

Università degli Studi di Parma

Facoltà di Lettere e Filosofia

**Dipartimento di Studi Politici e Sociali**

**DOTTORATO DI RICERCA IN SOCIOLOGIA  
E SISTEMI POLITICI  
-CICLO XXI-**

**TESI DI DOTTORATO**

**GLI ANELLI DI BORROMEO  
MATERIA, CONOSCENZA, SOCIETÀ**

Coordinatore:  
Prof. Nicola Antonetti

Tutor:  
Prof. Giuseppe Padovani

Dottorando:  
Dott. Federico Monaco

ANNI 2006-2007-2008



*Le materie conosciute dall'uomo sfuggono, secondo una gradazione, ai sensi: abbiamo, per esempio, un metallo, un pezzo di legno, una goccia d'acqua, l'atmosfera, un gas, il calore, l'elettricità, l'etere luminoso. Ora a tutto ciò diamo il nome di materia e comprendiamo tutta la materia in una definizione generale. Ma, a dispetto di ciò, non vi possono essere due idee più essenzialmente distinte di quella che noi riferiamo ad un metallo e di quella che riferiamo all'etere luminoso. Quando esaminiamo quest'ultimo, sentiamo, in modo quasi irresistibile, la tentazione di classificarlo con lo spirito o con il nulla. L'unica considerazione che ci trattiene è la nostra concezione della sua costituzione atomica; e anche qui dobbiamo cercare aiuto nella nostra nozione di atomo come qualcosa che possiede un'infinita piccolezza, tangibilità, volume e peso; distruggiamo l'idea della costituzione atomica, e non saremo più capaci di riguardare l'etere come entità o almeno come materia. In mancanza di un termine migliore possiamo chiamarlo spirito. Facciamo ora un passo più innanzi dell'etere luminoso; concepiamo una materia di tanto più rarefatta dell'etere di quanto l'etere è più rarefatto del metallo. Ecco che subito arriviamo, a dispetto di tutti i dogmi delle scuole, ad una massa unica, ad una materia imparticolata; sebbene infatti possiamo ammettere un'infinita piccolezza negli atomi stessi, l'infinita piccolezza negli spazi tra gli atomi è un'assurdità. Vi sarà un punto, vi sarà un grado di rarefazione, al quale, se gli atomi sono sufficientemente numerosi, gli spazi frapposti devono svanire e la massa deve unirsi; ma se poniamo da parte la considerazione della costituzione atomica, la natura di questa massa scivola inevitabilmente verso ciò che noi concepiamo come spirito. E' chiaro tuttavia che essa è ancora completamente materia come prima. La verità è che è impossibile concepire lo spirito poiché è impossibile immaginare ciò che non è. Quando ci lusinghiamo d'essercene formati un concetto, non abbiamo fatto altro che ingannare la nostra intelligenza, con la considerazione della materia infinitamente rarefatta.*

Edgar Allan Poe



Introduzione  
La bottiglia di Klein

Da più di trent'anni diversi studiosi, i quali si riconoscono nell'ambito degli studi STS (Scienza, Tecnologia e Società)<sup>1</sup> ribadiscono la difficoltà di stabilire un confine per demarcare ciò che è scienza, o che appartiene alla sfera della tecnologia, rispetto al senso comune. Già in precedenza, a proposito del rapporto tra scienza e società, Robert K. Merton aveva osservato che “l'esplosione di Hiroshima confermò soltanto ciò che ognuno sapeva già. La scienza ha conseguenze sociali” (Merton, 1949, p.940). Ma ciò che si sostiene in questa tesi è che ancora più difficile e complicato sia distinguere ciò che è sociale da ciò che riguarda il campo della conoscenza e della realtà fisica, dell'esperienza come dell'esperimento, fino a spingerci al non poter prescindere l'esistenza del sociale dai processi di conoscenza e dai flussi di materializzazione con cui la realtà fisica si manifesta ed al tempo stesso viene sottoposta dalle pratiche collettive stesse; pensiamo ai test atomici, alle manipolazioni genetiche, alle nanotecnologie.

L'impatto della tecnologia e della scienza sulla società è quindi sempre più evidente. Al tempo stesso va considerato che i comportamenti e le attività di scienziati, ingegneri e tecnici possono essere influenzati dal contesto sociale e culturale ai quali appartengono. Se diversi gradi di coesione sociale -a seconda che siano causati dal sistema culturale, dall'organizzazione o dal contesto culturale (cfr. Merton, op.cit., 597-598)- sono presenti il discorso va integrato con il problema della conoscenza e quello delle agenzie materiali rappresentate da corpi, strumenti, oggetti coinvolti nelle pratiche.

---

<sup>1</sup> Sugli studi STS cfr. Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch, and Judy Wajeman (a cura di) 2007 *The Handbook of Science and Technology Studies, Third Edition*. MIT Press; Bucchi, 2002; Mongili, 2007.

Nel corso dell'esposizione recupereremo degli elementi presi dalla sociologia di Durkheim a sostegno della teoria della determinazione sociale della conoscenza; certo ciò può, come accade spesso, attirare dure critiche e perplessità, ma chi scrive rivolge l'attenzione a degli studi recenti che hanno ripreso il pensiero durkheimiano nell'ambito della *SSK* (*Sociology of Scientific Knowledge*) e dei *cultural studies* britannici, per liberarsi dall'imbarazzo espresso dall'antropologa Sharon Traweek nel proferire il nome di Durkheim:

“Se avessi saputo che menzionare Durkheim anche solo una volta mi avrebbe causato così tanti guai con coloro che compiono studi sociali sulla scienza, l'avrei potuto evitare” (Traweek, 1992, p.338).

In tutto ciò quale passi può compiere la sociologia e quali mosse deve adottare?

Richiamando il pensiero di Randall Collins si sostiene la necessità di un'indagine sociologica “più comparativa e più sistematica” (Collins, 1992, p.267) su ciò che fanno gli scienziati e che ruolo hanno nella società, piuttosto che offrire delle semplici e locali interpretazioni; nel considerare e combinare elementi che derivano da letture *internaliste* ed *esternaliste* della scienza e della tecnologia, si intende allargare il campo prospettico.

Gli scienziati operano nel mondo quanto i cittadini. Ciò che li distingue è il fatto di condurre pratiche sociali diverse, a cui guardiamo a volte con meraviglia, a volte con sospetto.

Nel caso della tecnoscienza nucleare tale meraviglia e tale sospetto sono cresciute fino a costituire una difficile eredità che il XX secolo ci ha consegnato e per la quale fornire una semplice interpretazione non basta. I concetti di relatività, indeterminazione, entropia, sistema complesso e rete ci hanno oramai istruiti sulla possibilità che “qualsiasi cosa può causare qualsiasi altra cosa” (Cartwright, 1999, p.72).

Esplorando gli eventi ed i traguardi raggiunti dalla scienza la

materia, la conoscenza e la società sono concetti da cui l'uomo contemporaneo non può prescindere. Sono termini che vogliamo esplorare considerando la possibilità che di una loro combinazione intrecciata come causa di fenomeni che solo in un secondo tempo vengono classificati come sociali, naturali, o altro. L'ipotesi qui presentata ha appunto la velleità di sostenere che materia, conoscenza e società siano co-emergenti e vadano considerate in sovrapposizione piuttosto che indipendenti o in semplice relazione.

Con tale approccio intendiamo sostenere che tali concetti costituiscono un vero e proprio sistema che ha due caratteristiche:

- 1) un alto numero di componenti che interagiscono;
- 2) un sistema complesso di comunicazione tra i componenti (Sawyer, 1999)

Il sistema materia-conoscenza-società si condensa in processi che siamo altrimenti abituati a distinguere in segmenti distinti. Tali sono i processi che vanno problematizzati e messi in una prospettiva di stretto contatto gli uni con gli altri, operando con salti ed assemblaggi al fine di comprenderli come campo d'indagine. Il comportamento degli scienziati, le strutture organizzative in cui si articola la scienza, la costruzione sociale dei fatti scientifici vanno collegati alla dimensione non solo sociale, ma anche culturale e politica del proprio tempo. Ad esempio, Sheila Jasanoff considera l'assetto di autoregolamentazione scientifica e responsabilità sociale attuato dalla comunità che si riconosce nella biologia molecolare come causato dalla "paura di mostrare poca lungimiranza e di essere esposti alla perdita di stima già sperimentata dai fisici nucleari che avevano sviluppato la bomba atomica" (Jasanoff, 2005, p.335).

Considerare l'immaginario collettivo a proposito della guerra nucleare (Ponzo e Tanucci, 1992) non riguarda solo il senso comune; occorre bensì entrare ed uscire di continuo dall'ambiente dove si attuano le pratiche epistemiche ed esplorare proprio i confini costruiti tra i diversi

ambiti culturali e relativi alle pratiche collettive per spiegare i fenomeni, analizzare il traffico di materiale, rappresentazioni, persone, tecnologie, cervelli, percorrere a ritroso la strada asfaltata dal lavoro della scienza e della tecnologia del XX secolo per ritrovare l'emergere di fenomeni difficilmente classificabili come solamente naturali, o sociali, o politici.

Perciò si è posta l'attenzione su di un'analisi più sistematica dei processi con cui vengono vissute, più che descritte, le esperienze del mondo riguardo la manipolazione della materia e dell'avanzamento della scienza e tecnologia.

Materia, conoscenza e società sono aree di ricerca che abbiamo scelto di contrapporre a due a due, o meglio abbinare, e quindi ricostituirle concettualmente in una combinazione integrata ternaria; gli anelli di Borromeo sono simbolo di unità in una prospettiva non riduzionista che ha una proprietà importante: i tre anelli sono congiunti, benché non a coppie. Infatti se uno qualsiasi degli anelli viene rimosso, i due rimanenti risultano sciolti.

Non si può trascurare il fatto che il concetto di materia è stato interpretato nel corso dei secoli e declinato volta per volta secondo i paradigmi della conoscenza di ogni epoca e cultura: “storici o analisti sociali della scienza e tecnologia, siamo tutti impegnati in un continuo progetto di *sense-making*” (Jasanoff, 2000, p.630 corsivo mio), creazione collettiva di significati che nell'era della globalizzazione si istituisce in combinazioni di idee e comportamenti fino a manifestazioni di fenomeni di sovrapposizione ed embricatura della società con la conoscenza in società dell'informazione. Al pari materia e società sono due concetti la cui combinazione richiama la mediazione operata dalla scienza, dalla cultura, dall'industria, dalla politica, e ciò comporta che difficilmente è possibile parlare di punti di contatto tra ciò che è materiale e ciò che è sociale.

Tali combinazioni concettuali vogliono proprio mettere in luce che



operare con demarcazioni senza problematizzarle può portare a pratiche di esclusione di elementi che proprio per la loro eterogeneità, località e parzialità vanno considerati parte del processo da analizzare:

“Gli studi sulla scienza devono ora integrare gli studi della scienza cognitivi e sociali precisamente perché la scienza è un set eterogeneo di pratiche che non può essere demarcato da un principio generale” (Stump, 1996, p. 255)

Aprire la *black box* della scienza non è sufficiente. Dobbiamo considerare che noi tutti siamo nella *black box*; perciò è necessario effettuare una mappatura dello spazio della “knowledge in action” (Knorr Cetina, 1999, p. 3), piuttosto che limitarsi ad osservare e descrivere la struttura delle discipline e delle organizzazioni; è necessario non solo navigare a vista, ma ricombinare di continuo la rotta all’interno degli anelli di Borromeo.

In *Plans and Situated Actions*, Lucy Suchman riprende lo studio dell’antropologo Thomas Gladwin sulle differenti combinazioni di fattori come il taglio delle canoe, lo stile di navigazione, la cultura e l’organizzazione sociale della popolazione oceanica dei Truk per spiegare come veniva condotta la navigazione attraverso l’oceano pacifico<sup>2</sup>.

Prima di salpare i marinai occidentali preparano un piano di navigazione, una rotta, elaborato sotto il punto di vista di direzione, gradi di longitudine e di latitudine, tempo stimato di arrivo nelle tappe intermedie dell’itinerario. Una volta concepito e stabilito tale piano gli occidentali devono solo portare a compimento ogni passo consecutivamente, uno dopo l’altro, per avere la certezza di arrivare in tempo ad una certa destinazione. Strumenti come il compasso, il sestante, le mappe sono utilizzate per rimanere il più fedeli possibile alla rotta tracciata. Qualora un imprevisto accada, si deve prima modificare la rotta ed il piano di navigazione per poter continuare a navigare. Il modo di

---

<sup>2</sup> cfr. Gladwin, T. 1958 “Canoe Travel in the Truk Area: Technology and Its Psychological Correlates” in *American Anthropologist*, vol. 60, n. 5, pp. 893-899.

operare occidentale apparirebbe quindi troppo schematico ed idealizzato, simile a quello descritto da Jean Piaget riguardo la mancanza di esperienza nell'infanzia:

“Il bambino comincia senza dubbio considerando soltanto il punto di arrivo e commette quindi per molto tempo errori per quel che riguarda il semplice raggiungere e soprattutto il quasi raggiungere” (Piaget, 1964, p.90)

I nativi Truk dell'Oceania invece iniziano il viaggio immaginando la posizione della destinazione in relazione alla posizione dell'altra isola. La direzione viene rivista in continuazione in accordo alla propria posizione, adottando un'improvvisazione continua. Le decisioni sono prese sul momento controllando le posizioni relative delle terre emerse, del sole, la direzione del vento ed altri agenti naturali. Navigano tenendo conto del posto da cui sono partiti, del luogo che vogliono raggiungere e del punto di dove si trovano nel momento. Gli sforzi sono diretti a fare qualsiasi cosa necessario a raggiungere l'obiettivo anche se non è possibile tracciarne la rotta.

Il modello di navigazione truk utilizzato da Suchman per interpretare l'interazione uomo-macchina insiste sulla condizione situazionale di tale interazione (cfr. Suchman, 1987); l'ampliamento di un tale modello che incorpori l'interazione situazionale di materia, conoscenza e non da ultimi fattori sociali ci permette a sua volta di studiare alcuni fenomeni del groviglio di cui facciamo parte nei processi continui di materializzazione, nell'adesione a pratiche condivise e nella produzione di conoscenza, di strumenti e, a sua volta, di fenomeni che si materializzano; anche i nostri obiettivi e le traiettorie rappresentate dai progetti vanno essi stessi visti come soggetti frutto del *mangle* della pratica (cfr. Pickering, 1993, p.580). Problematizzare la situazione e metterla in relazione con le strutture razionali dell'uomo ci riporta ad un parallelismo tra pensiero infantile e scientifico:

“Il pensiero del bambino piccolo, che testimonia notevoli attività, spesso originali ed imprevedute, è ricco di aspetti interessanti, non solo per le differenze con il pensiero adulto, ma anche analogamente per i risultati positivi che ci informano sul modo in cui le strutture razionali si costruiscono, e che ci permettono persino a volte di chiarire alcuni aspetti oscuri del pensiero scientifico” (Piaget, 1964, p.91).

