanisqatsi*, diretto da Godfrey Reggio con le musiche di Philip Glass e la fotografia di Ron Fricke. Le riprese aeree, l'uso del *time-lapse* e la modularità della colonna sonora sono utilizzate dalla IBM per veicolare l'elevata complessità dei nostri sistemi socio-tecnici e per sostenere l'equivalenza tra l'universo virtuale e quello fisico, tra noi e le nostre macchine. Verso la fine del filmato, quando si invoca una nuova leadership, il pianeta intelligente della IBM è descritto attraverso una serie di

²³ <http://opte.org>.

videoritratti, ancora una volta evocando in modo esplicito una scelta poetica molto specifica di Fricke. L'alienazione delle figure tragiche di *Koyaanisqatsi* si trasforma, nel filmato della IBM, nella volontà e nel potere della creatività umana di perseguire il proprio (glorioso) destino tecnoscientifico. Ironicamente, l'utilizzo poetico di immagini e suoni che ha determinato il successo del film di Reggio era stato concepito con la stessa funzione, ma per una finalità opposta. «Questi film non hanno mai voluto affrontare l'effetto della tecnologia, dell'industria sulle persone. Si è voluto rappresentare il fatto che tutto, la politica, l'educazione, le entità finanziarie, la struttura degli Stati, il linguaggio, la cultura, la religione, tutto ciò esiste all'interno della tecnologia. Dunque non è l'effetto di, ma è il fatto che tutto esiste all'interno [della tecnologia]. Noi non usiamo la tecnologia, noi viviamo la tecnologia. La tecnologia è diventata tanto pervasiva quanto l'aria che respiriamo, dunque non siamo più consapevoli della sua presenza».²⁴

In *Koyaanisqatsi* l'elevata complessità dei nostri sistemi socio-tecnici e la completa immersione degli esseri umani nelle loro infrastrutture sono considerate come segnali di una «vita fuori equilibrio»²⁵. Nella visione proposta dalla IBM, l'equivalenza tra i sistemi sociali e quelli tecnologici è ciò che permette non soltanto di sopravvivere in tempi di cambiamento, ma anche di continuare a migliorare il nostro benessere. Nella prima parte del video della IBM, prendiamo consapevolezza di essere in un periodo di transizione, caratterizzato

²⁴ Reggio in Carson, 2002.

²⁵ Il termine hopi *koyaanisqatsi* significa «vita di corruzione morale e in tumulto» o «vita fuori equilibrio». Il prefisso *koyaanis* significa «corrotto» o «caotico», e la parola *qatsi* indica la «vita» o l'«esistenza».

da uno stato di disequilibrio. Tuttavia il soggetto dello squilibrio dinamico non è la vita in sé, ma la crescita, e la risposta positiva per recuperarlo è rinunciare alla nostra intenzionalità, ossia in termini sintetici e provocatori, un “equilibrio fuori dalla vita”.

Immagina che tutto sia connesso

La narrazione tecnoscientifica dell'innovazione creata all'interno di un'operazione di marketing come quella che abbiamo appena esplorato è intrinsecamente condizionata dalla sua funzione di vendere delle cose, siano prodotti o servizi, e potrebbe dunque essere considerata come meno rappresentativa di una transizione più ampia, di natura politica, economica, culturale ed esistenziale. Tuttavia, all'interno della traiettoria storicamente vincolata dalla scienza normale alla tecnoscienza industriale, la stessa narrazione dell'innovazione può essere rintracciata senza soluzione di continuità dalle aziende private alle pubbliche istituzioni, poiché in entrambi i casi si tratta di difendere il modello sovrastante della competitività e della crescita dei consumi, e di sopravvivere al suo interno. In tal senso, la differenza tra pubblico e privato diventa marginale poiché, in entrambi i casi, il *soggetto* della narrazione dell'innovazione non è l'istituzione che la propone, bensì il *tipo di mondo* che prevede l'innovazione medesima come unica strada percorribile. Come abbiamo visto, l'IBM non parla di sé o dei suoi prodotti e servizi, ma descrive un universo nel quale la sua presenza tecnologica è imprescindibile.

È questo il caso di una seconda iniziativa prioritaria dell'Unione Europea all'interno della strategia europea per il 2020, incentrata sulle tecnologie di informazione e comunicazione e definita come *Agenda Digitale*. Nel gennaio del 2012 la direzione generale sulla Società

dell'informazione e i media dell'Unione Europea pubblica un video su YouTube dal titolo *Internet of Things Europe - The movie: Imagine everything was linked...*²⁶. Il filmato è concepito come strumento dell'Agenda Digitale per supportare una consultazione pubblica sull'IdC. Nella didascalia descrittiva allegata al video si legge: «L'Europa si confronta con la sfida di rimanere all'avanguardia nella rivoluzione dell'internet delle cose, e nello stesso tempo di occuparsi delle complesse questioni di policy che essa solleva (privacy, sicurezza, etica)».

Laddove l'IBM può limitarsi a incoraggiare un cambiamento immediato per aprire nuove aree di mercato e nuovi modelli di gestione economica, l'Unione Europea deve risolvere un compito più arduo, di natura intrinsecamente contraddittoria. Da un lato, per rassicurare i cittadini, l'IdC deve essere presentata come una *visione*, ancora da discutere, valutare e governare in modo partecipato; dall'altro, per assicurare all'Europa un vantaggio competitivo nel mercato globale, deve diventare una *realtà* il prima possibile.

La via d'uscita da questo dilemma consiste nell'accelerare il processo di accettazione pubblica della nuova tecnologia, e questo può essere ottenuto visivamente (e politicamente) mediante l'alternarsi dinamico tra presente e futuro, mediato da un immaginario dell'urgenza. La prima metà del video è situata nel nostro presente, descritto attraverso la vita quotidiana di quattro cittadini europei, due uomini e due donne, nel loro ambiente urbano. Nella seconda parte siamo condotti senza cesure in un ipotetico futuro prossimo nel quale l'IdC è una realtà, accompagnati dalle voci narranti che la evocano come una visione salvifica.

²⁶ <http://tinyurl.com/bz5a84f>.

Nella prima parte seguiamo i personaggi nella loro giornata e ascoltiamo il loro eloquente flusso di pensieri, carichi di frustrazione e stress. Sono preoccupati e sopraffatti dalla complessità e dall'inefficienza delle infrastrutture e dei sistemi dai quali dipendono. Il consumo di energia è in crescita costante, i trasporti, le strutture mediche e i supermercati sono congestionati e ai cittadini non resta che sopportare passivamente le sfide sempre più pressanti. La stagnazione economica europea è evocata dalla sensazione ricorrente di dover “restare immobili”, espressa da ciascun personaggio in situazioni diverse. Lo scenario della scarsità di risorse e della saturazione dei sistemi socio-tecnologici è presentato attraverso un immaginario dell'urgenza, nel quale il cambiamento dalla “visione” alla “realtà” dell'IdC è necessario, come proiettile d'argento da implementare immediatamente, e da adattare in seguito dal punto di vista politico ed etico.

Nella seconda parte del filmato il cambiamento necessario diventa un'opportunità e un'evoluzione desiderabile del nostro modo di vivere, come nella narrazione dell'IBM. La pluralità delle voci utilizzate nel video si appella alla nuova rivoluzione tecnologica, che emerge come *deus ex machina* dagli immaginari della meraviglia, della potenza e del controllo, con la possibilità di “infinite applicazioni”. Se gli oggetti sono *smart*, ossia intelligenti e interconnessi, allora tutto – dall'energia, ai trasporti, ai sistemi sanitari, alla nostra vita – può ricominciare a funzionare e si apre così una nuova “frontiera illimitata”, questa volta sul fronte europeo.

Le due narrazioni sono dunque del tutto analoghe nei loro elementi principali: descrivono un mondo concepito come un sistema tecnologico, sociale ed economico unico, altamente complesso e integrato, fondato su regole termodinamiche e non politiche. Come tale,

il suo governo ideale è realizzato attraverso nuovi strumenti tecnoscientifici autonomi, in grado di ottimizzarne la dinamica e quindi di farlo *funzionare*. Nel 2010, Sam Palmisano termina un suo intervento al Royal Institute of International Affairs di Londra con queste parole: «Fatemi concludere con un'ultima considerazione, tratta dagli insegnamenti dello scorso anno. È questa: costruire uno *smarter planet* è realistico perché è chiaramente una scelta non ideologica» (Palmisano, 2010).

Se il nostro mondo è una macchina lenta, obsoleta e congestionata, allora l'innovazione delle tecnologie di informazione e comunicazione e le promesse dell'IdC sono non soltanto desiderabili e possibili, ma anche necessarie. Ciò significa esternalizzare la sfera valoriale e proporre l'ottimizzazione *smart* come soluzione razionale moderna, un dato di fatto oggettivamente valido, dunque non ideologico.

In definitiva tale visione e la promessa formulata al suo interno si fondano su due contraddizioni intrinseche. La prima consiste nell'invocare l'oggettività e l'assenza di normatività tipiche dell'ideale scientifico moderno all'interno di una visione del mondo essenzialmente normativa, tanto da prevedere l'ottimizzazione tecnoscientifica come soluzione unica.

La seconda si manifesta nell'invocare la necessità di tecnologie sempre più potenti e capillari per gestire la complessità dei nostri sistemi di sostentamento, quando tale complessità e la vulnerabilità che ne deriva sono essenzialmente causate proprio dalla sempre crescente capillarità delle nostre tecnologie.

Le promesse della biologia sintetica: la sostituzione

Così come nella rivoluzione *smart* il nostro mondo, descritto e gestito come sistema socio-tecnico globale

e integrato, richiede una radicale ottimizzazione della sua dinamica, nella grande narrazione dell'innovazione anche l'universo complesso e imprevedibile dei sistemi viventi necessita di una profonda revisione tecnoscientifica. Grande assente nella cosmologia dell'internet delle cose, il *bios* con il quale conviviamo e dal quale dipendiamo può e deve a sua volta essere ristrutturato per permetterci di estendere i limiti del nostro utilizzo di risorse e per sopravvivere al nostro stesso sviluppo. Se il principio di massimizzazione dell'efficienza è «una scelta chiaramente non ideologica», allora la standardizzazione industriale deve essere applicata anche al mondo microscopico della materia organica e inorganica, concepite entrambe come *res extensa* cartesiana, un substrato inerte sul quale agire nel modo più produttivo e controllato possibile.

All'interno di tale narrazione, si articolano le promesse delle tecnologie emergenti sin dall'inizio degli anni ottanta, le bio e le nanotecnologie; le prime finalizzate a ottimizzare il sistema agricolo e quello medico terapeutico²⁷, le seconde proposte come vaso di Pandora per la costruzione *ex novo* di materiali di ogni tipo, arrivando addirittura a ottimizzare il nostro rapporto con la seconda legge della termodinamica, o legge entropica, attraverso la manipolazione diretta della scala atomica. Entrambe le tecnologie del mondo microscopico hanno rapidamente raggiunto (e per qualcuno superato) la maturità senza portare i frutti auspicati e promessi (Rose e Rose, 2012), e hanno, nel frattempo, suscitato numerose e inattese controversie pubbliche, quando non addirittura, nel caso delle effettive implementazioni

²⁷ Il confine tra l'utilizzo terapeutico della tecnoscienza contemporanea e quello finalizzato ad alterare, migliorare e potenziare le facoltà e le prestazioni umane e animali è estremamente sottile.

biotecnologiche in campo alimentare, un'aperta ostilità. Entrambe sono ancora finanziate, sostenute, regolate e pienamente immerse nella traiettoria dell'innovazione, ma è l'ultima nata, la biologia sintetica, a catalizzare oggi le speranze, le paure e i maggiori finanziamenti pubblici e privati.

La biologia sintetica è un'impresa tecnoscientifica multiforme, fondata sulla costruzione di uno specifico intreccio di immaginari della potenza e del controllo. Si tratta di una visione unificante e utopica, elaborata in poco più di un ventennio, dai primi anni novanta, in grado di creare un minimo comun denominatore non solo epistemico ma anche normativo per operazioni tecnoscientifiche molto diverse tra loro che vanno dalla biotecnologia più avanzata, fondata sulla manipolazione sistemica e controllata dei geni, alla bioingegneria modulare open source, impegnata nella produzione e condivisione di mattoni standard a partire dai quali costruire dei dispositivi biologici, alla biologia di sintesi, finalizzata alla creazione di organismi *ex novo*.

Come vedremo tra poco, la biologia sintetica è concepita come evoluzione della biotecnologia poiché ambisce a intervenire su intere reti geniche invece che su singoli geni. Nel contempo, è strettamente correlata con la nanotecnologia, nel senso che si fonda sulla possibilità di agire direttamente su scala molecolare per ottenere delle specifiche proprietà macroscopiche. Infine deve la sua esistenza allo sviluppo delle più potenti tecnologie di informazione e comunicazione, in grado di gestire i cosiddetti *big data* necessari per navigare nell'oceano dei codici genetici.

Seppur figlia delle tre tecnologie di punta più note, discusse e finanziate, ironicamente, la biologia sintetica non porta nel nome le sue origini tecnologiche. Accostato al sostantivo *biologia*, è l'aggettivo polisemico *sinte-*

tico a trasformare una delle scienze moderne per eccellenza, la biologia, nell'ultima e più avanzata espressione della tecnoscienza industriale. Vediamo come e perché, a partire da una sua presentazione proposta dalla European Science Foundation (ESF) nel 2009.

«La biologia sintetica è la (ri)progettazione razionale dei sistemi biologici con proprietà utili» (ESF, 2009). Si tratta dunque di trasformare in modo controllato i viventi – i quali, evidentemente, non sono naturalmente dei sistemi razionali, ossia ottimizzati – al fine di ottenere dei benefici specifici. Inoltre, il dettaglio della parentesi indica la possibilità, tutt'altro che marginale, non solo di modificare i sistemi esistenti, ma anche di progettarne di nuovi, per sostituire i prodotti irrazionali dell'evoluzione biologica. La ESF prosegue quindi affermando l'identità multiforme della biologia sintetica e ne mette in evidenza le due caratteristiche principali:

È un'impresa altamente interdisciplinare, che può essere osservata attraverso due prospettive:

La prima, la prospettiva dell'ingegneria, nutre la speranza di trasformare la biotecnologia in una vera disciplina ingegneristica, con la corrispondente affidabilità e accuratezza nella progettazione.

La seconda, lo sguardo sintetico, fornisce uno strumento unico per confermare o per mettere in discussione la nostra attuale comprensione dei fenomeni molecolari e delle funzioni dei sistemi, poiché solo se possiamo ricostruire in modo affidabile le proprietà delle cellule possiamo affermare il nostro dominio intellettuale su di esse («Ciò che non posso costruire, non posso comprendere»; Richard Feynman).²⁸

²⁸ ESF, 2009.

Nel primo passaggio si afferma l'essenza tecnologica della nuova disciplina e la sua evoluzione rispetto all'ingegneria genetica di prima generazione (la biotecnologia) implicitamente obsoleta e carente di affidabilità e accuratezza. A differenza dell'impresa biotecnologica, la biologia sintetica si propone di utilizzare gli strumenti propri dell'ingegneria: l'individuazione e la standardizzazione di elementi fondamentali da assemblare in modo diverso a seconda della funzione richiesta, e la formalizzazione dei principi della progettazione, non più affidata al metodo empirico del *trial and error*, ossia al procedere per tentativi. Questa distinzione esplicita da un tipo di ingegneria incompleta è altresì necessaria per fornire sin dall'inizio alla biologia sintetica un'immagine nuova rispetto alla biotecnologia e alla percezione negativa delle sue implicazioni socio-ecologiche. In effetti, la biologia sintetica prende vita, è il caso di dire, in un contesto storico e politico complessivo molto diverso rispetto alla sua antesignana, impreparata e travolta, a suo tempo, dal problema della controversa accettazione pubblica (vedi box qui a fianco). La distinzione acquisisce anche una forma semanticamente paradossale, nel senso che la vera ingegneria biologica, come abbiamo accennato, non contiene il termine *tecnologia* al suo interno. È la seconda prospettiva della ESF a fornire una spiegazione di questa apparente contraddizione in termini e a marcare in modo definitivo la differenza della biologia sintetica rispetto a tutte le altre imprese tecnoscientifiche.

Nel secondo capoverso si introduce in effetti un elemento radicalmente diverso, veicolato proprio dall'aggettivo *sintetico*. Letteralmente "messo insieme" – dal suffisso greco *syn-*, "con" o "insieme", e dalla radice verbale *théo*, "pongo" – il termine *sintetico* si definisce in relazione, o meglio in opposizione ad *analitico*, op-

pure all'aggettivo *naturale*. Come vedremo, le due accezioni si intrecciano tra loro e giocano un ruolo fondamentale nella costituzione della biologia sintetica come disciplina a sé stante. Iniziamo con la prima²⁹.

Biotecnologie *in vivo*: le controverse vicende dell'agricoltura geneticamente modificata

La questione della sicurezza per la salute umana e per gli equilibri ecosistemici ha complicato l'introduzione delle colture geneticamente modificate (GM) nel sistema di produzione alimentare sin dall'inizio, nei primi anni novanta. Inoltre, nell'allora iniziale globalizzazione del mercato, l'industria biotech ha dovuto fronteggiare l'arduo compito di misurare i propri prodotti all'interno di una grande varietà di contesti politici, culturali, storici ed economici, appartenenti ai diversi Stati occidentali, individuati come potenziali mercati. Complessivamente, tali configurazioni convergevano in diverse "epistemologie civiche", responsabili di una pluralità di inquadramenti epistemici e normativi distinti dell'impresa biotecnologica (Jasanoff, 2008). Malgrado il principio normativo dell'equivalenza sostanziale (OECD, 1993) assicurasse una rapida espansione all'interno del mercato americano, quando i prodotti GM oltrepassarono l'Atlantico, incontrarono una forte opposizione nei paesi europei, a causa di una serie di molteplici fattori, compresa la minaccia di perdere delle quote di mercato e la memoria relativamente

Ottimizzare, sostituire e sconfiggere

²⁹ Il termine *sintetico* può anche essere opposto ad *analitico* nel contesto della logica formale, qui non considerato esplicitamente: in tal senso, i giudizi analitici sono le proposizioni che sono vere in virtù del significato dei loro termini, dunque in tutti i mondi possibili, mentre la verità di quelli sintetici è legata al contenuto empirico del nostro mondo.

recente dello shock alimentare della BSE, la già evocata “mucca pazza” (Ibraim, 1996). Nel 1998 l’Unione Europea decise di adottare un approccio precauzionale e impose una moratoria sui nuovi prodotti biotecnologici. Tale decisione mise in discussione le strategie dell’esportazione americana e aprì la strada a un nuovo tipo di controversie all’interno dell’organizzazione fondata sul libero mercato globalizzato all’interno del WTO. Nello stesso periodo, l’industria *biotech* si trovava ad affrontare una preoccupazione crescente nei confronti dei prodotti GM all’interno degli stessi Stati Uniti. Nel 1999, una nuova accesa controversia sulla sicurezza, riguardante i possibili effetti dannosi sui cosiddetti *insetti non-target* (Losey *et al.*, 1999), filtrò fino ai mezzi di comunicazione di massa. In effetti, in uno scenario inquietante in grado di evocare la “primavera silenziosa” di Rachel Carson (Carson, 1989), le potenziali “vittime innocenti” del cotone GM erano le farfalle monarca, le cui immagini, altamente simboliche, finirono per dominare la scena nelle sommosse del 1999 contro la globalizzazione, a Seattle e Washington. Fu dunque necessario adottare robuste contromisure (Barboza, 1999), e le maggiori industrie biotecnologiche rinnovarono gli sforzi per enfatizzare i potenziali benefici dei loro prodotti alimentari geneticamente modificati. Si formò in quel periodo una serie di coalizioni tra aziende, quali la Alliance for Better Foods, incaricate di finanziare la ricerca scientifica, di organizzare dei forum educativi, di fare pressione sui legislatori, i regolatori e le organizzazioni agricole. Il dibattito sulle promesse e sui rischi della biotecnologia alimentare è tuttora molto acceso. Si veda a tal proposito il recente rapporto sull’argomento all’interno del volume *Late Lessons from Early Warnings* dell’Agenzia Europea per l’Ambiente (Quist *et al.*, 2013).