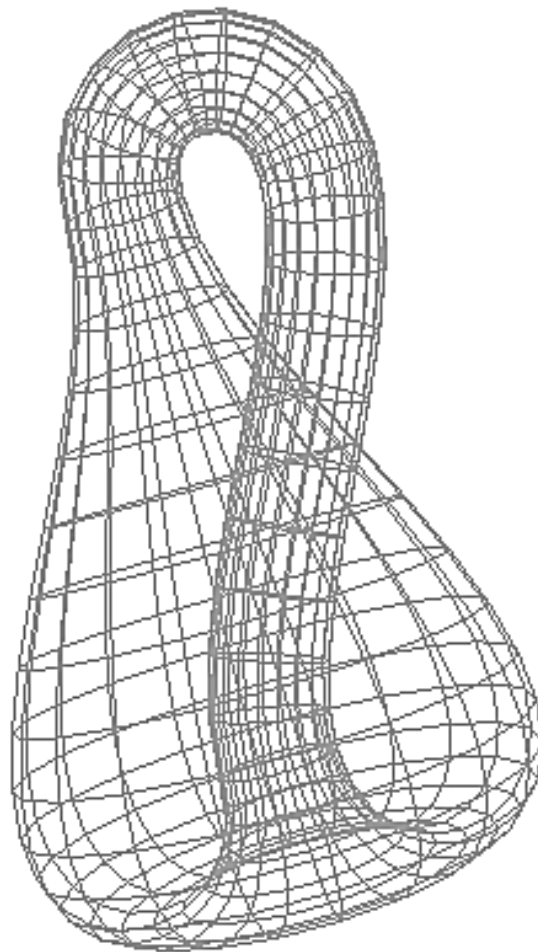
Nell’analisi della costruzione sociale e materiale della realtà trovare una porta d’ingresso, come definire un campo d’indagine, o sapere cosa si stia cercando mentre si è immersi e vincolati al groviglio di conoscenze, materia e realtà sociale è più di aiuto la metafora derivata dalla pratica di navigazione dei nativi Truk come consapevole *thick description*. Pertanto il percorso che viene proposto segue uno spazio indefinito tra il dentro ed il fuori delle pratiche collettive ed epistemiche, come frutti di continue reinterpretazioni e di costruzione di confini culturali della scienza. Tali confini si trovano su una superficie continua come il nastro di Moebius.

Nel 1882 il matematico tedesco Felix Klein (1849-1925) immaginò di connettere due nastri di Moebius per creare una bottiglia che conteneva sé stessa, non avendo un fuori ed un dentro e presentando una continuità tra i due, senza bordi e senza *boundaries*. Il collo piegato nel dentro del corpo va a coincidere con il fondo della bottiglia e pertanto fondo ed apertura coincidono se vogliamo. Nella pratica della conoscenza siamo esclusi e coinvolti al tempo stesso, condizioniamo la realtà esterna con i più semplici esperimenti di laboratorio, con le nostre attività ritenute esclusivamente sociali e culturali; la realtà, al tempo stesso, offre resistenza, si riplasma, assume forme nuove di cui noi siamo parte in un processo di auto costituzione.

La materia diventa sempre più particolare nell’indagine scientifica e nell’*embedding* in pratiche sociali; viene divisa e condivisa. Ma non alludiamo solo alle possibili riconfigurazioni materiali, parliamo di

processi di conoscenza, di ciò che ci scambiamo e classifichiamo, di ciò che assume valore e senso nella vita quotidiana quanto nei laboratori; perciò navighiamo su una bottiglia di Klein, tra un dentro ed un fuori di cui non siamo capaci di fornire delle coordinate esclusive e definitive.

Per fare scienza nel mondo che conosciamo ci dobbiamo rapportare, come sosteneva Richard Feynman, con l'universo che non conosciamo, ed aggiungerei universo oltre che fisico, anche sociale e della conoscenza.



La bottiglia di Klein - Fonte: <http://www.math.cornell.edu/~mec/2003-2004/geometry/torii/torii.html>

Capitolo primo  
Conoscenza e materia

*“E’ più facile rompere un atomo che un pregiudizio”*

Albert Einstein

*1.1 La materia come pratica discorsiva*

La posizione da cui si vuole muovere riguarda il rapporto tra conoscenza e materia, sostenendo con Andrew Pickering che “i contorni dell’agenzia materiale non sono mai conosciuti a priori, gli scienziati sono tenuti continuamente ad esplorarli nel loro lavoro, i problemi sorgono sempre e devono essere risolti nello sviluppo di, diciamo, nuove macchine” (Pickering, 1993, p.564). Il *continuamente* investe non solo la dimensione temporale, ma l’insieme delle dimensioni in cui ci muoviamo, come quelle nuove con cui entriamo in contatto nell’esplorazione scientifica e nella pratica collettiva individuabile nell’esperimento (Knorr-Cetina, 1999) vista non come rappresentazione di parti del mondo, ma come esperienza parte del mondo.

Nel 1937 il fisico danese Niels Bohr pubblicava sulla rivista *Philosophy of science* un articolo dal titolo “*Casuality and Complementarity*” inerente non tanto la struttura della materia ed i suoi fenomeni, ma la possibilità di estendere ad altri campi e al mondo percepibile le scoperte derivate dall’indagine microfisica stessa (Bohr, 1937). Tale articolo rifletteva quanto espresso durante il Secondo Congresso internazionale per l’unità della scienza, tenuto a Copenhagen nel giugno dell’anno prima. Lo sviluppo bohriano dell’idea di complementarità implicava la necessità di estendere il nuovo quadro interpretativo per la classificazione di nuove esperienze e formalizzarlo in un appello agli scienziati di diverse discipline per creare una base comune per la conoscenza.

In breve, il pensiero di Bohr si fondava su ciò che lui chiamava fisica-filosofia, data dall'imprescindibile interazione di materia e conoscenza su cui fondava la sua visione scientifica, secondo la quale i fenomeni trovano senso non nell'osservazione condotta da un osservatore distaccato, ma come prodotto dell'*entanglement*<sup>3</sup> tra osservatore, strumento d'osservazione ed oggetto osservato; nella meccanica quantistica, secondo Bohr, le particelle assumerebbero diverse proprietà a causa delle diverse misurazioni effettuate: il suo principio di complementarità della proprietà corpuscolare ed ondulatoria delle particelle.

L'intenzione di Bohr era di comprendere il resto della conoscenza con tale approccio quantistico già applicato alla realtà microfisica.

Nel suo articolo il fisico danese ragionava sulle possibili applicazioni ad altri campi, alludendo tra l'altro alla difficoltà di distinguere oltre una certa soglia microscopica un meccanismo da una forma di vita. Estendendo il concetto di interazione delle particelle osservate con quelle degli strumenti di osservazione, e quindi con il mondo percepibile, anticipava diversi dibattiti su problemi che riguardano oggi campi tecnoscientifici come quello dell'intelligenza artificiale, delle biotecnologie e naturalmente dello studio della materia.

Gli apparati, secondo Bohr, sono particolari arrangiamenti fisici che danno significato a certi concetti e ne escludono altri. Sono le condizioni fisiche locali che rendono possibili e guidano le pratiche della conoscenza come la concettualizzazione e la misurazione; producono e sono parte dei fenomeni stessi; attuano il "*local cut*", la demarcazione locale, che produce "oggetti" delle pratiche particolari di conoscenza all'interno dei fenomeni prodotti.

Gli apparati sono arrangiamenti pratico materiali, riconfigurazioni

---

<sup>3</sup>Traduzione dall'inglese: groviglio, intreccio.

materiali che producono fenomeni materiali, che intervengono nel mondo e fanno parte del mondo. Fuori di un particolare contesto materiale discorsivo, la materia, come d'altronde i concetti, rimane indeterminata.

Dopo il conflitto mondiale e la divisione del mondo in due blocchi il fisico danese affinerà tale posizione ponendo la conoscenza della materia a livello atomico come sentiero da intraprendere relativo a tutta la conoscenza. In *Teoria dell'atomo e conoscenza umana* Bohr esprime il suo pensiero nel seguente modo:

“nella storia della scienza, l'esplorazione di questo secolo del mondo degli atomi trova difficilmente un confronto riguardo il progresso della conoscenza e la padronanza di quella natura di cui noi facciamo parte. Comunque, ad ogni avanzamento della conoscenza ed abilità è collegata una responsabilità più grande; e la realizzazione della ricca promessa come l'eliminazione dei nuovi pericoli dell'era atomica rappresentano per la nostra intera civiltà un'impresa ardua che può essere affrontata solo con la cooperazione di tutti i popoli, posta una reciproca comprensione del genere umano. In questa situazione, è importante realizzare che la scienza, che non conosce confini nazionali ed i cui successi sono comune proprietà della razza umana, ha attraverso i secoli unendo gli uomini nei loro sforzi per spiegare i fondamenti della nostra conoscenza. Come proverò a dimostrare, lo studio degli atomi, che avrebbe comportato conseguenze così lontane ed il cui progresso si è basato sulla cooperazione di tutto il mondo, non solo ha approfondito la nostra osservazione in un nuovo dominio di esperienza, ma ha gettato nuova luce sui problemi generali della conoscenza” (Bohr, 1958, p.83).

Vogliamo spendere le parole di Bohr sull'era atomica per introdurre il nostro percorso nel trattare il rapporto tra conoscenza e materia, inteso non solo come sviluppo della conoscenza della materia come teorie, pratiche collettive e rappresentazione degli oggetti scientifici, ma come continuo interlacciamento tra materia e conoscenza, esperimenti e teorie, uomini e macchine d'osservazione.

La rappresentazione della materia è stata delegata fin dal XVII secolo alla scienza, ma ciò che ne emerge, al tempo stesso, è un processo

di legittimazione della scienza.

Nella combinazione del concetto di conoscenza come rappresentazione e di legittimazione della scienza ciò che emerge sono diverse attività situate in continua trasformazione, attività d'indagine dal carattere sociale e materiale della natura al tempo stesso:

“Come possiamo spiegare i successi predittivi della scienza eccetto che ammettere che i modelli con i quali lavora infatti rappresentano la reale struttura della realtà? [...] Se neghiamo che il modello atomico ci dice qualcosa circa la reale natura dell'uranio, la predizione vincente sulla bomba atomica diventa un inesplicabile fortunata congettura” (Gutting, 1979, p.46).

Nella sua critica del progetto di legittimazione della scienza Joseph Rouse individua quattro problemi da affrontare:

- 1) una concezione globale della scienza forza la sua stessa credibilità se confrontata con la concretezza delle pratiche epistemiche, delle istituzioni e delle credenze.
- 2) l'anemia normativa iniziata con la posizione di Kuhn va colmata estendendo il concetto di scienza ed includendo l'ermeneutica epistemica all'interno della stessa.
- 3) il contenuto rappresentativo della conoscenza scientifica.
- 4) l'inadeguatezza riflessiva di approcci standard per comprendere la conoscenza scientifica stessa (Rouse, 1996, 21-22).

Comprendere la pratica scientifica come ricostruzione narrativa mostra come il lavoro scientifico diventa coerente e raggiunge un significato senza ricorrere a problematiche nozioni di comunità scientifiche, consenso o “*background content*” (Rouse, 1996, p.27).

L'opzione di Rouse intende la costruzione narrativa delle pratiche scientifiche non solo come allineamento di diversi elementi intesi come allineamenti sociali (Wartenburg, 1990), ma come riconfigurazione di pratiche sociali e materiali capaci di costituire e trasformare relazioni di potere (cfr. Rouse, 1996, p.28).



Per cogliere le diverse sfaccettature del lavoro degli scienziati impegnati nella produzione di significati della natura dobbiamo aprire anche alla riflessione critica sulla scienza, al racconto della scienza vista nella sua “disunità” (Galison e Stump, 1996) e articolazione, ad una filosofia della scienza che rispecchi la complessità del fenomeno epistemico, che affronti il tema della conoscenza interpretandolo come una delle possibili forme culturali (Rouse, 1992) in cui la società si riproduce e si manifesta, e che contempi una pluralità di approcci e metodi allo stesso (Stump, 1992).

L’eredità delle pratiche e delle conoscenze prodotte dalla fisica del ventesimo secolo non appartiene solo alla fisica, ma è un’eredità intrecciata ad altre eredità acquisite in altri ambiti, discipline, gruppi d’interesse scientifici e non. Non parliamo cioè solo di una realtà culturale comunque complessa ed estesa relativa a scienziati, tecnologie e discipline sviluppatesi in diversi paesi, come, ad esempio, a “i ragazzi di via Panisperna” ed al primo acceleratore di particelle, il sincrotrone costruito da Lawrence nel 1929 della grandezza di una mano.

Ci riferiamo piuttosto a diversi campi di studio e di applicazione riuniti e riconoscibili sotto l’ombrello della *big science* e collegati nei loro sviluppi l’uno all’altro, che siamo abituati a riconoscere in gruppi di ricerca distinti e discipline ben reggimentate, ma che in realtà a disegnarne la mappa dei contatti e scambi apparirebbe più un groviglio che uno schema ben definito. Ad esempio, Rasmussen, in un contributo che considera le conseguenze di Hiroshima per la rivoluzione biologica nelle scienze (Rasmussen, 1997), ha riesaminato il luogo comune che imputa al senso di colpa generato dalla tragedia umana/successo scientifico del lancio delle bombe sul Giappone l’abbandono della fisica da parte di diversi scienziati eccellenti e la loro conversione alle scienze della vita e la conseguente fondazione della biofisica.

La biofisica conobbe grande successo nella comunità scientifica statunitense contribuendo alla reazione nazionale alla bomba ed al conseguente riequilibrio della cultura scientifica. In realtà Rasmussen sostiene che vi sia stata una “doppia ricontestualizzazione” (Rasmussen, 1997, p.246), che ha visto da una parte una forza culturale spingere i fisici verso le scienze biologiche nella ricerca di scoperte legate all'atomo al servizio della vita, mentre dall'altra una disciplina biofisica nota come fisiologia generale già esisteva ed i suoi esponenti ne approfittarono per cavalcare l'onda nello sforzo di espandere ed istituzionalizzare la loro arte. La biologia molecolare, la genetica e gli studi oggi noti come neuroscienze crebbero grazie a questo riequilibrio concettuale all'interno della scienza.

Altro esempio possibile è rinvenibile nello sviluppo della tecnologia informatica e dall'istituzionalizzazione delle macchine intelligenti durante la Guerra fredda, poste a controllo e difesa del territorio degli Stati Uniti attraverso la creazione e ridondanza di pratiche politiche discorsive studiate da Paul Edwards nella metafora del “mondo chiuso” (Edwards, 1996).

Tali processi non riguardano solo la storia della conoscenza, ma fanno parte del mondo costituito dalla materia studiata e scissa, dall'energia sprigionata e convogliata dalle pratiche collettive della scienza e della tecnologia.

Hermann Haken ha proposto con le “*synergetics*” una teoria interdisciplinare delle interazioni generali (Haken, 1980) e, contemporaneamente, la “teoria dell'auto organizzazione” ha tentato di unificare in un unico approccio le implicazioni scientifiche e più strettamente umane (Jantsch, 1980). Anche la “teoria dei sistemi complessi” è stata identificata come fondante per una scienza generale dei sistemi per il XXI secolo e quindi capace di superare i pregiudizi disciplinari e le demarcazioni tra scienze naturali, cognitive, sociali,

matematiche, umane e filosofiche (Mainzer, 1996).

L'idea di un approccio interdisciplinare era già presente negli anni 50 all'interno della *big science*, caratterizzato da teorie metadisciplinari o da conoscenza non inquadrata in discipline. Il fisico e filosofo Carl Friedrich von Weizsäcker ha coniato il termine “scienze strutturali” (Weizsäcker, 1974, p. 22) relative agli studi su oggetti non rilevabili dalle discipline già esistenti.