John Tyndall, Richard Feynman e la demarcazione della biologia sintetica

Dal punto di vista metodologico, analizzare significa scomporre in parti e sintetizzare e ricomporre l'insieme. Inoltre, questa duplice operazione può essere attuata *in teoria*, sull'universo dei concetti, o *in pratica*, nel mondo fisico. In teoria possiamo analizzare un problema ricercando i principi primi o gli elementi essenziali, le leggi fondamentali o le entità elementari della fisica teorica per esempio, o, al contrario, possiamo tentare di dedurre le conseguenze a partire dai principi primi o dalle interazioni tra gli elementi fondamentali che abbiamo identificato. In pratica, possiamo smontare una macchina nei suoi componenti per analizzarla, e rimetterla insieme pezzo per pezzo attraverso un processo di sintesi. Nel seguire la distinzione essenzialmente moderna, il primo approccio definisce la scienza, il secondo l'ingegneria, e con essa l'ambito della tecnologia.

Qualcosa evidentemente non torna, poiché nella seconda prospettiva proposta dalla ESF, da un lato si declina il termine *sintetico* esclusivamente nel mondo fisico e lo si emancipa da qualunque forma di analisi, confermando dunque in apparenza ancora una volta la natura tecnologica della biologia sintetica; dall'altro si afferma che tale disciplina non è soltanto un'evoluzione della biotecnologia – l'aspetto tecnologico espresso nella prima prospettiva – ma rappresenta un mezzo unico per la *comprensione* della vita, ossia uno strumento *scientifico*.

Nel considerare la sintesi come un principio autonomo e applicato esclusivamente al mondo fisico, si fa saltare il primo, fondamentale, anello della catena del cosiddetto *modello lineare* espresso nelle parole di Vannevar Bush, che vede l'implementazione tecnologica come passaggio necessariamente successivo alla ri-

cerca scientifica. In questo senso si afferma dunque il primato della tecnologia sulla scienza. Tuttavia, come emerge nel seguito, la mossa epistemica lungo la traiettoria dell'innovazione è ben più radicale: non si tratta soltanto di invertire l'ordine tra scienza e tecnologia, ma di *sostituire* la scienza con la tecnologia *tout-court* (Fox Keller, 2009).

L'operazione di sintesi nel mondo reale è scienza. La costruzione di una macchina non è soltanto un'attività utile, ma è anche la via maestra per *comprendere* la macchina stessa³⁰. Fare è comprendere e comprendere è fare. Ciò significa in sostanza ridefinire nei suoi fondamenti l'identità e la natura della scienza, proponendo un nuovo principio di demarcazione, fondato sulla sintesi nel mondo reale come principio epistemico.

La distinzione tra la scienza e la tecnologia, e più in generale il problema della demarcazione della scienza, ha radici lontane, e non è soltanto una questione teorica, ma anche e soprattutto un problema pratico (Gyerin, 1983). Sin dalle origini della scienza moderna, gli scienziati hanno utilizzato delle strategie pubbliche per fondare ed estendere la loro autorità intellettuale e morale, e i loro interessi professionali. In tale processo i confini della scienza si sono disegnati e ridisegnati in modi flessibili, storicamente mutevoli e talvolta ambigui. Basti pensare al caso emblematico di John Tyndall, scienziato dell'Inghilterra vittoriana e successore di Michael Faraday come professore e supervisore della Royal Institution di Londra.

Attraverso una serie di conferenze pubbliche, Tyndall mise la propria visibilità al servizio del dimostrare

³⁰ Per un diverso modo di intendere la relazione tra il fare e il comprendere, fondato sulla qualità, si veda Robert M. Pirsig, *Lo Zen e l'arte della manutenzione della motocicletta*.

la necessità di un supporto economico al lavoro degli scienziati. Da una ricostruzione storica molto dettagliata, emerge il fatto che lo scienziato britannico utilizzava diverse narrazioni, talora apparentemente contraddittorie o ambivalenti, per distinguere la scienza dalla religione per un verso, e dalla meccanica per l'altro. Naturalmente, quando si trovava a dover sostenere la causa, l'unicità e la necessità della scienza rispetto all'autorità intellettuale e morale della religione vittoriana, Tyndall descriveva un processo di conoscenza empirica, fondata sull'aderenza ai fatti e non sulla metafisica, utile per il progresso tecnologico, scettica rispetto a qualunque autorità diversa dai fatti della natura, dunque antidogmatica, e infine lontana dal mondo delle emozioni e dei valori, quindi oggettiva, priva di interessi e pregiudizi.

Quando invece affrontava la medesima sfida nei confronti della meccanica, attribuiva alla scienza un insieme diverso di caratteristiche: era necessaria al progresso pratico perché non procedeva per tentativi e fallimenti, ma ricercava le cause dei processi da controllare. Era dunque teorica, nel senso che si occupava di trovare i «principi causali invisibili» dai quali discendono i fenomeni naturali. Infine, era rivolta alla creazione di nuova conoscenza e comprensione, e non al profitto economico. In effetti, per diventare parte integrante dell'educazione dell'élite culturale e politica britannica, la scienza era meno attraente come mezzo di guadagno che come strumento di indagine della verità e come fonte di disciplina intellettuale. In sostanza, nei suoi interventi pubblici Tyndall utilizzò la ricchezza di significati e di pratiche, e l'ambivalenza intrinseca alla ricerca scientifica, “utile in pratica” e “pura cultura”, selezionando opportunamente l'insieme di proprietà più adatte al contesto e alla finalità specifica.

In generale, gli scienziati hanno a disposizione un numero di repertori culturali, dei vocabolari disponibili per costruire le narrazioni più appropriate, tra le quali le norme sociali di Merton che fondano tradizionalmente il modello moderno della scienza orientata alla curiosità – il comunalismo, l'universalismo, il disinteresse e lo scetticismo organizzato – ma anche le asserzioni circa l'utilità della scienza per avanzare la tecnologia, vincere le guerre, decidere in modo imparziale e, aggiungiamo oggi, salvare il modello della crescita.

Come la scienza in epoca vittoriana, anche la biologia sintetica e i suoi attori principali – dagli scienziati imprenditori, agli accademici, ai decisori pubblici e privati – non possono prescindere dal sostegno della società civile. Nel seguito della presentazione programmatica proposta dalla ESF si legge:

L'elemento finale di questa transizione [verso la biologia sintetica] è il contesto sociale, poiché la biologia sintetica deve essere consapevole del suo impatto sociale e deve gestirlo efficacemente. Dunque, il contesto sociale verrà integrato nelle sue varie forme sin da uno stadio iniziale dell'impresa scientifica e tecnologica, tenendo a mente che potrebbe essere un elemento vitale nel guidare con successo lo sviluppo futuro della biologia sintetica.³¹

Il repertorio scelto nelle due prospettive definitorie e le apparenti incongruenze acquisiscono in quest'ottica un significato più trasparente: la biologia sintetica è un'impresa ingegneristica, dunque "utile in pratica", affidabile e matura, a differenza della biotecnologia, dalla

³¹ ESF, 2009.

quale si può e di deve distinguere. Nello stesso tempo è uno strumento di indagine e di ricerca dei «principi causali invisibili», i fondamenti della vita, dunque, è estraneo alle logiche del profitto (e del rischio), e si rivela di estrema importanza culturale e educativa³².

Come chiosa di tale seconda prospettiva, la European Science Foundation cita tra parentesi³³ una frase attribuita a Richard Feynman, fisico teorico americano, erede della tradizione di Einstein e Bohr, premio Nobel per la fisica grazie alla formulazione dell'elettrodinamica quantistica nel 1965 e grande divulgatore. L'epigrafe citata («Ciò che non posso costruire, non posso comprendere») allude a una frase trovata sulla lavagna di Feynman dopo la sua morte che recitava in realtà: «Quello che non posso creare, non lo capisco».

Al di là della trasposizione delle parole di Feynman in senso più esplicitamente ingegneristico, e indipendentemente da quale fosse in realtà il pensiero che il fisico teorico aveva in mente nell'appuntarsi quella frase sulla lavagna, ciò che conta è che tale citazione è qui utilizzata per sintetizzare la formulazione di un nuovo principio di demarcazione della scienza. Tale principio giunge con la biologia sintetica alla piena maturità, tanto da essere esplicitamente espresso come tale, ma trae la sua origine dalla narrazione tecnoscientifica che ha portato, nel corso dell'ultimo ventennio del ventesimo secolo,

³² In un commento su "Nature" del 2010 si legge che uno dei principali effetti positivi dell'affermarsi della biologia sintetica sarà provvedere a «una nuova base concettuale per insegnare la biologia – fondata sullo stimolare negli studenti il desiderio di indagine su come i componenti e i moduli biologici potrebbero essere utilizzati per implementare delle funzioni complesse» (Elowitz e Wendell, 2010).

³³ Le parentesi alludono al fatto che la citazione è nota e utilizzata dalla comunità dei biologi sintetici sin dalla fondazione della disciplina.

alla definizione della nanotecnologia, fondata anch'essa sul pensiero, l'immaginazione e la retorica di Feynman come strumenti di legittimazione.

Il 29 dicembre 1959, in occasione della riunione annuale dell'American Physical Society al California Institute of Technology, Feynman pronuncia un discorso dal titolo *C'è spazio in abbondanza al fondo* (Feynman, 1960). La conferenza è dedicata alle enormi potenzialità, all'epoca del tutto inesplorate, della manipolazione e del controllo della materia a livello atomico, regno della meccanica quantistica di cui Feynman è uno dei massimi esperti. La visione del fisico evoca la poetica mistica dell'*Aleph* di Borges (1949): la possibilità di racchiudere l'intero scibile umano, nella forma di tutti i volumi raccolti sul pianeta, in una punta di spillo o in un granello di polvere, di codificare e decodificare liberamente dell'informazione strutturata su scala atomica.