Sulla scia dell'innovazione informatica e dell'attenzione portata sul bisogno di crescita delle infrastrutture informative il tema della convergenza ha di recente suscitato l'interesse anche delle istituzioni ed istituti di ricerca.

Nel 2004 un gruppo di esperti della Commissione Europea ha discusso se seguire il modello d'oltreoceano NBIC<sup>4</sup>, la politica scientifica statunitense di integrazione e convergenza tra discipline, e sviluppato a sua volta “un'approccio europeo nello specifico per le tecnologie di convergenza” (Nordmann et al., 2004).

Il rapporto, risultato del lavoro della Commissione, si basa sul concetto battezzato CTEKS (Converging Technologies for the European Knowledge Society) ed è stato presentato col titolo “*Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies*”; il tipo di interdisciplinarietà che ne emerge secondo questo scenario non viene normata e rimarrebbe libera nella combinazione e percorso attraverso le varie discipline consolidate. Se il modello NBIC si concentra sul miglioramento umano la proposta europea si estende ad innovazioni di respiro sociale, come “ampiamento dei circoli di convergenza” e come indirizzo più teso a problematizzare dei temi che a trovare soluzioni.

---

<sup>4</sup> NBIC: acronimo di Nanotechnology, Biotechnology, Information technology e Cognitive science; è stato introdotto come termine con il report della National Science Foundation del 2004 *Converging Technologies for Improving Human Performance*.

Identificandosi oramai in un approccio identificabile in una convergenza tecnologica globale<sup>5</sup> spiegare in cosa consista la proposta interdisciplinare odierna non offre, come rinvenibile nel programma del CTEKS, possibilità di grandi sintesi, soprattutto poiché si contempla non solo una convergenza di tecnologie, o tecnoscienze, ma di processi di interoperabilità tecnologica verso un obiettivo aperto alla sfera politica e a quella pubblica, ed integrabile quindi in Europa nella Strategia di Lisbona (cfr. Nordmann et al. 2004, p.4). Tale politica di convergenza non riguarda solo i governi e le istituzioni, ma prevede un modello di *governance* partecipativa estesa non più solo agli esperti, ma anche al pubblico, fino ad includere eventuali le considerazioni di carattere etico e sociale.

La relazione tra conoscenza e potere può articolarsi nel concetto di discorso, visto non come semplice pratica del linguaggio, ma come limite e terreno dell'esprimibile. Sono le pratiche relative al discorso che definiscono allora cosa sia degno di aver significato e cosa no. Secondo Foucault le pratiche discorsive non sono altro che le condizioni sociali, storiche e materiali che permettono e costringono le pratiche della conoscenza all'interno di un flusso delimitato dai luoghi delle pratiche stesse (Foucault, 1970, 1976). Il potere è condizionante, in quanto incorporato nelle pratiche stesse che riguardano i corpi.

Secondo Karen Barad, non solo i corpi e la conoscenza interagiscono, ma la materia stessa e conoscenza sono, non interattive, ma intra-attive (*intra-active*), vale a dire che a priori non si può prescindere l'una dall'altra e che si danno solo nella relazione; sarebbe possibile pertanto coniugare il concetto di pratica discorsiva con quello di apparato, coniando il concetto di intra-azione ed agganciare il pensiero di Foucault

---

<sup>5</sup> RAND Report, *The Global Technology Revolution 2020, Executive Summary: Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications*, Richard Silbergliitt, Philip S. Antón, David R. Howell, and Anny Wong, MG-475-NIC, 2006

a quello di Bohr (cfr. Barad, 2003, p.819):

“le pratiche discorsive sono (ri)configurazioni materiali e specifiche del mondo attraverso le quali le determinazioni locali di demarcazioni, proprietà e significati sono attuate secondo modalità differenziate. Cioé, le pratiche discorsive sono intra-azioni agenziali in itinere del mondo attraverso cui la determinazione locale è attuato nei fenomeni prodotti. Le pratiche discorsive sono intra-azioni causali” (Barad, 2003, p.820-821)<sup>6</sup>.

Le pratiche discorsive sono pratiche di fabbricazione di demarcazioni, di differenziazioni nel mondo.

Sempre secondo Barad, non è possibile fissare a priori una demarcazione tra umano e non umano prima della *performance* e dell'analisi discorsiva che produce l'umano e il non umano insieme nel mondo, come già era similmente emerso nell'analisi sulla materializzazione dei corpi di Judith Butler (Butler, 1990, 1993); la materia come il corpo non sarebbe un'entità statica ed articolabile in sé stessa, ma andrebbe collegata ad altro.

Per Barad la materia non si dà nel rilevare i singoli atomi e particelle, e soprattutto, non è una *tabula rasa*, una superficie, un *quid* in attesa di essere informato e significato. La materia non va vista quindi come supporto passivo, o sorgente di sostegno al discorso, indipendente da forze esterne come la cultura o la storia; per completarsi essa stessa va intesa come una *storicità*.

La materia è il prodotto della materializzazione, della sua (re)iscrizione continua come materia: “la materia è sostanza nel suo divenire intra-attivo – non una cosa, ma un fare, una coagulazione dell'agenzia. La materia è una processo stabilizzante e destabilizzante di intra-attività in itinere” (Barad, 2003, p.822).

La materia non è semplicemente “un tipo di menzionabilità” (Butler, 1993, p.15). Sono le dinamiche dell'intra-azione che assegnano la materia

---

<sup>6</sup>Traduciamo *on going* con *in itinere*.

come un agente attivo della loro materializzazione in corso<sup>7</sup>.

Materializzazione e pratica discorsiva non sono in un rapporto di esternalità l'una con l'altra. La materialità è discorsiva, nel senso che non si può staccare dall'apparato di produzione del fenomeno che la rende tale: “materia e significato non sono elementi separati” (Barad, 2007, p.3).

Gli apparati di produzione di conoscenza producono la materia, sono pratiche material-discorsive, le quali “sono specifiche rappresentazioni iterative – intra-azioni agenziali – attraverso cui la materia agisce e si articola in modo differenziale (nell'emergere di demarcazioni e significati), riconfigurando il campo material-discorsivo delle possibilità nelle dinamiche iterative dell'intra-attività che è l'agenzia” (Barad, 2003, p.822-823). La materia si manifesta nella sua e per la sua performatività, cioè come *performance* del suo essere materializzabile.

Anche il ruolo della filosofia della scienza sta cambiando, in quanto dopo la sua apertura all'esperimento scientifico (Radder, 2003) ha imparato a cimentarsi con la scienza vista come una provincia di pratiche e *performances* “materialmente localizzate nel mondo senza esserne identiche a qualsiasi regione delimitata temporalmente o spazialmente” (Rouse, 1996, p. 155).

Diversi e successivi coinvolgimenti con le proprietà della materia non solo riconfigurano pratiche e ridefiniscono equilibri nel mondo della conoscenza e della scienza, ma producono a loro volta nuovi stati di interazione con il mondo e la materia; sono gli stessi rapporti tra fenomeno osservato ed agenzia d'osservazione ad essere intrecciati tra di loro, rendendo solo in un certo assetto, contesto, e premesse possibili i fenomeni studiati: consideriamo il fatto che è possibile solo studiare le cose nei fenomeni; *things in phenomena* (Barad, 2003, p. 817).

Sempre secondo Barad la concezione che abbiamo della materia

---

<sup>7</sup>Barad gioca con la parola inglese *matter* traducibile non solo come materia, ma come faccenda, l'aver importanza, il significare.

non solo è soggetta a continua revisione, ma viene definita secondo una continua rielaborazione, allo stesso modo di come vengono definiti e riscritti i corpi nella loro performatività e conoscenza (cfr. Butler, 1990, 1993). La costruzione del significato necessita di condizioni materiali per lo sviluppo delle pratiche discorsive inerenti la materia.

Più che composto di separati ambiti il mondo va visto come un insieme che si presenta aggrovigliato (*entangled*) nelle relazioni tra materia, pratiche di conoscenza relative alla materia condotte da agenzie (gli umani) che vivono in un mondo di materia dove essi stessi composti di materia conducono pratiche costituite come sociali e relative alla conoscenza.

Le pratiche si articolano secondo una linea discorsiva fatta di narrazioni, contestualizzazioni, spiegazioni. Gli apparati d'indagine producono fenomeni come parte di un flusso di *performance* del mondo. Gli apparati sono pertanto pratiche material-discorsive (cfr. Barad, 2007, p.335).

Il carattere locale, materiale e discorsivo delle pratiche discorsive è stato già messo in evidenza (Haraway, 1989; Trawick, 1992); natura e cultura non solo interagiscono, ma si configurano e riconfigurano nelle relazioni materiali nello spazio e nel tempo.

Non si può prescindere tanto da una natura storica della conoscenza, quanto della materia nel diverso modo di concepirla, manipolarla, confrontarsi come conoscenza pratica, un'organizzazione umana vissuta come una realizzazione storicamente situata soggetta ad un irrevocabile processo di espansione (cfr. Nicolini, Gherardi, e Yanow, 2003) che vede emergere di continuo nuovi fenomeni, strumenti, pratiche, teorie in un mondo percepibile più a blocchi sparsi che in modo uniforme (Cartwright, 1999b).

Più che descrivere unitariamente la materia, la sperimentiamo;

vagliandone le somiglianze con le rappresentazioni che ne abbiamo, la manipoliamo, la realizziamo; a ciò mira Ian Hacking nel contrapporre la parola “reale” al termine filosofico di apparenza (cfr. Hacking, 1983, p.168).

L’epistemologia femminista, soprattutto, ha dato rilievo all’idea della conoscenza come prassi della co-emergenza: materialità, performatività ed intra-attività, sono dei concetti ecologici chiave per una comprensione ulteriore e sviluppo di approcci basati sulla pratica nel rapporto dell’anello conoscenza con l’anello materia. L’approccio femminista rifiuta la relazione binaria tra conoscenza teorica e conoscenza pratica, o sperimentale, affermando a sua volta che la conoscenza è situata (Haraway, 1991).

La critica della conoscenza, allora, potrebbe essere portata più avanti fino ad individuare e cancellare le distinzioni tra materia e discorso, umano e non-umano.

Riconducendosi a tale possibile traiettoria, Karen Barad presenta una articolazione olistica, una co-emergenza *onto-epistemo-logica* rinvenibile nello studio di pratiche della conoscenza quali specifiche interazioni che vengono ad avere importanza ed a materializzarsi come tali (cfr. Barad, 2003, p. 829).

Quando parliamo di materia parliamo di ciò che conosciamo della materia, come quando ci occupiamo del problema della conoscenza non possiamo non pensare a cosa si occupa l’attività del conoscere. Gli atomi non si possono vedere ad occhio nudo, ma grazie alla scienza abbiamo appreso a “vederne” gli effetti, e ciò ci porta infine a considerare che la conoscenza in questo campo si sia espansa.

La materia come la concepiamo oggi, costituita di atomi e particelle subatomiche, è il frutto di una continua ridefinizione del concetto stesso di conoscenza. Come concepire la materia all’inizio del



terzo millennio deriva soprattutto dalle scoperte del secolo scorso, dalle conoscenze classificate in discipline, in archivi e istituite come pratiche soprattutto epistemiche.

Solo ciò che in pratiche quotidiane misuriamo, separiamo, aggregiamo, trasformiamo, spostiamo da un luogo ad un altro è alla fine fine conosciamo è riconoscibile come materia.

Conoscenza e materia sono in relazione costante; la conoscenza, come attività empirica, non può prescindere dal rapporto con la materia.

La complessa relazione tra le componenti che caratterizzano lo sviluppo della conoscenza relativa alla materia è rinvenibile fin dall'antichità. Ma è soprattutto grazie alle congetture della scienza contemporanea, paradossali nel mondo percepibile ad occhio nudo, della meccanica quantistica affermatasi a partire dall'inizio del secolo scorso, che è stato possibile indagare la materia più nel profondo, fino a manipolarla e scinderla.

Di questo i fisici erano consapevoli fin dall'inizio del XX secolo, come descritto da Max Planck:

“la continuità di tutte le azioni dinamiche, premessa incontestata, un tempo, di tutte le teorie fisiche, [è stata] espressa dal noto dogma di derivazione aristotelica: *natura non facit saltus*. Ma anche in questa fortezza della fisica, sempre rispettata fin dai tempi antichi, l'indagine moderna ha aperto una breccia pericolosa. [...] Sembra in realtà che la natura faccia dei salti, e dei salti assai singolari. Mi sia permesso, per spiegarmi meglio, di servirmi di un paragone intuitivo. [...] Nel caso delle onde dell'acqua la frantumazione dell'energia di movimento si arresta quando gli atomi in certa maniera tengono unita l'energia, perché ogni atomo rappresenta un determinato *quantum* finale di materia che si può muovere soltanto come un tutto unico. Nel caso dei raggi luminosi e termici, benché essi siano di natura assolutamente immateriale, debbono analogamente entrare in gioco delle cause che tengono unita l'energia radiante in determinati quanti finali, e la tengono unita tanto più efficacemente quanto più brevi sono le onde, ossia quanto più rapide si succedono le vibrazioni” (Planck,

1942, pp.50-53).

Lo scienziato Ernst Mach, pur non condividendo la teoria atomica, concepiva invece la materia come un tutto collegato con tutto, una totalità fluida composta di sensazioni e considerava consecutivo l'impianto della conoscenza, dalle sensazioni più elementari, fino alla scienza: "il passaggio dalle rappresentazioni sensoriali più determinate, attraverso il pensiero comune fino al pensiero scientifico più astratto è di tipo *continuo*" (Mach, 1906, p. 23).

Sono comunque non solo le teorie ed il pensiero di pochi scienziati che hanno permesso di studiare la materia e di giungere all'odierno corpo di conoscenze scientifiche; è necessario studiare ed ampliare la dipendenza di queste strutture concettuali, intendendole non solo come basi dell'esperienza e del contesto culturale, rilevando l'interazione tra il pensiero del singolo scienziato e ed i sistemi istituzionalizzati della conoscenza. Solo l'integrazione di approcci allo stesso tempo sociali, culturali e cognitivi permette al tempo stesso di aprire la *black box* della conoscenza e della materia.

Il Max Planck Institute per la storia della scienza<sup>8</sup>, fondato nel 1994, si occupa di sviluppare dei progetti di epistemologia storica investigando le strutture concettuali e materiali, come i modelli discorsivi, gli spazi architettonici, i flussi di esperienza, le tecniche di visualizzazione, i modelli mentali, che hanno reso possibili e caratterizzate le scienze come noi le conosciamo oggi. La ricerca del centro ruota attorno a tre caposaldi:

- 1) anche gli aspetti più taciti del pensiero scientifico e della pratica empirica sperimentale hanno una loro storia;
- 2) studi comparativi sono fondamentali nella comprensione dei cambiamenti nella storia della scienza;
- 3) le fonti di ricerca vanno allargate ad immagini, oggetti, luoghi, gesti come

---

<sup>8</sup> Cfr. <http://www.mpiwg-berlin.mpg.de>.

anche testi di ogni tipo.

Secondo tale approccio lo studio della materia va affrontato in chiave storica, dal momento che la materia come oggetto epistemico non esiste “indipendentemente dagli sforzi sperimentali e dalle pratiche, dalle tecniche, le aspettative e le costellazioni sociopolitiche grazie alle quali sono state portate in evidenza” (Balz et al., 2008, p.9).