Nell'era dei primi processori di calcolo, grandi come stanze intere, e dei primi microfilm, il fisico evoca uno scenario di progressiva miniaturizzazione *top down*, di tipo meccanico, nella quale si approda alla scala atomica, con dei nuovi strumenti osservativi e di manipolazione. Alludendo implicitamente, in un intreccio di visioni scientifiche e letterarie, alla celebre novella robotica di Robert Heinlein intitolata *Waldo* (Heinlein, 1942), Feynman ipotizza un percorso di manipolazione sempre più infinitesima attraverso la costruzione di macchine in grado di replicarsi su scala sempre più piccola.

Superiore alle altre scienze nell'ideale positivistico fondato sul riduzionismo logico-matematico, la fisica viene affiancata negli anni sessanta dalla biologia, dalla chimica e dalla neonata elettronica, con l'identificazione della struttura a doppia elica del DNA, con il proliferare di nuovi prodotti chimici di sintesi a basso costo e con l'invenzione del transistor. L'approccio di

Feynman riporta la sua disciplina al centro della scena, come modello di ricerca unificante, in grado non tanto di fornire modelli analitici e formalismi matematici alle altre scienze, quanto piuttosto di produrre strumenti sperimentali in grado di osservare e manipolare la materia su una scala di grandezza nella quale fisica, chimica e biologia si identificano. Dal riduzionismo logico-matematico e dall'approccio essenzialista della fisica teorica, mutuato da Galileo e da Cartesio, si passa qui a un riduzionismo ontologico e ad un orientamento strumentalista che promuove il fare tecnoscientifico, ovvero l'osservare e soprattutto il manipolare le cose, rispetto al dedurre le leggi.

Ottimizzare, sostituire e sconfiggere

Abbiamo amici in altri campi, nella biologia per esempio. Noi fisici spesso li guardiamo dall'alto e diciamo: «Sapete il motivo per cui voi ragazzi fate così pochi progressi?». (In realtà non saprei indicare una disciplina nella quale si fanno più progressi della biologia oggi.) «Dovreste usare più matematica, come noi». Loro potrebbero risponderci – ma sono educati – e così rispondo io per loro: «Ciò che voi dovreste fare per rendere più rapido il nostro progresso è rendere il microscopio elettronico 100 volte migliore». [...] È molto facile rispondere a molte di queste domande biologiche fondamentali: basta osservare le cose! [...] I problemi della chimica e della biologia possono trarre grande giovamento dallo sviluppo della nostra capacità di vedere ciò che facciamo, e di fare delle cose a livello atomico – uno sviluppo che credo non possa essere evitato.³⁴

³⁴ Feynman, 1960, pp. 8-10.

I fondamenti delle due altre scienze moderne, la chimica e la biologia, sono dunque accessibili attraverso l'osservazione e soprattutto l'azione diretta. L'osservare, il fare e il comprendere sono qui messi in relazione in modo esplicito.

Scienziato curioso per eccellenza, stimato non solo intellettualmente ma anche moralmente, Feynman è dunque la figura in grado non solo di fare da ponte tra l'ideale mertoniano moderno della ricerca disinteressata delle leggi della natura e quello imprenditoriale della tecnoscienza contemporanea³⁵, ma anche, con una breve epigrafe su una lavagna, di accompagnare sul ponte medesimo la scienza moderna verso un suo nuovo destino *sintetico*.

³⁵ Nei primi anni settanta, attraverso una lunga e articolata serie di interviste agli scienziati della NASA coinvolti nelle missioni Apollo, il sociologo americano Ian Mitroff mette in luce la coesistenza tra le norme impersonali di Merton e una serie "anti-norme personali", riguardanti le motivazioni, metodologie e finalità della ricerca scientifica (Mitroff, 1974). La cultura della NASA e più in generale dell'emergente tecnoscienza contemporanea si fonda proprio sull'affermarsi di tali anti-norme personali: gli scienziati più stimati e di successo sono anche quelli più intraprendenti e motivati a competere per le loro idee. Nel decennio successivo, a seguito dell'esplosione dello Space Shuttle Challenger avvenuta nel 1986, è proprio Richard Feynman ad approdare alla NASA, come membro della commissione presidenziale istituita per investigare sull'incidente – la Rogers Commission – e come portatore, ancora una volta, degli ideali mertoniani della curiosità disinteressata. Il suo contributo è essenziale per mettere in luce non solo le cause meccaniche dell'incidente – una guarnizione che perde elasticità a basse temperature – ma anche le cause più sottili, le dinamiche personali, sociali, politiche ed economiche che hanno determinato la sottovalutazione e la comunicazione errata del rischio dello Shuttle. Si veda a tal proposito <http://tinyurl.com/azfolsj>.

Craig Venter e Drew Endy e l'eliminazione della complessità

Vediamo ora in che cosa consiste tale destino, tornando ancora una volta al termine *sintetico*, per esplorarne i confini semantici in relazione, o meglio in opposizione all'aggettivo *naturale*. Quando, nel senso etimologico del termine, si “mettono insieme” gli elementi biochimici per formare nuove sostanze, allora la sintesi metodologica e ingegneristica sfuma nella creazione di qualcosa che prima non c'era, qualcosa di artificiale. Nel maggio del 2010, nove anni dopo aver sequenziato per la prima volta l'intero genoma umano, lo scienziato imprenditore americano Craig Venter annuncia, in una gremita conferenza stampa nel cuore del suo centro di ricerca, di aver prodotto Synthia, la prima “cellula *sintetica*”.

Siamo qui oggi per annunciare la prima cellula sintetica, una cellula ottenuta partendo da un codice digitale nel computer, poi costruendo un cromosoma a partire da quattro bottiglie di elementi chimici, poi assemblando il cromosoma in un lievito, poi trapiantandolo in una cellula batterica recipiente e trasformando quella cellula in una nuova specie batterica. Dunque, è la prima specie in grado di autoreplicarsi che abbiamo sul pianeta il cui genitore è un computer.³⁶

Synthia è definita come *sintetica* perché il codice genetico che costituisce il suo genoma è stato *concepito* attraverso un programma di calcolo digitale e sintetizzato in laboratorio, e viene definita come tale malgrado,

³⁶ Venter, 2010.

come molti hanno poi obiettato, il materiale organico della cellula recipiente appartenga in realtà a un batterio naturale (*Mycoplasma capricolum*) e malgrado il codice di partenza sia stato sintetizzato a partire dal genoma di un altro batterio naturale, opportunamente sequenziato (*Mycoplasma mycoides*)³⁷.

Al di là delle più superficiali considerazioni sulla possibile tendenza a magnificare il risultato tecnoscientifico con una dichiarazione a effetto, Venter designa il nuovo batterio come *sintetico*, nel senso di artificiale, per due ordini di motivi, a fondamento della biologia sintetica e del principio di demarcazione che la definisce. Il primo è l'idea che l'essenza della vita risiede nella macromolecola del DNA e che il DNA non è altro che informazione codificata, che si può non solo sequenziare (leggere) ma anche sintetizzare in laboratorio (scrivere). Il secondo è che il genoma di un organismo può essere inteso come programma genetico, «il software della vita» (Venter, 2010) in grado di determinare univocamente il fenotipo delle cellule e dunque di definirne l'identità. Entrambi i fondamenti si basano a loro volta sull'idea della vita come informazione *incarnata* e sulla computazione, os-

³⁷ Per distinguere la copia sintetica dall'originale naturale, il gruppo di Venter ha inserito dei frammenti di codice genetico non funzionale all'interno del genoma sintetico, nei quali è criptata dell'informazione per dei "lettori" umani. Il messaggio nella bottiglia immerso nell'oceano di codici genetici contiene un indirizzo web a cui mandare una mail nel caso si riesca ad "aprire la bottiglia" – ossia a decodificare il messaggio criptato – i nomi di tutti gli scienziati coinvolti nella ricerca, e alcune citazioni letterarie tra le quali spicca ancora una volta l'epigrafe di Richard Feynman, sempre nella sua variante ingegneristica. Accanto a Feynman sono iscritte anche altre due citazioni: la prima dal romanzo *Daedalus* di James Joyce, e la seconda dalla biografia americana di Robert Oppenheimer dal titolo eloquente di *American Prometheus*, evocando ancora una volta il controverso immaginario di potenza dell'impresa tecnoscientifica nucleare.

sia sulla meccanica dell'informazione, come metafora e come mezzo essenziale per la sua comprensione. Tale concezione poggia, in teoria e in pratica, sull'evoluzione delle tecnologie informatiche e delle tecniche di sequenziamento e di sintesi chimica del DNA, oggi sempre più potenti e più economiche.

Con l'operazione di sequenziamento possiamo passare dal mondo analogico dei viventi a quello digitale dei codici genetici, dunque *digitalizzare* la vita. Con la sintesi biochimica possiamo percorrere il cammino inverso, dai dati alle cellule. Il cuore dell'intera operazione è ciò che accade nel mezzo: tra l'analisi e la sintesi possiamo, in questa visione, prevedere, migliorare, modificare e in sostanza *riprogrammare* completamente la vita. Ciò che ritorna, per nostra mano, nell'universo analogico e umido dei viventi è una versione semplificata, ottimizzata e più efficiente dell'evoluzione naturale delle specie. Grazie alla potenza dei nostri mezzi tecnologici, possiamo in sostanza controllare a piacere la complessità del *bios*, concepita come impiccio dell'evoluzione, e, idealmente, *eliminarla*.

In una lunga intervista del 2012, concessa da Venter e i suoi due più stretti collaboratori, Hamilton Smith e Clyde Hutchinsinon III, allo scrittore e giornalista americano Will Hilton per il "New York Times" si legge:

«Stiamo cercando di re-ingegnerizzare il genoma in un modo più logico» dice Venter. «Lo stiamo facendo nel modo in cui, se ci fosse un Dio, lo avrebbe fatto lui». «L'evoluzione è molto disordinata» aggiunge Smith, «e noi stiamo cercando di ripulirla» conclude Venter.³⁸

³⁸ Hylton, 2012.

Torna in mente il celebre dibattito tra Albert Einstein e Niels Bohr sulla meccanica quantistica, avvenuto quasi un secolo prima. Per Einstein, l'essenza probabilistica e la cosiddetta azione a distanza della meccanica quantistica erano inaccettabili. In una lettera a Max Born scrisse: «Sembra difficile curiosare nelle carte di Dio. Ma che Egli giochi a dadi e usi metodi “telepatici” [...] è qualcosa a cui non posso credere nemmeno per un attimo» (Einstein e Born, 1973). Si dice che Niels Bohr, alle cui teorie si riferiva Einstein con questa frase, abbia replicato: “Non dire a Dio come deve giocare”.