Negli studi critici della scienza la logica esternista presenta di solito un quadro interpretativo secondo il quale gli scienziati sono semplicemente influenzati da fattori esterni di contorno alla razionalità della scienza.

Secondo quest'approccio, invece, ciò che è esterno non andrebbe visto come semplice influenza, ma come un insieme di fattori e condizioni da cui non si può prescindere, qualcosa su cui la scienza si dispiega e da cui trae forza e spinta e di cui raramente viene messo in luce l'aspetto di coinvolgimento e di consapevolezza da parte degli scienziati.

Tanto per portare un esempio, ricordiamo il pioneristico quanto criticato contributo che ipotizza una influenza esterna della Germania weimeriana sull'origine intellettuale della meccanica quantistica (Forman, 1971, 1978; Radder, 1983) e che porta comunque a riflettere sull'ovvietà del fatto che lo scienziato vive in un luogo ed in un tempo.

Allo stesso modo Peter Galison ha recentemente esplorato la cultura della sincronizzazione nella società di fine XIX secolo per spiegare le possibili influenze del contesto sociale e culturale dell'epoca sulle teorie di Einstein e di Poincaré (Galison, 2003).

Per non vedere lo sviluppo della teorie fisiche come semplice adattamento ad un ambiente sociale, basterebbe riscoprire quanto il dibattito dei fisici sulla natura della materia e della conoscenza nei primi decenni del secolo scorso fosse integrato nella cultura del tempo esaminando, ad esempio, le pagine della rivista scientifica *Die*

*Naturwissenschaften* diretta da Arnold Berliner (Stoeltzner, 2008).

La meccanica quantistica produsse un salto di qualità nell'approccio alla materia rispetto al paradigma precedente che derivava dall'aritmetica della chimica e dalla fisica di Newton. L'esempio più famoso forse rimane quello del fisico teorico Erwin Schroedinger, il quale ha fondato un rapporto tra materia e conoscenza proprio sull'indeterminazione e l'incertezza:

“Le nostre idee sulla materia sono divenute <<molto meno materialistiche>> di quello che non fossero nella seconda metà del XIX secolo. Sono ancora molto imperfette, molto confuse, mancano di chiarezza sotto vari aspetti; ma, questo si può affermare, la materia non è più la semplice palpabile grossolana cosa nello spazio, di cui una qualunque parte può essere seguita durante il suo moto e di cui possono essere accertate le leggi precise che ne governano il movimento” (Schroedinger, 1970, p.17).

Domandarsi cosa sia la conoscenza e concentrarci sul significato di oggetto fisico (cfr. Reichenbach, 1951, p.180) ha assunto nel corso del XX secolo varie interpretazioni fino agli ultimi campi di ricerca, come la neonata e pionieristica scienza della conoscenza<sup>9</sup> che fonde neuroscienze e teoria quantistica.

## *1.2 Vedere come atomi*

L'idea che la scienza operi attraverso immagini e rappresentazioni di qualcosa di già conosciuto non è qualcosa di nuovo. Se pensiamo alla metafora del sistema solare per parlare della struttura atomica, o della teoria delle stringhe per giustificare l'esistenza di più dimensioni non percepibili capiamo quanto la descrizione dei fenomeni rilevati dagli scienziati vadano sempre ricondotti a qualcosa di familiare per rendere possibile non solo la comprensione ai profani, ma anche per vivere la

---

<sup>9</sup> La scienza della conoscenza si sta affermando come campo d'indagine comune a fisici e neurologi ed è già al suo 15esimo congresso mondiale.

ricerca stessa.

I dati disponibili, secondo l'idea di *thick description* (Ryle, 1949), non sarebbero altro che nostre interpretazioni. Basta pensare a quanto le immagini forniscano un indispensabile medium alla scienza, se consideriamo che tutti i fenomeni vengono innanzitutto interpretati, piuttosto che descritti. La capacità descrittiva insita in una teoria è piuttosto un punto di arrivo nel passare da un fatto bruto ad un fatto istituzionale, nell'indicarlo come "luogo della realtà sociale" (Searle, 1995, p.138) e soprattutto nel renderlo spendibile all'interno della comunità scientifica. La scienza diventa infatti, ad una lettura più antropologica, non solo il semplice frutto di una descrizione densa (Geertz, 1973), ma il polimorfismo di un sistema culturale (cfr. Elkana, 1987, p.9 e sgg.) costituito di rappresentazioni interlacciate che ne costituiscono la sua solidità e struttura.

La visualizzabilità stessa di un fenomeno è qualcosa di non sempre chiaro e definitivo. Enrico Fermi, ad esempio, sosteneva che costruire un modello visualizzabile di elettrone avrebbe solo generato confusione. La meccanica quantistica stessa si è affermata nel complesso non lavorando su rappresentazioni visive, quanto piuttosto su calcoli matematici in alcuni casi non sempre chiari ai matematici stessi:

"la meccanica quantistica aveva sollevato un gran numero di interrogativi fondamentali sulle rappresentazioni cui i matematici non erano in grado di rispondere, ma che costituirono uno stimolo importante per nuovi sviluppi della matematica dagli anni 30 in poi" (Hoyt, 2006, p.49-50).

Secondo Ian Hacking per problematizzare il nesso esistente tra rappresentazione e materia va ripercorsa la storia del pensiero fino all'atomismo antico, in quanto è proprio con la teoria atomica di Democrito che si fece vivo il problema della costituzione intena delle cose e dell'importanza di "un'organizzazione intelligibile dietro ciò che riceviamo

dai sensi” (Hacking, 1983, p.166).

Fin dall'antichità il problema di definire la realtà non è consistito nell'individuazione soggettiva di una realtà esterna, quanto piuttosto nel convenire su quale delle diverse interpretazioni disponibili fosse più consona. Uomini diversi, popoli in luoghi ed in tempi diversi hanno fondato cosmologie differenti, ma hanno comunque fondato ordini naturali, strutture rappresentative su cosa li circondava.

L'esperienza dell'uomo è derivata dall'interazione con la materia a seguito della conoscenza già acquisita nei modelli disponibili della natura, sotto forma di rappresentazioni.

Prima di arrivare ad una piena teoria scientifica della materia ad opera dei fisici del XX secolo, diverse interpretazioni si sono succedute sulle rovine delle precedenti, al tempo stesso libri e manoscritti dimenticati sono stati riletti e riconsiderati, oppure semplicemente copiati.

Problemi antichi emergono in nuovi contesti; la materia è lì e l'Uomo la sfrutta e la comprende sempre in modo nuovo quanto diverso.

Prima di essere una storia della materia, è stata una storia di scoperte e riscoperte del pensiero e della conoscenza umana intorno alla materia. Le rappresentazioni della materia si sono succedute nell'incommensurabilità di paradigmi (Kuhn, 1970), di costruzione di alleanze (Latour, 1984), fino a giungere a pratiche di differenziazione, retoriche e di potere:

“La scienza, l'unico gioco che vale la pena di giocare, è pura retorica, una serie di tentativi indirizzati a persuadere importanti attori sociali che fabbricare la propria conoscenza dà accesso alla forma desiderata di potere oggettivo. Tale persuasione deve tenere conto della struttura dei fatti e dei manufatti, nonché di attori che mediano il gioco del sapere attraverso il linguaggio. Qui manufatti e fatti sono componenti della potente arte retorica. La pratica è la persuasione, e la messa a fuoco è proprio sulla pratica. Tutta la conoscenza è un nodo condensato in un campo di

forze antagoniste. [...] Nella scienza, la forma è la retorica artefatta e sociale che plasma il mondo per produrre oggetti efficaci. Questa è una pratica delle persuasioni che cambiano il mondo, le quali prendono la forma di meravigliosi oggetti nuovi come i microbi, i quark, i geni” (Haraway, 1991, p.105-6).

Sono rappresentazioni, immagini, icone, mappe, teorie della materia che hanno orientato e definito di volta in volta quale debba essere il rapporto stesso tra materia e conoscenza. Norwood Hanson, ad esempio, ha indagato ciò che è anteriore alla scoperta non investigando “i modi in cui uno scienziato si serve delle teorie accettate per spiegare i fenomeni familiari che ricadono sotto di esse” (Hanson, 1958, pp.184-185), ma proponendosi invece di “esplorare la geografia di qualche passaggio debolmente illuminato lungo cui i fisici sono passati da dati anomali, sorprendenti, a una teoria che potesse spiegare quei dati” (ibidem).

L'approccio critico alla scienza ha portato l'attenzione su quanto le teorie siano causa di grandi controversie nella comunità scientifica ed in cui il consenso gioca un ruolo non secondario.

Harry Collins in due ricerche all'interno della comunità dei fisici ha rilevato quanto l'evidenza sperimentale sia dipendente dal consenso intersoggettivo sulle teorie. Anche nella pratica scientifica ritenuta più solida (la fisica) “il mondo naturale non vincola in alcun modo ciò che crediamo esserci” (Collins, 1981a, p.54), svolgendo addirittura “un ruolo minimo o inesistente nella costruzione della conoscenza scientifica” (Collins, 1981b, p.3).

Tali rappresentazioni sono necessarie e vincolano il pensiero umano come traiettorie dei processi sociali della conoscenza.

Le rappresentazioni possono essere viste altrimenti come una necessità del singolo individuo di costruire modelli elementari per rapportarsi alla realtà esterna. Rudolf Arnheim spiega così la ricerca di modelli semplici rintracciandone la causa in un principio di tensione minima psicologica:

“I modelli percettivi della scienza non sono che approssimazioni semplificate alle situazioni concrete del mondo fisico. E’ questa la natura della relazione tra le concezioni della mente ed i loro referenti nella natura. L’antica immagine del sistema sferico concentrico, tuttora presente nella cosmologia di Dante (il quale mette in relazione le sfere dei pianeti con le sette arti liberali), e persino in quella di Copernico, riappare nel nostro stesso secolo nel modello atomico di Rutherford e di Bohr” (Arnheim, 1969, p.331).

D’altronde, sempre secondo Arnheim, teorie e percezione si sono intrecciate in un rapporto dinamico ed evolutivo con la conoscenza:

“Il trapasso dalla teoria corpuscolare a quella di campo in fisica non è forse un esempio della medesima evoluzione percettiva? Secondo la concezione corpuscolare, oggetti ben definiti ed autosufficienti sono visti <<come figura>> in uno spazio vuoto o altrimenti qualitativamente diverso, che serve <<di sfondo>>. L’immagine tradizionale del sistema planetario è appunto di questa natura, e così il modello atomico di Rutherford e di Bohr.” (Arnheim, op.cit., p.335-6).

Rimane il fatto che queste rappresentazioni circolano e si riproducono, cambiano e si dissolvono in processi che coinvolgono non una semplice mente, ma viaggiano sotto varie forme ed interpretazioni da una mente all’altra.

L’ingresso prima della teoria del campo ed in seguito della meccanica quantistica ha allontanato le pretese -di molti- di riduzione ad un semplice modello di conoscenza, mentre l’aumentare vertiginoso della comunicazione all’interno della comunità scientifica ha non solo accelerato i processi di revisione e verifica, ma anche moltiplicato i campi d’indagine, gli approcci, le teorie.

Nella loro evoluzione storica e culturale le pratiche collettive sono state determinanti nel rilevare processi e combinare elementi che hanno portato all’assetto del *frame* composto dalla relazione tra materia e conoscenza nel mondo contemporaneo. Tali pratiche hanno stabilito le de-finizioni, i confini su dove finisca la materia ed inizi la conoscenza, su



cosa rappresentare e come.

Nell'affrontare l'argomento materia non si può prescindere dalla fondazione dell'ontologia atomistica, la quale seppur lontana dalla odierna concezione scientifica della teoria della struttura della materia ne fonda il concetto.

I Greci erano alla ricerca dell'*arché*, termine con cui intendevano il principio originario di tutte le cose. Il filosofo Anassimandro (610 ca.-546 ca. a.C.) concepiva la materia come qualcosa di indeterminato ed indifferenziato (*l'àpeiron*) che conteneva tutti i principi di differenziazione e da cui la materia formata aveva origine e dove infine sarebbe tornata. Aristotele (384-322 a.C.) escludeva l'esistenza del vuoto, e, di conseguenza, la materia andava definita come qualcosa di continuo, suscettibile di indivisibilità all'infinito.

Gli atomisti, invece, ricercavano un fondamento ontologico che contemplasse il molteplice, il pluralismo ed il divenire, ma soprattutto l'istituzione di un rapporto con la realtà sensibile. L'idea dalla quale muovevano era di fissare un limite alla proliferazione dell'infinito, individuando un equilibrio tra vuoto e corpi. Tali corpi venivano chiamati atomi, i non-divisibili, e tale concetto si presentò come una pluralità di principi originari e alla base della costituzione dell'universo:

*“Leucippo di Elea (...) conveniva sul fatto che tutte le cose sono infinite [di numero] e si mutano reciprocamente e che il tutto è vuoto ed è pieno di corpi. Dall'incontrarsi dei corpi nel vuoto e dal loro intrecciarsi reciproco si generano i mondi e dal loro movimento cumulativo si genera la natura degli astri”* (Andolfo, 67 A 1).

Sempre secondo gli atomisti, gli atomi erano visibili non ai sensi, in quanto ciò che era percepibile veniva considerato divisibile, ma all'intelletto quale visibile geometrico, ed in quanto tale comunque analogo al visibile e capace anzi di generare il concreto sensibile.

La mancanza di qualità degli atomi veniva intesa nel loro essere

pura forma; al tempo stesso erano indistruttibili in quanto inalterabili, ma perennemente in movimento e capace quindi di mantenere il processo di *physis*, il concetto greco di natura come eterno mutamento.

L'atomo come invenzione filosofica risolveva inoltre il paradosso sul movimento di Zenone, per il quale il movimento, nella sua possibile scomposizione in infinità non esisteva. Secondo gli atomisti, il movimento era peculiare degli atomi, generava il movimento dei corpi composti dal casuale, quanto necessario movimento nell'integrazione e disintegrazione dei diversi atomi.

La concezione atomica della realtà risolveva quindi un gran numero di questioni e temi cari alla filosofia greca. Tale teoria spiegava con la presenza di atomi ed il loro casuale movimento l'origine del movimento percepito dai sensi. Gli atomi erano infiniti ed era proprio insita nell'infinità e pluralità quantitativa degli atomi l'idea di Essere per Leucippo e Democrito:

“Leucippo e Democrito hanno spiegato tutte le cose con metodo e con un'unica teoria, ponendo un principio che è realmente conforme a natura. Infatti, ad alcuni degli antichi è sembrato che l'Essere sia necessariamente uno e immobile, che il vuoto non sia e che non sia possibile il movimento non esistendo il vuoto come qualcosa di separato, e che ancora, non esistano i molti, non esistendo ciò che li separi, ... Leucippo stimava di poter portare argomenti che, accordandosi con la sensazione, non privavano gli esseri né della generazione né della corruzione né del movimento né della molteplicità. Accordando le sue dottrine con i fenomeni, a chi prospetta l'Uno come privo di movimento data l'inesistenza del vuoto egli replica che il vuoto è il Non-Essere e che dell'Essere nulla è Non-Essere: infatti, il vero Essere è l'Essere totalmente pieno. Tuttavia, esso non è uno, ma una pluralità infinita e invisibile per la piccolezza delle masse” (Andolfo, 67 A 7).

La filosofia degli atomisti costituirà la base su cui si fonderà il determinismo e lo studio della causalità in base o meno alla predicibilità dei fenomeni e alla ricerca di cause nascoste (cfr. Russo, 1996,

p.342-345).

Lucrezio ha il merito scientifico di ri-presentare il pensiero atomistico greco, in particolare quello epicureo, al mondo romano rinnovando l'impercettibilità ai sensi degli atomi "giacchè di quell'atomo che non si può percepire dai nostri sensi, bisogna pure ch'esista un estremo punto, quel punto di certo non è composto di parti, risulta minimo" (Lucrezio, Libro I, vv. 597-600).

Nel *De rerum natura* Lucrezio riprende il pensiero di Epicuro con il fine di liberare gli uomini dal terrore degli dei:

"E veramente bisogna che non i raggi del sole, che non le lucide frecce del giorno spazzino via questo terrore dell'animo con le sue tenebre, ma la razional conoscenza della natura. E l'esordio sarà per noi questo assioma: non nasce nulla dal nulla, mai, per volere divino" (Lucrezio, pp.56-57 vv.145-150).

Gli atomi non sarebbero soggetti alla volontà degli dei liberando gli uomini dalla soggezione delle divinità. In particolare, i filosofi atomisti, e con loro Lucrezio, intendevano interpretare il mutamento delle cose come un processo di aggregazione e disintegrazione di atomi:

"Sarebbe, infine, al forza stessa la cuasa che estingue comunemente le cose, se la materia immortale non resistesse, qui meno, lì più legata ne' suoi nessi, in se stessa; e il contatto sarebbe causa di morte: ché, non constando le cose d'atomi non perituri, spezzar dovrebbe ogni minima forza la loro compagine. Ma perché, invece, è dissimile la coesione degli atomi e la materia immortale, restano intatte le cose nella struttura, fin che una forza non le urti bastantemente gagliarda, adeguata alla testura d'ognuna. Non dunque tornano al nulla le cose, ma, disgregandosi, tutte ritornano ad atomi della materia" (Lucrezio, vv. 238-249, Libro Primo p.61).

L'estremo sensismo della filosofia di Epicuro e, quindi, del *De rerum natura* di Lucrezio non si adattavano però ad un'idea di spiegazione scientifica come sviluppo della sperimentazione empirica, nonostante l'ipotesi di spiegare i fenomeni celesti a partire da quelli terrestri e l'idea di infinità dell'universo e della materia, ripresa da

Giordano Bruno nel *De infinito*<sup>10</sup>, ma soprattutto da Nicola da Cusa.

Lo storico della scienza Alexander Koyré nel svolgere l'itinerario concettuale che dal mondo chiuso ci ha portato a concepire l'universo come infinito (Koyré, 1957) ha considerato quanto il Cusano possa essere considerato, o meno, un precursore della rivoluzione scientifica avvenuta poi nel XVII secolo. In realtà, Nicola da Cusa non asserisce che l'universo sia infinito (*infinitum*), ma interminato (*interminatum*), vale a dire senza confini e quindi senza termini, mancando completamente di precisione e quindi della possibilità di determinarlo<sup>11</sup>. La nostra conoscenza sarebbe non capace di costruire una rappresentazione completa, univoca ed oggettiva dell'universo, ma indeterminata, ciò che il Cusano chiamava la *docta ignorantia*. Per Cusano Dio era *sphera cuius centrum ubique, circumferentia nullibi* -sfera il cui centro è ovunque, e la circonferenza in nessun luogo.

Parte del pensiero cartesiano consisteva nell'asserire che materia ed estensione coincidevano e quindi nel negare la possibilità del vuoto -l'*horror vacui*- procedeva opponendo infinito ed indefinito. Secondo Koyré con Cartesio “scompare, senza lasciare traccia, l'antica opposizione tra il mondo terrestre, regno del mutamento e della corruzione, e l'immutabile mondo celeste” (Koyré, 1957, p.82) che la rivoluzione copernicana non aveva toccato, lasciando immutato il sistema celeste oltre il mondo mobile del sistema solare.

Henry More seppur segue il pensiero cartesiano si pone criticamente rispetto all'identificazione di Cartesio della materia con estensione e quindi dell'impossibilità del vuoto. Non solo. Riprende

---

<sup>10</sup> “inseguendo un disegno di alleanza tra teologi e filosofi - I non meno dotti che religiosi teologi, giammai han pregiudicato alla libertà dei filosofi; e gli veri, civili e bene accostumati filosofi sempre hanno favorito le religioni, perché gli uni e gli altri sanno che la fede si richiede per l'istituzione di rozzi popoli che denno essere governati, e la dimostrazione. [razionale] per gli contemplativi che sanno governare sé ed altri”.

<sup>11</sup> N. Cusano, *De docta ignorantia*, II, XI: *Il mondo non ha circonferenza [...] benchè il mondo non sia infinito, non può tuttavia essere concepito come finito, poiché manca di confini fra i quali venir chiuso.*

l'idea della costituzione della materia di corpi indivisibili come manifestazione dell'onnipotenza di Dio e di un termine indivisibile alla divisione della realtà come una scelta divina (cfr. Koyré, 1957, p.89).

Durante il medioevo si affermò l'idea di scienza come *venatio* (Eamon, 1994), come caccia ai segreti della natura, come penetrazione di territori sconosciuti; l'opera di Lucrezio viene quindi riscoperta e poi riproposta durante l'umanesimo e contribuirà ancora al dibattito sulla natura del mondo.

Un codice scoperto nell'abbazia di Murbach viene copiato da un amanuense tedesco nel 1417, su commissione di Poggio Bracciolini. Successivamente, il pensiero di Lucrezio viene quindi ripreso ed interpretato da Pierre Gassendi (1592-1665), il quale pone l'atomismo a fondamento di un sistema finalistico come combinazione tra il pensiero di Epicuro e la religione cristiana.

Gassendi interpreterà gli atomi come rappresentazione di Dio.

In opposizione alla teoria degli elementi di Aristotele, i neo atomisti credevano in elementi diversi e proprietà distinte del mondo microscopico; un mondo accessibile solo a chi praticava certe attività e si dedicava all'osservazione di ciò che sfuggiva al quotidiano, come alla semplice contemplazione del metafisico. Secondo Gassendi, gli atomi non sarebbero né soggetti a movimento casuale, né tanto meno eterni, ma generati da Dio.

Il dibattito sulla materia si ampliò prima con la ricerca dei *minima* (Emerton, 1984, p.106 e sgg.), ed in seguito con scienziati come Robert Boyle (1627-1691), il quale sosteneva presso la Royal Society di Londra le posizioni di Gassendi, in particolare nella controversia sul vuoto con Thomas Hobbes (cfr. Shapin e Schaeffer, 1985). L'esistenza, anzi la credenza nell'esistenza, degli atomi fu determinante nella stabilizzazione delle pratiche di laboratorio e la conseguente autolegittimazione degli

scienziati, come della scomparsa dall'orizzonte dell'immaginario scientifico della figura del tecnico (Shapin, 1998) e del lavoro “sporco” del laboratorio. Secondo Ian Hacking è dal XVII secolo che una pratica sociale (la scienza) è stata in grado di “connettere fra loro rappresentazione ed intervento” (Hacking, 1983, p.173).

### *1.3 Classificare materia, classificare conoscenza*

Secondo i primi studi sociali sulle categorie di Durkheim e Mauss ordinare e classificare il mondo è una pratica piuttosto antica e riguarderebbe una trasposizione dell'ordine dei fatti umani e sociali in quello del cosmo circostante; a ciò avrebbe fatto seguito la costruzione in base a categorie sociali delle categorie naturali (Durkheim e Mauss, 1903). Secondo Warren Schmaus alla base degli studi sui popoli cosiddetti primitivi, concentrati nel saggio scritto a quattro mani con il nipote Marcel Mauss e lo studio sul totemismo in Australia (Durkheim, 1912) c'era l'intenzione non di attuare una rottura con la produzione precedente, quanto invece di dare corso ad una nicchia<sup>12</sup> di studi sulla sociologia del significato (cfr. Schmaus, 1994, pp.247-249).

Da tali premesse Geoffrey Bowker e Susan Leigh Star hanno sviluppato un'approccio sociologico e di costruzione normativa dei sistemi di classificazioni (Bowker e Star, 1999), mentre Karen Knorr Cetina fa anch'ella un riferimento esplicito alle classificazioni primitive (cfr. Knorr-Cetina, 1999, p.111) nel sostenere l'ipotesi durkheimiana di conoscenza come corrispondenza e fusione tra naturale e sociale.

Seguendo tale strada i *detectors*, le grandi macchine utilizzate nei progetti di ricerca della fisica delle particelle, andrebbero concepiti come

---

<sup>12</sup> Intendendo con nicchia un concetto strutturale applicabile a diversi campi d'indagine (Smith e Varsi, 1999).

esseri sociali e gli scienziati come simbiotici (Knorr-Cetina, 1999).

Due tipi di classificazioni sono allora possibili secondo Knorr Cetina nello studio delle pratiche epistemiche (ibidem, p.128):

1) i fisici sono classificati ed identificati in base agli oggetti, macchine, particelle e parti di codice su cui lavorano;

2) gli umani ed i non umani vengono arruolati, seguendo l'impostazione di Latour (Latour, 1987).

Secondo la recente antropologia cognitiva i concetti di classificazione della natura non sarebbero solo frutto di una trasposizione del sociale nel naturale, ma andrebbero collegati alle azioni sociali relative ad essa (Atran, 2005), a prescindere da fondamenti empirici riconosciuti come scientifici; estendendo il concetto potremmo arrivare a parlare di una *folk-physics* caratterizzata non tanto dalla capacità del singolo individuo di conoscere la materia, ma dall'integrazione di quest'ultima in un contesto sociale già attivo.

La natura non solo viene classificata, ma imbrigliata in scomparti che ne definiscono l'utilizzo e la rappresentazione, l'inutilità e la conseguente non rappresentazione: tutta la memoria collettiva va quindi concepita come sistema di classificazione (Bowker, 2006). Le pratiche collettive della conoscenza definiscono non solo ciò che va conservato, ma anche cosa vada dimenticato. Già Adorno ed Horkheimer avevano posto il problema della classificazione e della conoscenza in termini dialettici come processo di ordinamento continuo del mondo secondo il quale "la classificazione è una condizione della conoscenza, ma non la conoscenza stessa, e la conoscenza torna a dissolvere la classificazione" (Adorno e Horkheimer, 1947).

Le scoperte relative ad elementi diversi con caratteristiche diverse portarono al bisogno di classificare della materia e a radicalizzare tale pratica nella costituzione da parte di Mendeleev (1834-1907) di una

tavola degli elementi. Tale sistema di classificazione fu costituito sulla base di un principio di grandezza del peso atomico e di dipendenza delle proprietà degli elementi nei confronti della loro massa.

Tra il 1868 ed il 1870, nel corso della stesura del suo libro “I principi della chimica”, Mendeleev escogitò una tavola che comprendeva tutti gli elementi sino ad allora conosciuti secondo principi chiaramente evidenti nella compilazione delle tabelle stesse: le righe orizzontali assumevano senso solo lasciando degli spazi vuoti e gli elementi simili per proprietà chimiche apparivano ad intervalli regolari, da qui il nome di tavola periodica, in colonne verticali. L’ordine proposto da Mendeleev, nella rappresentazione della materia suggerito dalla tavola, lasciava intendere che altri elementi dovevano ancora essere scoperti.

La scoperta di nuovi elementi –che costituiva all’epoca per la nazione che aveva dato i natali allo scienziato fonte di orgoglio patriottico-, tra cui il germanio nel 1886, e la loro integrazione nel sistema di classificazione costruito seguendo le ipotesi di Mendeleev non fecero altro che solidificare tale rappresentazione e renderlo qualcosa di istituito e condiviso all’interno della comunità scientifica. Come una cassetta degli attrezzi la tavola era a disposizione per chi volesse inserire nuovi elementi nelle caselle lasciate vuote.

Il tipo di rappresentazione basata sulla funzione del peso atomico si presentava come sistema di classificazione ed il concetto di atomo come standard a cui fare riferimento all’interno dello studio della chimica prima e in un secondo tempo anche della fisica.

Secondo Gaston Bachelard le tavole di Mendeleev costituiscono una delle pagine più filosofiche della storia della scienza, ovvero l’abbandono di tavole lineari e l’incrocio dei concetti di valenza e di peso atomico secondo un ordine classificatore monovalente (Bachelard, 1932).

Ciò che attirò l’attenzione di Bachelard non fu tanto la tavola, ma



la sua evoluzione vista come produzione parallela ed iscrizione delle scoperte relative alla materia nella costruzione di una sistematica degli elementi, *un materialism rationnel*, fino ad arrivare a parlare di ottave chimiche, ispirandosi al linguaggio della musica (Bachelard, 1940).

Bachelard vedeva nella tavola periodica degli elementi una vera e propria armonia filosofica (Bachelard, 1932) che coniugava conoscenza della materia con la conoscenza in quanto tale. E' possibile pertanto concepire la tavola non solo come un generatore di sapere legato al metodo sperimentale, ma come uno strumento tassonomico del mondo: “Le relazioni di affinità tra gli elementi sono un oggetto naturale e tecnico di conoscenza che colloca, semioticamente e strumentalmente, ogni cosa terrestre al suo posto” (Haraway, 1997, p.93).

La tavola periodica era inoltre un veicolo molto adatto alla divulgazione scientifica in quanto ci si spostava da un elemento all'altro semplicemente sottraendo o sommando elettroni e peso atomico.

La tavola degli elementi non è stata utilizzata solo all'interno della pratica scientifica ma è diventata uno strumento che rappresenta un ordine ritenuto oramai intuitivo anche nella divulgazione e nell'insegnamento non specialistico. Dai manuali il passaggio al web è stato breve. L'Università di Sheffield, ad esempio, ha sviluppato ultimamente un progetto interattivo di divulgazione scientifica dove è possibile tanto interagire con le informazioni della tavola degli elementi quanto avere diversi tipi di informazioni su ogni elemento<sup>13</sup>.

Lo studio degli atomi ha anche stimolato delle riflessioni in campo filosofico e cognitivo secondo cui se gli atomi sono oggetti non visibili e si manifestano per i loro effetti possono anche essere considerati non come materia, ma come modelli, entità fittizie. Considerare gli atomi entità astratte è ciò che, ad esempio, ha fatto il neo-kantiano Hans

---

<sup>13</sup> <http://www.webelements.com/index.html>

Vaihinger con la filosofia dell'*Als ob* (Vaihinger, 1911) e successivamente Peter Achinstein (Achinstein, 1968) e Ronald Giere (Giere, 1988) nel riferirsi ai modelli atomici come a modelli teoretici che permettessero di affrontare non tanto il problema della materia, quanto più direttamente quello della conoscenza.

Dal considerare gli atomi e le particelle come modelli matematici ed euristici al renderli interoperativi nel combinare le diverse teorie fisiche ed avere degli effetti evidenti -un esempio per tutti è Hiroshima- il passo è stato breve e ciò è visibile anche nel tipo di ri-organizzazione della scienza del secondo dopoguerra che è stato necessario adottare e costituire come struttura sociale per indagare la materia, dopo averne scoperto le proprietà che hanno portato alla liberazione di energia direttamente dall'atomo.