La tecnoscienza contemporanea di Venter e Smith e la scienza moderna per eccellenza di Einstein e Bohr sono chiaramente fondate, come abbiamo già visto, su due principi di demarcazione distinti: non tanto perché la scienza di Venter non si deve relazionare direttamente con il creatore – semplicemente perché nel suo universo il creatore non esiste – quanto piuttosto perché non si tratta più di comprendere le leggi fondamentali e i loro presupposti, ma di ridisegnare tali leggi agendo direttamente sulle entità che esse governano. Ciò che accomuna paradossalmente le due concezioni di scienza è il fatto di essere fondate sulla necessità di un cosmo ordinato e razionale.

Nel primo caso si tratta di decidere se è accettabile, all'interno di questo ordine razionale, che le leggi fondamentali del cosmo non siano deterministiche, come prevede la meccanica classica, bensì probabilistiche, come implica la meccanica quantistica. Nel secondo invece si afferma che le leggi naturali dell'evoluzione sono disordinate e illogiche – il che non sorprende, secondo Venter, in un universo senza un principio creatore – perché incorporano e valorizzano la complessità dei viventi, concepita come un inutile fardello.

Per recuperare la necessaria logica, tali leggi vanno dunque “ripulite” dal disordine superfluo, «(ri)progettate in modo razionale» nelle parole della European Science Foundation, e sostituite con dei programmi ottimizzati, in grado di rendere la vita più prevedibile, controllabile e produttiva: potremmo dire, evocando la narrazione dell’internet delle cose, più *smart*. L’assunzione normativa implicita, del tutto analoga a quella che permette a Sam Palmisano di affermare che un pianeta più *smart* è oggettivamente preferibile, è che, primo, il mondo deve essere logico, secondo, che tale logica si identifica con la prevedibilità e soprattutto con l’efficienza e, terzo, che la complessità va dunque idealmente eliminata.

È questa l’essenza della visione e della ricerca di Venter, finalizzata a identificare il genoma minimo che rende possibile l’esistenza di un organismo. Tale genoma è concepito come *chassis*, cioè come matrice di informazione standard nella quale si possono aggiungere i geni necessari per ottenere le funzioni fenotipiche desiderate. Il risultato dell’intera operazione è la promessa di organismi *on demand*, semplificati e ottimizzati, in grado di soddisfare i nostri bisogni e di rimediare ai nostri danni: dalle alghe iper-efficienti per produrre biocarburanti, ai batteri in grado di ripulire interi ecosistemi, ai nuovi vaccini e farmaci iper-selettivi, ai nuovi prodotti alimentari iper-nutrienti (Hylton, 2012).

Se per Craig Venter la vita può essere intesa come un software da riprogrammare in modo più logico, per Drew Endy, professore di ingegneria biologica a Stanford e co-protagonista a tutti gli effetti della promessa rivoluzione tecnoscientifica della biologia sintetica, la vita può essere concepita come hardware, da ricostruire in modo più efficiente. La visione di Endy, mutuata dalla sua formazione da ingegnere e sostanzialmente

meccanicistica, si fonda sull'estensione del principio di modularità, essenziale al progresso dell'ingegneria meccanica ed elettronica, ai sistemi viventi. Dalla concezione e dalla ricerca di Venter dell'unità genomica standard che codifica la vita, si passa qui all'esplorazione e implementazione di una pluralità di componenti biologici funzionali, capaci di mantenere le loro proprietà intrinseche indipendentemente dal contesto nel quale sono inseriti.

In questa prospettiva, i sistemi viventi sono concepiti come circuiti integrati, macchine *viventi* scomponibili in parti con specifiche caratteristiche, univocamente identificabili e standardizzate, e ricomponibili in unità *funzionanti*, in grado, ancora una volta, di «soddisfare i bisogni e riparare i danni della nostra civiltà» (Elowitz e Wendell, 2011). In un'intervista di qualche anno fa alla rivista "Edge", Endy illustra quest'idea evocando il lavoro di William Sellers del Franklin Institute di Philadelphia, il quale nel 1864, in piena Rivoluzione industriale, rese possibile la standardizzazione di viti, bulloni e cacciaviti:

Quando entro in una ferramenta e chiedo una vite e un bullone... posso prendere questi due oggetti e metterli insieme... non ho bisogno di andare a parlare con qualche professore di Harvard per capire cosa fare. Non devo fare un esperimento controllato per valutare se il mio primo esperimento ha funzionato. Semplicemente prendo i due pezzi e li metto insieme.³⁹

La modularità e la standardizzazione trasformano la ricerca esoterica dei fondamenti della biologia e l'imple-

³⁹ Endy, in Edge, 2008.

mentazione di nuovi organismi industriali in una forma di bricolage praticabile da ricercatori specializzati, studenti e cittadini curiosi⁴⁰. La manipolazione diretta dei sistemi viventi diventa semplice e accessibile a tutti perché la complessità intrinseca del *bios* è pragmaticamente eliminata all'origine, e dunque non deve essere compresa. Anche in questo caso, il fare è il comprendere e il comprendere è il fare. Nelle parole di Tom Knight, uno dei più stretti collaboratori di Endy: «Un'alternativa a comprendere la complessità è eliminarla» (citato in Ball, 2007).

Nascono così i due maggiori successi di Endy: la competizione internazionale, nota come *International Genetically Engineered Machine* (iGEM), e lo sviluppo di una comunità di scienziati e studenti impegnati nella produzione di moduli biologici standardizzati, designati con il marchio registrato *BioBrick*TM (letteralmente “mattone biologico”), raccolti, liberamente accessibili e migliorabili in una banca dati open source, il Registro delle parti biologiche standard⁴¹.

Il successo dell'impresa nel suo complesso è per ora limitato a dispositivi biologici progettati per stupire più che per risolvere dei problemi concreti. Tuttavia, come afferma Endy, non si tratta di perseguire oggi una particolare applicazione biosintetica, ma di rendere realizzabili tutte le possibili applicazioni in tempo utile, standardizzando e democratizzando la progettazione e l'implementazione di nuove macchine biologiche. In definitiva, seppur diverse nell'approccio metodologico ed

⁴⁰ Sulla base di questa logica di semplificazione, si è sviluppato nell'ultimo decennio un movimento di ricercatori indipendenti, definito come *do it yourself biology* (DIY Bio), la biologia fai da te (Carlson, 2010).

⁴¹ <http://partsregistry.org/> si fonda sul modello del catalogo di componenti elettronici open source TTL Data Book.

epistemico, le due strade percorse da Venter e da Endy hanno dunque in comune un'assunzione normativa sostanziale, avallata come abbiamo visto dalla European Science Foundation: la complessità *naturale* dei viventi è una zavorra dell'evoluzione, che può e deve essere rimossa mediante l'esercizio della creatività tecnoscientifica. Soltanto così le promesse salvifiche dell'innovazione potranno essere mantenute e la scarsità delle risorse naturali potrà essere *sostituita* dall'abbondanza delle risorse *sintetiche*.

Si sostanzia in tal modo l'idea economica controversa della cosiddetta *sostituzione completa*, la quale, insieme al principio dell'ottimizzazione dei consumi espresso nella narrazione dell'internet delle cose, è l'ingrediente fondamentale alla base dell'attuale modello dominante di sviluppo sostenibile.

La possibilità di risolvere il dilemma del modello della crescita indefinita in un sistema finito sostituendo completamente le nostre risorse naturali con degli artefatti tecnoscientifici sostanzialmente equivalenti è espressa dal premio Nobel per l'economia Robert Solow nel 1973 come segue: «Se diventa molto facile sostituire con altri fattori [tecnologici] le risorse naturali, allora non c'è in linea di principio, nessun problema. Il mondo può in effetti andare avanti senza risorse naturali» (Solow, 1973).

Nell'ottobre 2011 il comitato europeo di esperti deputato alla valutazione dell'impatto delle nuove tecnologie STOA (*science and technology options assesement*), presenta al Parlamento Europeo, del quale è un organo ufficiale di supporto, i risultati di un workshop sulle implicazioni etiche, politiche e sociali della bioingegneria del ventunesimo secolo. Il titolo del workshop è *Making Perfect Life*, letteralmente "fabbricare una vita perfetta" e all'interno del rapporto si legge, tra le domande sulle

nuove sfide per la governance della biologia sintetica: «Possiamo rendere la biologia sintetica un mattone fondamentale per un futuro sostenibile attraverso la standardizzazione della vita?» (STOA, 2011).

Dal profitto privato per il bene pubblico del business model di Craig Venter, alla evangelizzazione accademica di Drew Endy, la biologia sintetica e l'eliminazione della complessità sono qui proposte come possibili cardini della politica dell'innovazione tecnoscientifica europea.

Riflessioni conclusive: chi sconfigge che cosa?

«Ci siamo! Ci siamo!» gridò la Regina. «Più svelta! Più svelta!». E andavano così forte che alla fine sembrava che fendessero l'aria quasi senza toccare il suolo coi piedi, finché d'improvviso, proprio quando Alice era ormai del tutto esausta, si fermarono, e lei si ritrovò seduta per terra, senza più fiato e col capogiro.

La Regina l'appoggiò con la schiena a un albero e le disse: «Ora ti puoi concedere un breve riposo».

Alice si guardò attorno sbalordita. «Ehi, ma siamo rimaste per tutto il tempo sotto quest'albero! È tutto esattamente com'era prima!».

«Certo» rispose la Regina. «Che cosa ti aspettavi?».

«Be', nel nostro paese» disse Alice, un po' trafelata «di solito si arriva da qualche altra parte, quando si corre per tutto il tempo che abbiamo corso noi».

«Ma che paese lento!» esclamò la Regina. «Qui, invece, ti tocca correre più forte che puoi per restare nello stesso posto. Se vuoi andare da qualche altra parte, devi correre almeno due volte più forte».⁴²

⁴² Lewis Carroll, *Attraverso lo specchio e quel che Alice vi trovò*, 1871.

Come abbiamo visto sin qui, e come emerge nei due casi proposti come esemplari, le innovazioni tecnoscientifiche contemporanee non si limitano a promettere soluzioni e a suscitare preoccupazioni, ma presuppongono e suggeriscono delle specifiche visioni del mondo. Tali visioni riguardano e mettono in discussione il nostro rapporto con le istituzioni che ci governano, con le infrastrutture e i processi destinati al nostro benessere, e con i viventi che ci accompagnano, inclusi gli esseri umani che implicitamente includiamo o escludiamo nella definizione di “noi”: in breve con la complessità delle nostre modalità di esistenza su questo pianeta.

Nell’addentrarci in queste narrazioni, abbiamo ripercorso la traiettoria storicamente vincolata e intrisa di ambiguità e contraddizioni dell’innovazione tecnoscientifica intesa come strumento salvifico. Abbiamo connesso tra loro, con poche linee essenziali, alcuni punti salienti di tale cammino: dalle origini baconiane e cartesiane dell’utopia di dominio e benessere, all’affermarsi della scienza come riferimento pratico e culturale nell’Inghilterra vittoriana, per arrivare alla promessa di prosperità scientifica dunque economica e sociale di Vannevar Bush nell’immediato secondo dopoguerra.

Con l’incedere del ventesimo secolo, abbiamo introdotto, attraverso le parole del presidente americano Eisenhower, il passaggio fondamentale dalla scienza moderna orientata alla curiosità e alla creazione di conoscenza come bene comune alla tecnoscienza industriale dei grandi finanziamenti e delle grandi *imprese*, intese nel duplice senso del termine, sia come gesta, sia, più prosaicamente, come aziende. Tale processo di co-evoluzione e co-produzione⁴³ tra scienza e tecnologia,

⁴³ Nel significato introdotto da Sheila Jasanoff e articolato nel suo saggio.

tra democrazia e dinamiche economiche globali, ci ha infine portati al presente, nel quale l'innovazione tecnoscientifica è evocata, proposta e finanziata come via d'uscita insieme auspicata e obbligata dalla crisi sistemica nella quale siamo immersi. Per sostenere il peso della competitività, definita come nuova legge di gravità dell'economia, dunque implicitamente immutabile come tutte le leggi di natura, l'innovazione è chiamata a creare e soddisfare sempre nuovi bisogni, con artefatti e processi produttivi di una perpetua ultima generazione. Per risolvere il dilemma della crescita indefinita dei consumi in un mondo finito, è invece invocata come *deus ex machina* in grado di dispiegare le armi dell'ottimizzazione e della sostituzione, entrambe basate sull'efficienza come principio fondante.

Abbiamo quindi esplorato i modi e i repertori, visivi e verbali, attraverso i quali due imprese tecnoscientifiche emergenti, quella dell'internet delle cose e quella della biologia sintetica, danno letteralmente vita, in senso epistemico, normativo e ontologico, a un universo che le definisce e le prevede, non solo come desiderabili e possibili, ma anche e soprattutto come necessarie.

In tale universo, la complessità è il principale ostacolo da superare per assicurarci un futuro sostenibile, dunque il nemico da sconfiggere con il proiettile d'argento più potente a nostra disposizione: il Leviatano *smart* delle tecnologie di informazione e comunicazione, in grado di eliminare la complessità analogica dal nostro vivere economico, politico e sociale, e quello *sintetico* della nuova scienza della vita, capace di riportare la logica nel caos e nella ridondanza dell'evoluzione biologica e di fornirci degli organismi razionali su misura.

Questo programma di standardizzazione complessiva della vita, nei suoi fondamenti e nelle sue mani-

festazioni, è l'ultimo passo, il più radicale, nella storia del nostro rapporto scientifico e tecnologico con la complessità. Dedichiamo le nostre riflessioni conclusive a ripercorrere brevemente le tappe principali nell'evoluzione di tale rapporto, per arrivare a proporre delle domande sulla traiettoria che ci ha portati sin qui e su dove si suppone che la medesima ci conduca.

Nell'ideale galileiano e cartesiano della scienza moderna, le condizioni controllate e semplificate del laboratorio ci permettono di ignorare completamente la complessità intrinseca dei sistemi naturali e quella riflessiva del nostro interagire con essi, di scomporre i problemi in gioco in un numero finito di elementi in interazione tra loro, e di dedicarci con successo allo studio della dinamica dei corpi elementari, prevedibile con certezza, grazie al calcolo differenziale, sulla base di un insieme noto di condizioni iniziali. In sostanza, la scienza sperimentale di Galileo, Newton e Leibnitz, difesa da Tyndall nelle sue conferenze pubbliche, consente di concepire e applicare in modo soddisfacente una visione del mondo riduzionistica, meccanicistica e deterministica.

Con l'identificazione e la sconfitta dei batteri da parte di Pasteur, celebre biologo coetaneo di Tyndall nella Francia di Napoleone III, e con la scoperta del plasmodio come responsabile della malaria da parte di Ronald Ross, medico coloniale inglese in India, il modello del controllo e della semplificazione esce con successo dai confini del laboratorio e si estende al mondo esterno.

Qualche decennio e due guerre mondiali più tardi, nell'era del risveglio postbellico di Vannevar Bush, l'agronomo statunitense Norman Borlaug dà l'avvio alla Rivoluzione verde come strumento di dominio sulla variabilità e l'inaffidabilità dei sistemi naturali e delle pratiche agricole tradizionali. Le malattie e la fame pos-

sono essere sconfitte dai proiettili d'argento della ricerca sperimentale e la frontiera della cosiddetta *scienza in azione* (Latour, 1998) appare illimitata. In tutto questo, la complessità intrinseca delle reti sociali e delle dinamiche storiche, politiche, economiche ed ecologiche, paradossalmente all'origine della concezione stessa e del successo di tale visione, può essere ignorata: il mondo può essere trasformato in laboratorio e la scienza del riduzionismo, del meccanicismo e del determinismo, è lo strumento ideale per governarlo⁴⁴.

Nella progressiva transizione verso la tecnoscienza contemporanea cresce la nostra capacità di manipolare la materia, l'energia e i viventi. La sperimentazione diretta e irreversibile sui sistemi socio-ecologici si estende per intensità e scala, e con essa crescono l'incertezza e la posta in gioco. L'eco di Hiroshima e Nagasaki è ancora vivida, quando, nei primi anni sessanta, Rachel Carson pubblica a puntate sul settimanale "The New Yorker" un saggio sulle possibili conseguenze devastanti dei preziosi pesticidi della Rivoluzione verde, con particolare enfasi sul DDT, all'epoca considerato come arma vincente non solo in agricoltura ma anche per sconfiggere la malaria. Data la sua grande popolarità, nel 1962 il testo di Carson viene raccolto, ampliato e pubblicato nel volume dal titolo *La primavera silenziosa*, a evocare il possibile traumatico risveglio dall'inverno della chimica di sintesi, senza più nessun uccello a cinguettare.

Nel giro di un decennio, emerge il movimento ambientalista americano e viene fondato il Club di Roma:

⁴⁴ Per una riflessione sulla figura di Pasteur e sulle complesse dinamiche intrinseche al suo successo si veda il saggio *The Pasteurization of France* di Bruno Latour. Per una parabola poetica sulla complessità intrinseca della lotta contro la malaria e sul ruolo di Ronald Ross si veda il romanzo *Il cromosoma Calcutta* di Amitav Ghosh.

la frontiera della scienza ha dei limiti⁴⁵, le questioni da affrontare sono trans-scientifiche e la complessità non può più essere felicemente ignorata.

La massa d'inerzia tecnologica e ideologica della nascente tecnoscienza imprenditoriale non permette deviazioni, e la traiettoria storicamente vincolata dell'innovazione non può far altro che proseguire mettendo in opera delle misure di contenimento. Particolarmente emblematico, all'inizio degli anni ottanta, è il caso della biotecnologia, la quale come abbiamo accennato, è la prima impresa tecnoscientifica a doversi relazionare esplicitamente con la complessità (vedi box, p. 95).

Nel passaggio dalla sperimentazione *in vitro* dei laboratori di ingegneria genetica a quella *in vivo* dei campi da coltivare e delle dispense da riempire, l'incertezza radicale e la controversia implicate nelle interazioni socio-ecologiche in gioco sono idealmente contenute attraverso la concezione e la messa in opera di specifiche barriere epistemiche, normative e fisiche: dal principio dell'equivalenza sostanziale⁴⁶ al confinamento genico, territoriale e geografico delle colture geneticamente modificate (Benessia e Barbiero, 2012).

Analogamente, l'estensione del principio di brevettabilità agli organismi semplici e complessi – e la crescente commistione tra accademia, industria e mercato – poggiano sulla possibilità di ridurre la complessità

⁴⁵ Nel 1972 il Club di Roma pubblica il celebre “Rapporto sui Limiti dello Sviluppo”, anche noto come “Rapporto Meadows”.

⁴⁶ Adottato dalla FAO e dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità all'inizio degli anni novanta, il principio dell'equivalenza sostanziale inquadra essenzialmente i processi di regolamentazione degli alimenti geneticamente modificati (GM) nei termini riduzionistici e controversi dell'analisi biochimica. Questo tipo di valutazione riduce i costi e i tempi di arrivo sul mercato dei prodotti GM e fornisce la giustificazione normativa per la mancanza di etichettatura negli Stati Uniti.

emergente dei viventi al loro profilo genetico (Tallacchini, 2003b), ponendo le basi per lo sviluppo successivo della biologia sintetica⁴⁷.

Arriviamo così alle contraddizioni e ai paradossi della tecnoscienza contemporanea articolati all'inizio, e alle strategie per contenere l'irrompere dell'ignoto e dell'indeterminazione nei nostri processi produttivi e decisionali: la burocratizzazione dei rischi e dell'etica, e la standardizzazione dei benefici all'interno di un sistema di riferimento di immaginari moderni.