Paradossalmente tale ri-organizzazione della conoscenza della materia negli Stati Uniti alla fine del secondo conflitto mondiale, come Michael Aaron Dennis ci ricorda, non si è basata direttamente sul report di Henry Smith dal titolo *Atomic Energy for Military Purposes*, che includeva delle sobrie riflessioni sul ruolo della ricerca scientifica in tempo di guerra ed i suoi risvolti politici, ma sul report presentato al presidente Truman intitolato *Science: The Endless Frontier* (cfr. Dennis, 2004, p.225). La scienza atomica è stata subito integrata nell'insieme delle pratiche scientifiche che hanno costituito la *big science*, la scienza come sistema.

La comunità dei fisici delle alte energie ha contribuito recentemente all'evoluzione di alcune pratiche relative alla gestione dell'informazione e all'insieme degli studi noti come epistemologia sociale, quale studio della conoscenza nella società, il suo “flusso di produzione, integrazione e consumo di tutte le forme di pensiero comunicato trasversalmente nell'intera fabbrica sociale” (Shera, 1970, p. 86). Le reti

informatiche e l'archiviazione stessa di dati sono embricature di digitale e sociale (cfr. Sassen, 2007, p.228) nel loro costituirsi reciproco.

La formalizzazione della fisica con successivi modelli atomici capaci di spiegare i diversi fenomeni rilevati nei laboratori sempre più attrezzati e macchine sempre più grandi ha non solo composto la fisica nella sua attuale forma disciplinare, ma ha anche influito sull'organizzazione materiale stessa della comunità scientifica dei fisici.

L'introduzione nei laboratori di macchine sempre più complesse e la necessità di indagare più aspetti della materia ha costretto la fisica a dividersi in teorica e sperimentale. La fine del XIX secolo ha visto le pratiche cognitive relative alla materia attratte da due poli, distinti nel lavoro con carta e matita e nello "sporcarsi le mani" (Darrigol, 1999), dando luogo ad una disunità all'interno della fisica, all'interno poi di altri *frames* accorpati nel termine *big science* (Galison, 1998).

Il modello atomico di Democrito-Newton-Dalton, che non prevedeva proprietà secondarie, è stato abbandonato con le osservazioni del XX secolo relative ad una microfisica dominata dal concetto di interazione e la contemplazione di "un sistema complesso di enti più fondamentali" (Hanson, 1958, p.146).

Con l'inizio del Novecento e la formulazione della teoria del corpo nero di Max Planck e della relatività di Albert Einstein, la fisica ha visto coinvolti sempre più scienziati e centri di ricerca, interessando prima magnati come Solvay, il promotore delle prime conferenze internazionali di Fisica, poi i governi, infine la società nel suo complesso produttivo di pratiche e culture.

La fisica è stata al tempo stesso il "luogo comune" dell'unità della scienza, della ricerca di una teoria unificata ed unificante, non solo di ipotesi e leggi, ma anche di uomini, risorse e mezzi. L'eredità della scienza di Newton e dell'atomismo di Laplace, del contributo edificante

della teoria meccanica di Maxwell sull'elettromagnetismo non solo hanno contribuito all'unificazione teorica tra elettricità e magnetismo, ma anche tra elettromagnetismo stesso e dell'ottica, mettendo a lavorare gomito a gomito scienziati di formazione diversa e con obiettivi di ricerca non sempre concordi.

Da Newton in poi, l'idea di universalità ha pervaso non solo le teorie, ma anche il corpo sociale della fisica portando ad intervenire nella strutturazione di teorie e la replica di esperimenti scienziati di nazioni e discipline diverse. L'astronomia e la fisica hanno composto un campo comune nell'astrofisica, nello studio dei fenomeni termici riconducibili alla teoria statistica dei pianeti come delle molecole.

L'impatto teoretico ed empirico del paradigma relativistico e quantistico ha ricombinato l'ordine delle discipline e della ricerca: la relatività ha inglobato il tempo, lo spazio e l'interazione gravitazionale, mentre la meccanica quantistica la materia ed il resto delle forze.

Il successo empirico e teorico delle teorie unificate sull'elettromagnetismo è stato seguito dalle *GUT (Grand Unified Theories)* che hanno incluso le interazioni nucleari più forti nel tentativo necessario per alcune correnti della fisica di arrivare a delle teorie riduzioniste in fisica. Altri concetti e tecniche algebriche come il gruppo di rinormalizzazione si sono aggiunte al paradigma matematico.

La relatività speciale, la meccanica quantistica e la teoria dei campi furono quindi rese compatibili sfociando in quella strana vicenda che è la teoria delle stringhe. La comunità scientifica era da tempo alla ricerca di una teoria M, capace di mettere in comune tutto il sapere sulla materia, una teoria del tutto che comprendeva la teoria dei campi quantistici empiricamente rilevabile (Cao e Schweber, 1993). Dal momento che la descrizione fisica che forniva, apparentemente, con poche entità fondamentali ed un trattamento unitario delle sue interazioni, *lo Standard*

*Model* veniva visto come una rappresentazione economica ed unificante nella scienza naturale (cfr. Schweber, 1993, p.35).

Il riduzionismo aveva trovato i più strenui difensori in fisici come Steven Weinberg, ma come ipotesi era oggetto di attacchi e di confutazioni operate con un approccio costruttivista secondo cui “la capacità di ridurre ogni cosa a semplici e fondamentali leggi non implica la capacità di partire da queste leggi per ricostruire l’universo” (Anderson, 1972, p.393). Si tratta di definire concetti come quelli di fundamentalità ed unità. Può esserci unità senza fundamentalità? La rappresentazione che l’unità dovrebbe assumere per essere identificata come tale nella negoziazione sociale all’interno della comunità dei fisici ha portato al pluralismo nella fisica, ad un paradigma di paradigmi, una rete di approcci che riflette la disposizione degli scienziati ad accettare o meno le teorie avversarie; parliamo di una geografia degli accordi e disaccordi della comunità epistemica che si occupa della conoscenza della materia. Concetti come quello di rinormalizzazione e di simmetrie *gauge* tanto in voga presso alcuni gruppi di fisici, sono condivisi nella parzialità e località semantica di ciò che si intende con questi termini.

Principi come quello di simmetria, che definiscono un terreno comune di ricerca per i fisici, quanto l’unità della fisica dei nostri giorni, vengono applicati alle leggi sulle interazioni a livello subatomico come a fenomeni più vicini a noi, ma di fatto rimarrebbero concetti vaghi su cui non è possibile fondare alcunché di compiuto.

Il dibattito all’interno della comunità dei fisici si è sviluppato fino a sfociare in questioni metafisiche quali il grado di associabilità delle idee alla legittimità dei campi di studio nel dibattito su quali debbano essere i caratteri fondamentali della fisica (Cat, 1998). Da un lato l’unità si presenta come un principio regolativo della scienza da cui sembra che non si possa prescindere, dall’altra la fisica, quale scienza empirica si

muove con rompicapi non lineari, strutturali, geometrici che non possono facilmente essere semplicemente accostati a principi di riduzione (Scott, 2003; Nelson, 2002). Il dibattito sull'unità riguarda anche le controversie sulla separabilità o meno dei fenomeni (Healey, 1991), l'ingresso dell'ontologia nel problema della conoscenza posto dalla meccanica dei quanti (Kuhlmann, Lyre e Wayne, 2002) ed il ruolo dell'umano nel processo di conoscenza della materia (Barad, 2007), in particolare l'argomento sulle correlazioni quantistiche ed i fenomeni di *entanglement* (Humphreys, 1997).

Esempi dal mondo della fisica del novecento, come l'articolo firmato EPR (Einstein, Podolski e Rosen, 1935), o la vicenda delle *inequalities* di Bell (McMullin e Cushing, 1989) hanno fatto luce sulla necessità di operare contemporaneamente con diverse interpretazioni. Il passaggio ad una fisica della materia ed alla termodinamica è stato breve, investendole di problemi e dibattiti sulla necessità olistica delle teorie (Howard, 2003).

*L'impasse* che sta vivendo la fisica è ben rappresentato dal vicolo cieco della teoria delle stringhe. Teoria nata negli anni ottanta nel tentativo di rabberciare la teoria della relatività con la meccanica quantistica si è poi impantanata in multiversi, universi a più dimensioni fino a considerazioni sull'esistenza di questo universo dovute al semplice fattore antropico, ovvero la nostra presenza, e la conseguente allusione all'incapacità della teoria delle stringhe di fornire spiegazioni empiriche sull'universo.

#### 1.4 *La smaterializzazione della conoscenza: Science wars e archivi digitali*

La ricerca di fondi e di legittimazione pubblica della scienza negli anni del dopo *big science*, l'istituzionalizzazione di nuovi campi ibridi

della ricerca e lo sviluppo di un filone sociologico d'interpretazione della conoscenza, inclusa quella scientifica e delle scienze dure, si sono combinati dando luogo ad una serie di episodi noti col nome *di science wars*.

Nel 1994 il biologo Paul Gross ed il matematico Norman Leavitt pubblicano il libro *Higher Superstition* in difesa della scienza dalle sempre più frequenti esplorazioni sociologiche nell'oggettività epistemica (Gross e Leavitt, 1994).

Nel 1996 la rivista *Social Text* pubblica un articolo dal titolo "*Transgressing the Boundaries: Towards a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity*" a firma del fisico Alan Sokal (Sokal, 1996a). L'articolo si rivela in seguito essere una beffa orchestrata dal fisico per dimostrare il declino degli *standard* e qualità delle pubblicazioni scientifiche degli studi culturali della scienza (Sokal, 1996b).

Questi come altri episodi hanno dato luogo alle *science wars*<sup>14</sup> e ad una sua interessante concettualizzazione riflessiva della sistematizzazione intestina della scienza come "*boundary work*" (Gieryn, 1999), il lavoro di demarcazione operato dalla negoziazione interna tra le diverse discipline.

I tentativi di conciliazione sono stati diversi con diversi correnti e linee di opinione nella polarizzazione tra la scienza e la scienza che osserva la scienza.

Nel 1997 su *Newsweek* compare un articolo sulle *Science Wars* (Begley, 1997), ed al tempo stesso un editoriale su *Nature* (Macilwain, 1997) che sostiene la necessità per la scienza di aprirsi al pubblico e mettersi in discussione grazie ai contributi degli *science studies*: "dove la percezione pubblica della scienza è indebolita da un sapere sciatto e dal travisamento, lasciamo che la battaglia prosegua. Ma gli scienziati i quali riflettono sul significato

---

<sup>14</sup> Sul tema delle *science wars* cfr.: Bucchi, 2002; Gieryn, 1999, p.337-340

più esteso del loro lavoro si aspettano dei benefici dall'attenzione acuta dell'intuito che gli *science studies* possono offrire" (Macilwain, 1997, p.303, corsivo mio).

Se la scienza non è uniforme, né unita, il tentativo più concreto d'analizzarla consiste per Thomas Gieryn nel creare una mappa basandosi sulle "cartografie culturali che riguardano la scienza" (Gieryn, 1999, p.340).

La scienza non opera solo con scienziati, apparati e teorie. Necessita anche di infrastrutture. Istituzioni, congressi, laboratori sono solo una parte della pratica collettiva della scienza che può funzionare grazie all'interazione delle reti di conoscenza.

Per comunicazione e negoziazione sociale tra scienziati non si intende il semplice giungere nell'immediato a delle conclusioni su cui calare il proprio consenso come un asso in una mano di poker, ma comprende l'istituire e mantenere un indotto attraverso il quale far passare delle costruzioni di carattere razionale sottoponibili al vaglio empirico. Ad esempio, le radici dell'interpretazione di Copenhagen non vanno semplicemente viste nella negoziazione sociale di determinate rappresentazioni sulla microfisica, quanto piuttosto nel confronto continuo che ha portato all'adozione condivisa dalla comunità dei fisici di un'equivalenza ontologica tra la meccanica matriciale e la meccanica ondulatoria (cfr. Perkorvic, 2008, p.226).

Il lavoro di laboratorio e di carta e matita è emerso con lo scambio di informazioni e di consolidamento di canali di comunicazione con altri addetti della conoscenza. Nel caso del Progetto Manhattan il ruolo di Robert Serber è stato fondamentale nella diffusione tra i fisici delle ultime scoperte coperte da segreto militare relative all'atomo e le sue possibili applicazioni per la costruzione della bomba.

Per chi arrivava a Los Alamos era disponibile il *Los Alamos Primer*. Si trattava di una pubblicazione riservata a chi doveva conoscere il motivo del proprio reclutamento nel deserto del New Mexico senza



dover ogni volta organizzare una mini conferenza di fisica atomica. Il problema di creare una massa critica di materia radioattiva era stato risolto-sia arricchendo l'uranio, sia creando il plutonio- ma rimaneva il come costruire una bomba. *The Los Alamos Primer* nacque paradossalmente come “pubblicazione segreta” da cinque lezioni presenziate da Robert Serber, uno scienziato teorico al fianco del direttore della ricerca Robert Oppenheimer, e dirette ai fisici del Progetto Manhattan. Tali lezioni ripercorrevano nella forma di equazioni le teorie ed i progetti a cui si era finora giunti, soprattutto riguardo i progressi raggiunti nel comprendere che la fissione rilasciava energia. Il problema centrale rimaneva il calcolo della massa critica necessaria e la dinamica della reazione a catena presentati con la teoria cinetica già nota ai tempi di Boltzmann. La semplicità e l'immediatezza del *primer* ben si adattavano con lo spirito del luogo: poco tempo e tanti problemi.

Su tale scia nel 1991 grazie all'intraprendenza del fisico Paul Ginsparg è stato inaugurato arxiv presso il National Laboratory di Los Alamos (LANL) nel New Mexico. Arxiv è stato il primo *server* sperimentale di *preprint*, un archivio informatico di bozze di articoli gratuiti ed immediatamente disponibili in rete. L'accessibilità totale rende gli articoli disponibili non solo alla comunità scientifica che partecipa a questo progetto, ma a chiunque navighi in rete. Dopo Arxiv altri *preprint depositories* sono stati inaugurati espandendosi il fenomeno all'esterno della comunità dei fisici delle alte energie e dando luogo a successive e diverse forme d'uso ed interpretazione. La sfida che ha colto chi si occupa di *preprint* ed interoperabilità delle reti è stata di allacciare i metadati che descrivono i documenti e renderli accessibili sia presso altri server che su internet. Tale innovazione nella ricerca di letteratura scientifica ha portato lo stesso Ginsparg a descrivere a colleghi, e non solo, il suo progetto di convergenza della produzione di conoscenza

(Ginsparg, 1994) e a domandarsi non tanto se avverrà una migrazione della scienza nella rete, ma in quanto tempo ciò si realizzerà (Ginsparg, 1996).

Arxiv non ha solo introdotto un nuovo modo di concepire la comunicazione scientifica, ma ha suscitato anche un dibattito all'interno delle scienze dell'informazione e delle pratiche legate ai progetti di biblioteca digitale (Salarelli e Tammaro, 2000) ispirando di conseguenza lo sviluppo di un'editoria alternativa -cartacea ed elettronica- anche in altre discipline scientifiche ed accademiche.