Nel frattempo, l'incertezza e la posta in gioco sono salite ancora: l'orizzonte della scarsità delle risorse si è ulteriormente avvicinato e le instabilità economiche, politiche, sociali e ambientali si manifestano nei modi più svariati e imprevedibili. La complessità, come si suol dire, esce dalla porta per rientrare dalla finestra. Le parole di Sam Palmisano e della Commissione Europea, di Craig Venter e di Drew Endy suonano a questo punto più come una scommessa che come una promessa: quella di poter sconfiggere definitivamente la complessità per poter continuare a *funzionare*. Ci chiediamo, per concludere, se vincere questa scommessa è davvero necessario – per chi e per conservare che cosa – e più ancora se è possibile e desiderabile.

Pensiamo che sia realizzabile e auspicabile trasformare la qualità in funzionalità (Funtowicz e Ravetz, 1992) e smettere di vivere per continuare a funzionare? E riteniamo che sia l'unica scommessa possibile per

⁴⁷ Se considerate insieme, le due strategie di riduzione fanno emergere un altro paradosso implicito, poiché è proprio la ricchezza biologica intrinseca degli organismi coinvolti a permettere la coabitazione epistemica e normativa tra l'equivalenza sostanziale che si fonda su un principio di indistinguibilità, e la brevettabilità che si basa al contrario sulla possibilità di distinguere tra naturale e geneticamente modificato.

uscire dalla nostra condizione attuale? L'assunzione normativa implicita che identifica la via dell'innovazione tecnoscientifica come un fine e non un mezzo (Van den Hove *et al.*, 2012), il modello della crescita come unica strada percorribile e la complessità come un fardello inutile e dannoso da scaricare su quest'unica via, riduce lo spazio e l'immaginazione democratica rispetto al cambiamento che ci aspetta, ed evoca ancora una volta le parole di Dwight Eisenhower, pronunciate nel 1961 nel suo discorso di saluto alla nazione:

La prospettiva che il lavoro degli studiosi della nazione sia nelle mani del governo federale, dell'allocatione dei progetti e del potere del denaro è sempre presente – ed è da tenere seriamente in considerazione. Tuttavia, pur nel accordare il dovuto rispetto alla ricerca e alla scoperta scientifica, dobbiamo restare vigili rispetto al pericolo uguale e opposto che la politica pubblica possa diventare essa stessa prigioniera di un'élite scientifico-tecnologica.

L'avvertimento è ancora valido, e il rapporto tra la scienza e la democrazia può e deve essere *innovato* per imparare a convivere pacificamente con la nostra complessità. Un primo passo potrebbe essere quello di renderci conto che tale complessità non è un oggetto esterno a noi, un'entità dotata di specifiche proprietà, da ignorare, ridurre, o eliminare, ma ha a che fare con il tipo e con la qualità della relazione che *scegliamo*, più o meno consapevolmente, di adottare nei confronti di tutto ciò che ci circonda.

Ringraziamenti

Uno speciale ringraziamento a Bruna De Marchi per i preziosi commenti nella preparazione di questo saggio. Parte della ricerca sull'internet delle cose è stata svolta come consulenza presso il Joint Research Centre – European Commission, Appointment Letter n. 257235 del 20 dicembre 2011.

Ottimizzare, sostituire e sconfiggere



Bibliografia

Beni incalcolabili

Beck, Ulrich (2000), *Politica del rischio. Verso una nuova modernità*, Carocci, Roma (ed. orig. *Politics of Risk Society*, in Jane Franklin [a cura di] [1998], *The Politics of Risk Society*, pp. 9-22).

Broad, William J. (2011), *From Afar, a Vivid Picture of Japan Crisis*, in "New York Times", 2 aprile.

Broad, William e Nicholas Wade (1985), *Betrayers of the Truth: Fraud and Deceit in Science*, Oxford University Press, Oxford.

Busch, Lawrence (2011), *Standards: Recipes for Reality*, MIT Press, Cambridge (MA).

Callon, Michel, Pierre Lascoumes e Yannick Barthe (2009), *Acting in an Uncertain World: An Essay on Technical Democracy*, MIT Press, Cambridge (MA).

Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (1987), *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford.

Geertz, Clifford (1973), *Thick Description: Toward an Interpretive Theory of Culture*, in *The Interpretation of Cultures*, Basic Books, New York, pp. 3-30.

Jasanoff, Sheila (1990), *The Fifth Branch: Science Advisers as Policymakers*, Harvard University Press, Cambridge (MA).

- Jasanoff, Sheila (2003), *Technologies of Humility: Citizen Participation in Governing Science*, in "Minerva", 41, pp. 223-244.
- Jasanoff, Sheila (2004), *States of Knowledge: The Co-Production of Science and Social Order*, Routledge, Londra.
- Jasanoff, Sheila (2008), *Fabbriche della natura: Biotecnologie e democrazia*, il Saggiatore, Milano (ed. orig. *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*, 2005).
- Jasanoff, Sheila (2011), *The Politics of Public Reason*, in Patrick Baert e Fernando D. Rubio (a cura di), *The Politics of Knowledge*, Routledge, Abingdon (EN), pp. 11-32.
- Jasanoff, Sheila (2012), *Science and Public Reason*, Routledge, Abingdon (EN).
- Jasanoff, Sheila e Sang-Hyun Kim (2009), *Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Regulation in the U.S. and South Korea*, in "Minerva", 47 (2), pp. 119-146.
- Merton, Robert K. (1973), *The Normative Structure of Science*, in *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*, University of Chicago Press, Chicago, pp. 267-278 (ed. orig. 1942).
- Michaels, David (2008), *Doubt is Their Product: How Industry's Assault on Science Threatens Your Health*, Oxford University Press, New York.
- Smith, Merritt Roe e Leo Marx (a cura di) (1994), *Does Technology Drive History?*, MIT Press, Cambridge (MA).
- Vaughan, Diane (1996), *The Challenger Launch Decision: Risky Technology, Culture, and Deviance at NASA*, University of Chicago Press, Chicago.
- Winner, Langdon (1986), *Do Artifacts Have Politics?*, in *The Whale and the Reactor*, University of Chicago Press, Chicago, pp. 19-39.

Ottimizzare, sostituire e sconfinare

- Allenby, Braden R. e Daniel Sarewitz (2011), *The Techno-Human Condition*, MIT Press, Cambridge.
- Bacone, Francesco (2001), *La Nuova Atlantide*, a cura di Luigi Punzo, Bulzoni Editore, Roma, (ed. orig. 1627).
- Bacone, Francesco (2001), *Magnalia Naturae, Praecipue Quoad Usus Humanos*, annesso alla *Nuova Atlantide* <http://tinyurl.com/bxulqjs> (ed. orig. 1627).
- Bacone, Francesco (2002), *Novum Organum*, a cura di Michele Marchetto, Bompiani, Milano (ed. orig. 1620).
- Ball, Philip (2007), *Designs for life*, in “Nature”, 448, pp. 32-33.
- Barboza, David (1999), *Biotech Companies Take on Critics of Genetically Modified Food*, in “The New York Times”, 12 novembre.
- Beck, Ulrich (2001), *La società del rischio*, Asterios, Trieste (ed. orig. *Risikogesellschaft*, 1986).
- Benessia, Alice (2012), *Do we really want, can and need to be smart?*, Report ufficiale commissionato dal Joint Research Centre – European Commission, Appointment Letter n. 257235, 20 dicembre 2011.
- Benessia, Alice, Silvio Funtowicz, Gay A. Bradshaw, Francesca Ferri, Ernesto F. Raez-Luna e Charito P. Medina (2012), *Hybridizing sustainability: toward a new praxis for the present human predicament*, in “Sustainability Science”, 7 (1), pp. 75-89.
- Benessia, Alice e Giuseppe Barbiero (2012), *Safety, security and quality: lessons from GMO risk assessments*, in Michael G. Tyshenko e Tamer Oraby (a cura di), *Risk assessment*, vol. 2, in “Tech Open Access”, ISBN 979-953-307-894-5.
- Borges, Jorge Luis (1946), *Del rigor en la ciencia*, in “Los Anales de Buenos Aires”, 1, 3, p. 53.
- Borges, Jorge Luis (1949), *El Aleph*, Editorial Losada, Colección Pro-sistas de España y America, Buenos Aires.
- Bush, Vannevar (1945), *Science, the endless frontier*, U.S. Govt. print office, United States Office of Scientific Research and Development.

- Carlson, Robert H. (2010), *The promise, Peril and New Business of Engineering Life*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
- Carson, Greg (2002), *Essence of Life*, DVD, MGM Home Entertainment.
- Carson, Rachel (1989), *La primavera silenziosa*, Feltrinelli, Milano (ed. orig. *Silent spring*, 1962).
- Dupuy, Jean-Pierre (2004), *Complexity and Uncertainty a Prudential Approach to Nanotechnology*, in European Commission, *A Preliminary Risk Analysis on the Basis of a Workshop Organized by the Health and Consumer Protection, Directorate General of the European Commission*.
- Edge (rivista online) (2008), *Engineering biology: A talk with Drew Endy*, <http://tinyurl.com/33nvn8> (ultimo accesso marzo 2013).
- Einstein, Albert, Edwig Born e Max Born (1973), *Scienza e vita. Lettere 1916-1955*, Einaudi, Torino.
- Elowitz, Michael e A. Lim Wendell (2010), *Build life to understand it*, in "Nature", 468, pp. 889-890.
- European Commission (2009), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Internet of Things — An action plan for Europe*, 18 giugno.
- European Commission (2010a), *EUROPE 2020: A Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth*, Comunicato ufficiale della Commissione Europea, COM(2010)2020.
- European Commission (2010b), *EUROPE 2020. Flagship Initiative: Innovation Union*, Comunicato ufficiale della Commissione Europea, COM(2010)546 final.
- European Commission (2012), *Ethics of Information and Communication Technologies*, interventi di Julian Kinderlerer, Peter Dabrock, Hille Haker e Herman Nys nell'ambito di dello European Group on Ethics in Science and New Technologies to the European Commission, 22 febbraio.



European Science Foundation (2009), *Synthetic Biology: Engineering Complex Biological Systems*, <http://tinyurl.com/364rhxb>.

Bibliografia

Feynman, Richard P. (1960), *There is plenty of room at the bottom*, in "Engineering and Science", 23 (5), pp. 22-26.

Fox Keller, Evelyn (2009), *What does synthetic biology have to do with biology*, in "Biosocieties", 4, pp. 291-302.

Funtowicz, Silvio e Jerome Ravetz (1990), *Uncertainty and Quality in Science for Policy*, Kluwer Academic Publisher, Amsterdam.

Funtowicz, Silvio e Jerome Ravetz (1992), *The good, the true and the post-modern*, in "Futures", 24 (10), pp. 963-976.

Funtowicz, Silvio e Jerome Ravetz (1993), *Science for the post-normal age*, in "Futures", 31 (7), pp. 735-755.

Funtowicz, Silvio e Roger Strand (2011), *Change and commitment: beyond risk and responsibility*, in "Journal of Risk Research", 4 (8), pp. 995-1003.



Gyerin, Thomas F. (1983), *Boundary-work and the demarcation of science from non-science: Strains and interests in professional ideologies of scientists*, in "American Sociological Review", 48 (6), pp. 781-795.



Hardin, Sandra (2004), *Rethinking standpoint epistemology: what is "Strong Objectivity?"*, in *The feminist standpoint theory reader*, Routledge, Londra, pp. 127-140.

Heinlein, Robert (1942), *Waldo*, in "Astounding Science Fiction".

Hylton, Wil S. (2012), *Craig Venter's Bugs Might Save the World*, in "The New York Times", 30 maggio.

Ibrahim, Youssef M. (1996), *Genetic soybeans alarm Europeans*, in "The New York Times", 7 novembre.

Jasanoff, Sheila (2008), *Fabbriche della natura: Biotecnologie e democrazia*, il Saggiatore, Milano (ed. orig. *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*, 2005).



Latour, Bruno (1993), *The Pasteurization of France*, Harvard University Press, Cambridge (MA).

Latour, Bruno (1998), *La scienza in azione*, Einaudi, Torino.

Latour, Bruno (2005), *From Realpolitik to Dingpolitik or how to make things public*, in *How to make things public: Atmospheres of democracy*, MIT Press, Cambridge (MA).

Losey, John E., Linda S. Rayor e Maureen E. Carter (1999), *Transgenic pollen harms monarch larvae*, in "Nature", 399, p. 214.

Lyon, Barrett J. (2005), *Opte as an aesthetic experience*, <http://tinyurl.com/bk6hp6z>.

Malthus, Thomas R. (1997), *Saggio sui Principi della Popolazione*, a cura di Guido Maggioni, Einaudi, Torino (ed. orig. 1798).

Mitroff, Ian M. (1974), *Norms and counter-norms in a select group of the Apollo moon scientists: a case study of the ambivalence of scientists*, in "American Sociological Review", 39 (4), pp. 579-595.

OECD – Organisation for Economic Co-Operation and Development (1993), *Safety Evaluation of Foods Derived by Modern Biotechnology: "Concepts and Principles"*, 9 novembre 2011.

Palmisano, Sam (a cura di) (2008), *A smarter planet: The Next Leadership Agenda*, Discorso tenuto al Council on Foreign Relations, New York, 8 novembre.

Palmisano, Sam (a cura di) (2010), *Welcome to the decade of smart*, Discorso tenuto al Royal Institute of International Affairs Chatham House, Londra, 12 gennaio, <http://tinyurl.com/bxnwu7x>.

Perrow, Charles (1984), *Normal Accidents: Living With High Risks Technologies*, Basic Books, New York.

Pirsig, Robert M. (1974), *Lo zen e l'arte della manutenzione della motocicletta*, Adelphi, Milano.

Polanyi, Michael (1962). *The Republic of Science: Its Political and Economic Theory*, in "Minerva", I, 1, autunno, pp. 54-73.

Quist, David, Jack A. Heinemann, Anne I. Myhr, Julie Aslaksen e Silvio Funtowicz (2013), *Hungry for innovation: from GM crops to agroecology*, in *Late Lessons from Early warnings: science precaution and innovation*, in “European Environmental Agency Report”, 1, pp. 490-517, <http://tinyurl.com/bxwfwls>.

Ravetz, Jerome e Richard S. Westfall (1981), *Marxism and the history of science*, in “Isis”, 72 (3), pp. 393-405.

Rose, Hilary e Steven Rose (2012), *Genes, Cells and Brains: The Promethean Promises of the New Biology*, Verso, Londra.

Smith, Roger e Brian Wynne (1989), *Expert evidence: interpreting science in the law*, Routledge, Londra.

Solow, Robert (1973), *The Economics of Resources or the Resources of Economics*, Ely Lecture December 1973.

STOA Workshop (2011), *Making Perfect Life: European governance challenges in 21st century: bio-engineering*, Rathenau Instituut, L'Aia, stampato a Bruxelles nel 2012, <http://tinyurl.com/ag8y3lc>.

Strauss, Lewis (1973), *Abundant Power from Atom Seen; It Will Be too Cheap for Our Children to Meter*, in “New York Times”, 17 settembre.

Tallacchini, Mariachiara (2003a), *Fuga dalla bioetica*, in Laura Boella (a cura di), *Bioetica dal vivo*, in “Aut Aut”, novembre-dicembre, pp. 107-118.

Tallacchini, Mariachiara (2003b), *La trappola e il topo: la brevettabilità della materia vivente*, in Amedeo Santosuosso et. al., *Le tecniche della biologia e gli arnesi del diritto*, Ibis, Pavia, pp. 203-223.

Tallacchini, Mariachiara (2009), *From Commitment to Committee*, Atti del seminario “Knowledge in Question”, 597, pp. 2-6.

Thompson, Clive (2010), *What is I.B.M.'s Watson?*, in “The New York Times”, 16 giugno.

Van den Hove, Sybille, Jacqueline Mc. Glade, Pierre Mottet e Michael H. Depledge (2012), *The Innovation Union: a perfect means to confused ends?*, in "Environmental Science & Policy", 16, pp. 73-80.

Venter, J. Craig (2010), *First Self-Replicating, Synthetic Bacterial Cell Constructed by J. Craig Venter Institute Researchers*, Press Release, Rockville (MD) – San Diego (CA), 20 maggio, <http://tinyurl.com/25ucyh5>.

Vermesan, Ovidiu, Peter Friess, Patrick Guillemin, Sergio Gusmeroli, Harald Sundmaeke, Alessandro Bassi, Ignacio Soler Jubert, Margaretha Mazura, Mark Harrison, Markus Eisenhauer e Pat Doody (2011), *Internet of Things Strategic Roadmap*, IERC – European Research Cluster on the Internet of Things.

Vermesan, Ovidiu, Mark Harrison, Harald Vogt, Kostas Kalaboukas, Maurizio Tomasella, Karel Wouters, Sergio Gusmeroli e Stephan Haller (2010), *Visions and challenges for realizing the Internet of Things*, CERP-IoT – Cluster of European Research Projects on the Internet of Things.

Weinberg, Alvin (1972), *Science and Transcience*, in "Minerva", 10, pp. 209-222.

Wildavsky, Aaron (1979), *Speaking truth to power*, Little Brown&Co, Boston.







Gli autori



Sheila Jasanoff insegna studi scientifici e tecnologici all'Harvard Kennedy School. Pioniera nel suo campo, è autrice di centinaia di articoli e di molti libri, tra i quali, pubblicati in Italia, *La scienza davanti ai giudici* (Giuffrè, 2001) e *Fabbriche della natura* (il Saggiatore, 2008). Il suo lavoro esplora il ruolo della scienza e della tecnologia nella legge, nella politica e nelle moderne democrazie, con un'attenzione particolare alla natura della ragione pubblica. È stata tra i fondatori del Department of Science and Technology Studies (STS) alla Cornell University. È presidente della Society for Social Studies of Science. Tra i numerosi premi ricevuti ricordiamo il 2010 Guggenheim Fellowship e l'Ehrenkreuz conferitole dal governo austriaco.



Silvio Funtowicz è professore al Centre for the Study of the Sciences and the Humanities dell'università di Bergen, dove si occupa di filosofia e politiche pubbliche della scienza. Ha insegnato matematica, logica e metodologia della ricerca a Buenos Aires, e negli anni ottanta è stato research fellow all'università di Leeds. Dal 1989 al 2011 ha lavorato al Joint Research Center della Commissione Europea come funzionario di ricerca. Negli anni novanta ha elaborato insieme a Jerome Ravetz un



nuovo modello decisionale a partecipazione estesa, nel quale si ridiscute il rapporto tra scienza, politica e società: il cosiddetto *modello post-normale*. Ha collaborato al testo collettivo, a cura di Fabrizio Rufo, *La terza rivoluzione scientifica. Bioscienze e coesione sociale* (Ediesse, 2003), ed è autore di *Modelli di scienza e policy in Europa*, in *Trattato di biodiritto* (Giuffrè, 2010), a cura di Stefano Rodotà e Mariachiara Tallacchini.

Alice Benessia è assegnista di ricerca presso il dipartimento di scienze umane e sociali-Département des Sciences Humaines et Sociales - dell'Università della Valle d'Aosta-Université de la Vallée d'Aoste. È membro del centro di ricerca interuniversitario IRIS (Istituto di Ricerche Interdisciplinari sulla Sostenibilità) dell'Università di Torino. Con un dottorato in scienza, tecnologia e diritto si occupa di epistemologia della sostenibilità attraverso la prospettiva della scienza post-normale e dei Science and Technology Studies (STS). Collabora con il Joint Research Center della Commissione Europea ed è membro del Science and Democracy Network con sede all'Harvard Kennedy School. Tra le sue pubblicazioni *From Certainty to Complexity: Science and Technology in a Democratic Society* nel volume a cura di Donald Gray e Laura Colucci-Gray, *Science Society and Sustainability: Education and Empowerment for an Uncertain World* (Routledge, 2009).





Codice edizioni / Tempi moderni

Marzo 2013

Pierfranco Pellizzetti, *Conflitto. L'indignazione può davvero cambiare il mondo?*


Stephen Holmes, *Poteri e contropoteri in democrazia*
(I libri di Biennale Democrazia)



Aprile 2013

Sheila Jasanoff, Alice Benessia e Silvio Funtowicz, *L'innovazione tra utopia e storia* (I libri di Biennale Democrazia)

François Bourguignon, *La globalizzazione della disuguaglianza*





Finito di stampare nel mese di marzo 2013
per conto di Codice edizioni, Torino
dalla Stamperia Artistica Nazionale, Trofarello, Torino