Il *preprint* non nasce nel 1991 con arXiv. Già nel 1968 John Ziman accennava alla “semi leggibilità” (Ziman, 1968, p.110) di un formato di documento chiamato negli ambienti scientifici *preprint*, semplice duplicato ancora non accettato e dato alle stampe della versione inviata per una pubblicazione, una versione “*mechanized*” della pratica tradizionale nella scienza di scrivere ai propri colleghi informandoli del proprio lavoro. E' nella pratica dello scienziato, nel suo *habitus* come mestiere (Bourdieu, 2001, p.54) di partecipare all'istituzione scienza producendo scritti e leggendo lettere di colleghi; lo scienziato diventa tale interiorizzando le regole del gioco, le *home rules*, le norme e valori che rendono la scienza solida e fatto condiviso, acquisendo “il senso del gioco” (Bourdieu, op.cit., p.69). Già dai loro albori ed utilizzando le reti di comunicazione presenti prima dell'avvento dell'informatica i collettivi accademici e scientifici hanno fatto circolare i loro dati e risultati, hanno comunicato e confrontato, hanno condiviso e raggiunto, o aggiunto, il consenso su idee, esperimenti e teorie. Si è trattato di un processo di consolidamento al tempo stesso sociale e cognitivo di un'istituzione (cfr. Douglas, 1986, p.81). L'introduzione di nuovi mezzi e possibilità messe a disposizione degli scienziati per comunicare– si pensi all'idea degli anni 40 del MEMEX di Vannevar Bush- ha permesso non solo di aumentare la

quantità di dati condivisi, ma di rendere visibili ed istituzionalizzare in breve tempo gruppi di ricerca, di internazionalizzare sempre più la scienza e di propagare rappresentazioni e sistemi di condivisione di simboli anche al resto della società. La storia delle infrastrutture informative non è comparabile con la storia della scienza fatta di grandi nomi con alle spalle *colleges* invisibili, è invece “fatta *offstage* da comunità di hackers, tecnici ed ingegneri” (Bowker e Star, 1999, p.109). Al tempo stesso la scienza ha assorbito dalla società le pratiche e le modalità di natura politica, economica, comunque eterogenee e le ha incastonate nei suoi stili di pensiero e nelle sue strutture (Till, 2001).

Per comprendere meglio cosa stia accadendo in tema di accessibilità al sapere scientifico voglio ricordare due casi limite opposti:

- 1) Grigorij Jakovlevič Perel'man, “Grisha”, un matematico russo, il quale ha pubblicato su arxiv due articoli completamente accessibili e gratuiti, che risolvono la congettura di Poincaré<sup>15</sup>, insoluto problema topologico-matematico da circa un secolo, rifiutando tanto il milione di dollari messo in palio per tale dimostrazione dal Clay Mathematics Institute, quanto ogni riconoscimento accademico;
- 2) Craig Venter, un genetista statunitense, il quale ha pubblicato su Science un articolo sul sequenziamento del genoma umano, senza però fornire alcun dato scientifico (Venter, 2001), riservandosi di rendere accessibili informazioni rilevanti sulla sua ricerca solo dietro un ritorno economico.

Diversi ambiti di ricerca riflettono diversi stili di pratica dovuti a diversi sistemi di riferimento nei quali si sono affermati e consolidati: la matematica, come la fisica e l'astronomia, non ha ricadute così immediate e difficilmente i suoi calcoli si materializzano in brevetti miliardari; dato il legame tra industria e ricerca genetica pubblicare informazioni di una scoperta inerente alle biotecnologie avrebbe solo avvantaggiato, secondo l'ottica manageriale di Venter, altre industrie.

---

<sup>15</sup> cfr. Collins, G. "The Shapes of Space" in *Scientific American*, 2004 Luglio, pp. 94-103; Schechter, B. "Taming the fourth dimension" in *New Scientist*, 17 luglio 2004, Vol 183, N. 2456

Questo potrebbe essere una descrizione assai sintetica dell'universo in cui si stanno muovendo le idee e le proposte sui *preprint*. Il libero accesso alla comunicazione scientifica non incontra il favore di scienziati che vogliono “proteggere” il loro lavoro, ma mette in crisi secondo alcuni il sistema dell'editoria scientifica basato sulla vendita di libri, articoli, riviste, manuali. Al tempo stesso i bibliotecari e addetti alla gestione delle reti per la consultazione di materiale scientifico sembrano essere propensi ad allearsi con gli scienziati interessati alla libera circolazione della letteratura in rete.

Note di laboratorio, appunti, iscrizioni, pubblicazioni, saggi, manuali: se andiamo ad elencare quanto esaminato dall'etnografia di laboratorio e dalla sociologia della scienza post-kuhniana è possibile individuare diversi stili e modi di comunicazione all'interno della scienza; tra queste la comunicazione epistolare, pratica tra le più antiche e consolidate- e per questo forse più considerata da epistemologi e storici della scienza- costituisce la più diretta antenata del preprint e del suo stile di comunicazione epistemica. Si pensi alla circolazione dei primi pensieri scientifici, come ad esempio la corrispondenza tra Newton e Flamsteed, Primo Astronomo reale, a proposito delle ipotesi e delle osservazioni sul moto lunare<sup>16</sup>.

Grande è ancora la confusione tra vari termini presenti in rete -*preprint, postprint, eprint*- e diverse fonti utilizzano diversi termini<sup>17</sup>. In questo contributo utilizziamo solo il termine preprint- una bozza di articolo pubblica in rete- come modello di interazione:

1. rapida
2. diretta
3. relativamente poco costosa;

---

<sup>16</sup> cfr. Lakatos, 1978, pp.272-3

<sup>17</sup> cfr. Harnad, S. Eprints: Electronic Preprints and Postprints <http://users.ecs.soton.ac.uk/harnad/Temp/eprints.htm>;

Open Access Glossary <http://www.eprints.org/glossary/>.

in cui i ricercatori partecipano come:

1. produttori
2. distributori
3. utenti<sup>18</sup>;

L'etnografia di laboratorio è stata capace di esplicitare l'attività scientifica come pratica umana, condita di influenze soggettive, comportamenti non sempre razionali e quant'altro nascosto all'interno delle cosiddette scatole nere, ma varrebbe la pena di includere la comprensione delle dinamiche tra più laboratori, studiare come comunicano e come vorrebbero comunicare, fornendo esempi e studi comparativi con il fine di creare modelli per una etnologia della conoscenza scientifica. Tra etnografia ed etnologia vi è una gran differenza, distinzione colta da Lévi-Strauss nel distinguere le due branche dell'antropologia: quella sociale più attenta a descrivere sistemi di rappresentazioni e quella culturale dedita "allo studio delle tecniche, ed eventualmente anche delle istituzioni considerate come tecniche al servizio della vita sociale" (Lévi-Strauss, 1964, p.14). La ricerca scientifica si avvale certamente del lavoro di laboratorio per costruire il fatto scientifico (Latour e Woolgar, 1979), ma non si fonda solo su di esso, può avanzare solo grazie all'interconnessione tra diversi altri elementi di altri laboratori che allo stesso tempo si avvalgono del lavoro del nostro laboratorio; è l'intreccio su cui poggiano che costituisce la solidità e la riferibilità della ricerca, comprese in una logica di campo come l'autonomia della scienza (Bourdieu, 2001).

A complicare le cose non può essere trascurato il lavoro svolto da tutti i laboratori che in passato hanno dato solidità e credibilità a teorie ed ipotesi su cui si fonda il lavoro del nostro laboratorio. Sincronicamente e diacronicamente i laboratori collaborano. La scienza si fonda su un

---

<sup>18</sup> Luzi, 1998, p. 30.

inestricabile groviglio di informazioni necessarie al fine di intrecciare dati ordinatamente come un artigiano un canestro di fibre vegetali. Un lavoro invisibile fatto prima di noi da giganti sulle cui spalle noi sediamo. E' dove il metodo etnologico e storico si incontrano<sup>19</sup>.

Nella comunicazione tra diversi centri e laboratori si manifesta l'identità della comunità stessa: i fisici, come i matematici, attenti a costruire teorie ed esperimenti che descrivano il più esaurientemente possibile il nostro mondo e bramosi di sintesi, gradiranno confrontare i dati e non considerare i colleghi quali possibili antagonisti; i biotecnologi, o gli ingegneri, non gradiranno, invece, disperdere informazioni preziose prima di aver registrato il brevetto o di aver firmato un contratto.

Perciò, la resistenza di una parte del mondo scientifico ad accettare il *preprint* come risorsa informativa coincide con l'idea che questa pratica sia fuori della tutela degli interessi dello scienziato e della comunità di riferimento e quindi qualcosa fuori dalla tradizione e dalle regole, addirittura può essere considerato un'aberrazione dell'articolo convalidato dal *peer reviewing* e pubblicato da una eminente e rispettabile rivista scientifica, una pratica non sicura, senza garanzie di autorevolezza, un problema che in fondo già investe tutto il fenomeno della letteratura grigia. Pensiamo ai casi Sokal ed Epstein. La fallibilità del *peer reviewing* non è tanto diversa dalla fallibilità dell'*endorsement*, pratica di controllo più snella ed attiva adottata per la certificazione del *preprint*. E' l'*endorsement* a garantire la disponibilità del *preprint*; controllo e consultazione coinciderebbero in quanto autore, lettore e *reviewer* si alternano nei ruoli secondo una gerarchia orizzontale e snella; sono tutti elementi attivi della comunicazione scientifica. Il procedimento di validazione avviene quando un *preprint* viene depositato in un archivio temporaneo per il procedimento, appunto, di validazione bibliografica. A

---

<sup>19</sup> cfr. Lévi-Strauss, *op.cit.*, Introduzione.

differenza del *peer review* per garantire la qualità e l'attendibilità degli articoli è di riferirsi alla comunità di appartenenza dello scienziato.

Secondo un modello a gilda la qualità degli articoli pubblicati è dipendente dello *status* professionale della gilda garante. La reputazione di una gilda è tanto un'indicatore della qualità degli articoli a cui dà il *nulla osta* quanto la reputazione di una rivista lo è per gli articoli che pubblica (Kling, *et al.*, 2002). Il controllo diretto effettuato non riguarda nel caso dei *preprint* i contenuti scientifici, ma la correttezza dei metadati inseriti e la corrispondenza tra dati e metadati; per offrire un elevato standard di descrizione bibliografica e favorire l'interoperabilità fra archivi e motori di ricerca è stato approntato un protocollo di trasferimento OAI-PMH, del quale parleremo in seguito.

Una breve riflessione riguarda i gradi di libertà che un gruppo di ricerca o gli scienziati di un laboratorio hanno nella scelta come comunicare (verbalmente, con post-it, via e-mail, con messaggi su lavagne) e se e come siano liberi di rendere accessibile la scienza nel suo farsi al pubblico, seguendo l'esempio di Perel'man; in tempi di divulgazione scientifica, e di PEST<sup>20</sup>, filtrare eccessivamente la pratica scientifica non può che allontanare il cittadino, il quale potrebbe avere interesse a consultare l'attività di ricerca di alcuni gruppi di ricerca o laboratori prima di esprimere la propria opinione in merito. Sovente il linguaggio della scienza, figuriamoci quello contenuto in una bozza, è un guazzabuglio di dati incomprensibili a chi non è del campo, ma limitare l'accessibilità sarebbe poco democratico, compromettendo inoltre l'avanzamento della ricerca di scienziati, ad esempio nel terzo mondo, che dispongono solo di un collegamento alla rete e di un pc. Inoltre consideriamo che, se il cittadino fatica a comprendere il linguaggio specialistico medico o di un fisico delle particelle, sovente tra scienziati

---

<sup>20</sup> Cfr. capitolo III.

di diverse discipline o orientamenti è comunque difficile capirsi e le restrizioni all'accesso certo non giovano.

La letteratura scientifica si presenta come un flusso composto da diverse componenti che nella sua versione elettronica si differenziano tra pratiche di accesso, ricerca, *viewing*, *displaying* e *submission* (McKiernan, 2000).

Lo stile del *preprint* cerca di prevedere tutto questo incarnando nella sua forma snella e temporanea di bozza la libertà d'informazione e l'accelerazione di ritmi e di flussi della ricerca.

Per questo è necessario mettere in collegamento i diversi elementi, i diversi anelli della catena epistemica secondo logiche transdisciplinari e legate agli interessi della ricerca. E' un modo di procedere di cui dovrebbe tenerne ben conto chi studia la comunicazione come pratica condivisa e ben sa che è possibile trovare un pieno senso solo localmente e dall'esterno (cfr. Lévi-Strauss, 1983). Cosa definisce come un gruppo di ricerca comunichi con altri gruppi di ricerca se non l'interazione e la natura dell'ordine a cui si rifà tale comunità? il condivisibile trova origine proprio nell'implicito, nella conoscenza tacita (Polanyi, 1958) del gruppo, ciò a cui si orienta nel costruire il senso del proprio lavoro. Solo in tal modo ha senso la comunicazione distribuita all'interno di una comunità.

Se la scienza all'interno dei laboratori costruisce fatti scientifici, produce iscrizioni, tali iscrizioni viaggiano tra alcuni laboratori e centri di ricerca sotto forma di *preprint*, attraversando una fase di co-costruzione sociale infra- ed inter-laboratorio del fatto scientifico. Il fatto diventa un'unità informativa in attesa di espansione, un'iscrizione che si può completare con varie iscrizioni, un segno traducibile, una testimonianza, un diario semisegreto di ciò che viene prodotto in laboratorio, rappresenta ciò che è stato prodotto in altri laboratori e al tempo stesso sarà la base di partenza e di confronto tra gli scienziati per le ricerche successive in



ancora altri laboratori con una proprietà molto peculiare: rimane bozza per dare possibilità di intervento- con revisioni e correzioni fino alla sua costruzione collettiva- dell'autore originario, di chi lo legge e lo interpreta, lo consiglia e lo critica, conservando quindi la flessibilità interpretativa che non avrebbero gli articoli destinati al *peer review*. Poter accedere a delle risorse *on line* per tutte le scienze diventerebbe con l'interconnessione sistematica di tutti gli archivi una pratica comune. E' dal confronto e contrasto degli stili di comunicazione e condivisione del materiale scientifico di diversi gruppi di ricerca e poi di diverse discipline che si sviluppa la pratica che definisce lo stile del *preprint*.

E' soprattutto grazie allo sviluppo dell'interoperabilità delle strutture informatiche e dei software di gestione degli archivi delle biblioteche digitali, che il *preprint* può essere considerato un oggetto e strumento sociale, uno standard consolidato e condiviso dalle pratiche dei gruppi di scienziati che utilizzano *preprint servers*. Il *preprint* è perciò un oggetto liminale (Star e Griesemer, 1989; cfr. Mongili, 2007) sufficientemente stabile per viaggiare in rete e al tempo stesso plastico per conformarsi a diverse realtà locali di ricerca e diventare base per altre interpretazioni ed iscrizioni.

Un *preprint* è la versione di un paper ideato per essere sottoposto ad altri scienziati e non una versione finale (Kramer, 1985) ed in quanto tale rimane suscettibile di modifiche. Lavorare con articoli pubblicati sarebbe impossibile, dati i tempi e, soprattutto, renderebbe difficile l'appartenenza ad una comunità scientifica; gli scienziati si conoscono, comunicano, si confrontano, si incontrano in stanze, laboratori, convegni non aspettano certo aspettare i tempi dell'editoria sapendo che nell'aria c'è una nuova teoria, un metodo, un'esperimento. La distribuzione di bozze è un metodo informale grazie al quale tenere aggiornati i colleghi sulle attività professionali (Hurd, 1996). Tra le tante interpretazioni del

concetto di *preprint* (cfr. US DOE, OSTI) la più puntuale e sintetica appare essere quella di Kramer: “ un protocollo di ricerca distribuito tra scienziati prima della pubblicazione ufficiale” (Kramer, op.cit, p. 4; Hurd, op.cit., p. 68).

Rispetto allo stile della pubblicazione scientifica cartacea e dell'editoria scientifica comunque a pagamento, lo stile preprint presenta con la sua totale accessibilità un mezzo di conoscenza affrancato dalla logica commerciale e dal mito della scienza vista come club esclusivo ed impenetrabile. Diverse pubblicazioni più maggiore visibilità aumenta l'*impact* dei *papers*, aumentando la frequenza delle citazioni<sup>21</sup>. Le soluzioni proposte sono diverse; ad esempio Prosser ha proposto di seguire come modello il *Florida Entomologist*, pubblicato su carta e digitalmente a sottoscrizione (Prosser, 2003), favorendo gradualmente autori e lettori fino alla transizione completa all'*open access*. Sono ormai anni che la comunità di fisici delle particelle usa e legge arXiv ricorrendo raramente al sito degli editori e non per questo le biblioteche di fisica di tutto il mondo hanno smesso di acquistare le riviste. Laddove le statistiche d'uso vengono utilizzate per valutare il rinnovo dell'abbonamento possono essere anche elaborate sui *preprint* degli articoli presenti negli archivi e biblioteche digitali, come dimostra l'esperienza australiana dell'archivio istituzionale dell'Università di Tasmania, dove è stato sviluppato un modulo di elaborazione di statistiche che ora sta sperimentando l'implementazione del codice di prassi di COUNTER<sup>22</sup>.

Secondo Lévi-Strauss ogni cultura può essere considerata come un insieme di sistemi simbolici; grazie a quest'insieme è possibile

---

<sup>21</sup> Cfr. <http://www.neci.nec.com/~lawrence/papers/online-nature01/>

<sup>22</sup> Cfr. <http://eprints.comp.utas.edu.au:81/>

l'espressione di “taluni aspetti della realtà fisica e della realtà sociale” e delle “relazioni che intercorrono tra questi due tipi di realtà e quelle che intercorrono tra gli stessi sistemi simbolici” (Lévi-Strauss, 1950, p.44); al tempo stesso tali culture comunicano con scambi di prestiti, non ignorandosi, ma hanno bisogno di mantenere un'impermeabilità per non dissolversi (cfr. Lévi-Strauss, 1983, p.XI).

Dal momento che l'attività di uno scienziato non può prescindere da quella di altri suoi colleghi, si condivide tanto il mezzo di comunicazione quanto la sua rappresentazione (Monaco, 2008), fino a giungere all'identificazione degli scienziati stessi con essa (Knorr-Cetina, 1999).

Secondo Ginsparg il sistema di arXiv fornisce un'esempio paradigmatico (cfr. Ginsparg, 1994, p. 390) per lo scambio d'informazione scientifica e serve come modello per la trasmissione elettronica della ricerca e di altro genere di informazioni.

All'interno della comunità scientifica le diverse discipline, campi di studio, gruppi di ricerca, si riconoscono tra di loro per identità e differenze più o meno definite. In ogni laboratorio e per ogni possibile categoria di scienziati troviamo comportamenti e regole che possono essere riunite non solo per tratti analizzabili e catalogabili come razionali, ma anche per tratti marcatamente culturali. Sono gli scienziati e gli esperti dell'informazione stessi che parlano di una “*preprint culture*” da abbinare all'*information sharing* reso possibile dai networks informatici (McKiernan, op.cit.; Luzi, 1998; Ginsparg, op.cit.), la cui conseguenza è stata per Ginsparg di ovviare ai limiti dell'*e-mailing* creando un archivio elettronico dal libero accesso e costituire i presupposti su cui si è fondato l'insieme di pratiche, conoscenze tacite, abitudini ed operazioni che costituiscono la forma di vita chiamata “*preprint culture*”.

Il processo avviene innanzitutto autoarchiviando il proprio scritto:

con una maggiore correttezza e completezza dei metadati che rendono possibile rintracciare lo scritto, viene garantita l'accessibilità al testo. Con l'autoarchiviazione l'autore mantiene tutti i diritti sul proprio lavoro come proprietà intellettuale - può essere più facile plagiare i testi presenti sulla rete e pubblicarli come propri, che farlo con i testi cartacei, ma è anche molto più facile e immediato rilevare e scoprire tali plaghi se il testo è *on-line* e non cartaceo. L'autoarchiviazione non è stata concepita come un'alternativa ai metodi tradizionali di pubblicazione commerciale, ma come metodo complementare di disseminazione e valorizzazione della produzione scientifica. A tale proposito Harnad intende dire che con l'autoarchiviazione è possibile “dare la massima visibilità e impatto ai lavori di ricerca”<sup>23</sup>. L'autoarchiviazione di Arxiv avviene seguendo delle procedure ed inserendo il proprio lavoro all'interno delle *directories* contemplate dal *server*. Inizialmente la progettazione dell'archivio ha previsto la creazione di un'interfaccia standard che rendesse visualizzabile e consultabile la collezione di “*Physics*”, a cui si sono aggiunti in seguito “*Mathematics*”, “*Nonlinear sciences*” e “*Computer science*”, ed infine “*Quantitative biology*” e “*Statistics*”.

Tutte includono delle sub-collezioni come “*Astrophysics*” (astro-ph), che includono a loro volta *Subject classes*. Ciò permette non solo di accedere ad un indice contenente tutti gli e-prints categorizzati con la sua sub-collezione, ma anche di utilizzare come strumento di ricerca e recupero dati associati ad uno o più *Subject classes*. L'utente che accede ad Arxiv dispone di documenti in ogni sub-collezione collocati secondo un ordine “*new*” o “*recent*”. Per ogni disposizione gli elementi standard visualizzabili includono: *Title*, *Author(s)*, *Comment field* (per esempio, la data e luogo di un convegno o una conferenza di presentazione), il

---

<sup>23</sup> Resoconto del convegno *Berlin 3 Open Access* Feb. 28- Mar 1st, 2005, University of Southampton, UK, p.3 [http://eprints.rclis.org/archive/00003345/01/BerlinIII\\_pg.pdf](http://eprints.rclis.org/archive/00003345/01/BerlinIII_pg.pdf).

formato del documento (ad esempio *LaTeX*), informazioni sulla data di *submission* o *acceptance*, Indirizzo internet, Citazione di un “*Journal-ref*” di un e-print pubblicato. L’archivio è modificabile per dar voce a nuove collezioni e sottocategorie. Per gli scienziati coinvolti in aree di ricerca molto competitive e dipendenti dagli ultimi dati scientifici disponibili il preprint è uno strumento di lavoro necessario; ad esempio nella comunità della fisica delle alte energie lo scambio di bozze tra scienziati è un elemento chiave della comunicazione informale e parte della loro cultura (cfr. Hurd, op.cit., p.68).

L’interfaccia per la ricerca è disposta seguendo tre dimensioni:

- 1) Tipo/i di archivio
- 2) Anno/i
- 3) Campo/i<sup>24</sup>

L’architettura progettuale ha interconnesso gli articoli disponibili sullo stesso arxiv agli articoli citati “*refers to*” e “*cited by*” non disponibili inseriti sul database già presente dal 1974 e la riuscita di un network sta oramai proprio nel riuscire a connettere con altri network.

Nel luglio del 1999, Paul Ginsparg, Rick Luce e Herbert Van de Sompel hanno organizzato un’incontro con il fine di esplorare la fattibilità di cooperazione tra gli oramai numerosi archivi di *preprint* (Ginsparg, *et al.*, 1999a).

Ginsparg lavorava già da tempo come fisico al LANL. Rick Luce era Research Library Director del LANL stesso dal 1991, nel 1994 Project Leader del progetto locale “*Library Without Walls*”, primo programma di biblioteca digitale a gestire via web database scientifici su larga scala dal 1994, dal 1995 gli *interactive personal alerts* e dal 1996 i collegamenti ad articoli full-text. Nel 2000 “*Library Without Walls*” inizia un progetto di “*context sensitive linking*”.

---

<sup>24</sup> Author(s); ``Title``; ``Abstract``; ``Full record``; ``Comments``; ``Journal-ref``; ``Subject-class``; ``Report-no``."

Herbert Van de Sompel, già responsabile dei servizi automatizzati della biblioteca dell'Università di Gand, in Belgio, nel 1999 si reca con una borsa di studio nel New Mexico, alla Research Library del LANL, dove si occupa di *context-sensitive and dynamic linking of scholarly information resources* ed incontra due guru della nascente biblioteca digitale William Arms e Clifford Lynch.

L'incontro, che ha avuto luogo in ottobre del 1999 a Santa Fe, inizialmente chiamato Universal Preprint Service (UPS) meeting, ha portato alla fondazione dell'OAI (Open Archives Initiative) (Ginsparg, *et al.*, 1999b), che ha concretizzato l'idea di trasformare la comunicazione scientifica con la definizione di aspetti strumenti tecnici e di supporto organizzativo. Tale trasformazione, secondo i partecipanti al *meeting* avrebbe portato ad un *framework* per la pubblicazione scientifica accessibile che contemplasse la co-presenza di documenti a pagamento e gratuiti. Gli approcci e le soluzioni alla visibilità in rete dei differenti archivi differiscono parecchio, Alcune iniziative hanno privilegiato un modello centrale, altre distributivo, alcune hanno curato solo letteratura grigia, altre incorporato metadata di articoli *peer-reviewed*, altri archivi presentano descrizioni di abstract, mentre ancora altri danno accesso al testo completo. Data questa costellazione di archivi la necessità di renderli interoperativi è sembrata la soluzione più adeguata in linea con la necessità di offrire uno strumento capace di distribuire più materiale possibile grazie alla rete. Interoperabilità è un termine ampio, che riguarda diversi aspetti delle iniziative possibili per gli archivi; include i *metadata formats*, l'*underlying architecture*, la versatilità degli archivi stessi alla creazione di servizi di biblioteca digitale, la loro canismo già consolidato di comunicazione scientifica, la loro *usability* in un contesto interdisciplinare, la predisposizione a contribuire ad un "*collective metric system*" per l'accesso e la citazione. La creazione di archivi digitali per la

raccolta e la consultazione di *preprint* ha come conseguenza il bisogno, non da tutti condiviso, di convertire gli articoli pubblicati sui *journals* in *preprints* da includere in archivi, allacciare questi ultimi in modo sistematico e creare metadata per la ricerca dei dati contenuti.

Al momento dell'auto archiviazione viene generato un identificatore: è ciò che viene chiesto di essere condiviso e che costituisce l'interoperabilità relazionale tra *preprint* e arXiv. Per facilitare la ricerca chi contribuisce al database di Arxiv può includere il *preprint identifier*, sia per articoli pubblicati che non pubblicati e papers, e per citarli usare il formato corretto del *preprint* (vedi ad esempio archive/papernum). Se il preprint non è correttamente identificato e non rispetta il formato non lo si può allacciare agli altri *preprint*. Per l'*identifier* è stata necessaria la creazione di uno standard. Accanto al titolo del preprint compare un codice (ad esempio: astro-ph/0003425, math.AT/9910001, physics.ac-ph/9911027), altrimenti compare come link su arXiv (ad esempio: arXiv:physics/0102004v1), un codice che identifica il documento con dei dati standard:

arXiv:physics/0102004v1 [ <i>physics.soc-ph</i> ] 4 Feb 2001 <b>James E. Till</b> <i>The University of Toronto</i> <b>Predecessors of preprint servers</b> Learned Publishing 2001; 14(1): 7-13 <a href="http://www.catchword.com/09531513/v14n1/contp1.htm">http://www.catchword.com/09531513/v14n1/contp1.htm</a>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Avremo in sequenza l'archivio (arXiv), la *directory* (*Physics*), l'anno e mese di elaborazione nell'archivio del documento ed un numero progressivo (004), seguito a volte dalla versione (V1). Dato l'aumento vertiginoso dal 1991 ad oggi degli archivi digitali di preprint il numero progressivo diventerà presto di 4 cifre, poi di 5, *et cetera*...

Ma si tratta veramente di una pratica innovativa e condivisibile oltre la comunità HEP?

Odlyzko, molto cautamente, ha osservato che già durante gli anni 80 la comunità della Fisica delle alte energie del LANL aveva sviluppato una cultura di distribuzione massiccia di *preprint* cartacei e che quindi c'è solo stata una sostituzione (cfr. Odlyzko, 1997) della carta con i byte. Ipotesi diversa è di Harnad, secondo il quale la pratica del *preprint* si sarebbe estesa al resto delle comunità scientifiche, rendendo libero l'accesso alla letteratura di ricerca dal *toll-access*, cioè dall'accessibilità riservata solo dietro pagamento (Harnad, 1995) ed alimentando l'idea di un continuo dibattito attorno alla natura ed al fenomeno del *preprint* e della perplessità di molti editori, bibliotecari nonché di parte della comunità scientifica stessa (Harnad, 1999).

La questione andrebbe però allargata dall'indagare le modalità di produzione ed archiviazione dei risultati della pratica scientifica vista come una semplice conversione dalla carta al byte. L'applicazione delle architetture informatiche in combinazione allo sviluppo della conoscenza della materia si sta estendendo al modo in cui la comunità scientifica lavora e si organizza.

In modo più ampio, il concetto di cyberinfrastruttura, inteso come convergenza tra campi di ricerca che riguardano le ICT (*Information Communication Technologies*) applicate al mondo della ricerca scientifica e tecnologica è sempre più indicato per rappresentare la capacità della tecnologia di sviluppare piattaforme ed ambienti di conoscenza più produttivi e competitivi. Tali ambienti ed organizzazioni stanno integrando l'ambiente più chiuso del laboratorio mettendo in relazione i diversi laboratori tra loro, come richiesto dalle strategie nazionali e globali in materia di ricerca sui cambiamenti climatici, protezione dell'ambiente naturale, incremento del livello di salute grazie ad applicazioni derivate dalla genetica e *genomics-proteomics*, sviluppo di tecnologie per la sicurezza nazionale, sviluppo delle nanotecnologie,



previsione e protezione contro disastri umani e naturali e lo studio inerente la formazione dell'universo e del carattere e proprietà della materia<sup>25</sup>.

Presso l'Argonne Leadership Computing Facility (ALCF) è stato inaugurato nel 2001 dal DOE, Dipartimento dell'energia degli Stati Uniti, una delle istituzioni nate all'interno della *Big science*, il Programma SCIDAC (Scientific Discovery through Advanced Computing). Tale programma ha visto la realizzazione di Blue Gene/P un supercomputer, soprannominato Intrepid, tra i più veloci al mondo e capace di centinaia di teraflops al secondo. A detta di Rick Stevens, che si occupa di *Computing and Life Sciences* presso l'Argonne National Laboratory, la velocità e potenza di Intrepid riflettono lo sforzo dell'Ufficio DOE della scienza per fornire la comunità della ricerca e dello sviluppo con strumenti potenti che li rendano capaci di realizzare *break-throughs* scientifici. Macchine da calcolo di tale potenza e velocità portano diversi benefici sia agli scienziati che alla società. Per il direttore Peter Beckman l'ALCF ha già permesso ai ricercatori di ampliare la ricerca di elementi ambientali e molecolari necessari alla diagnosi del morbo di Parkinson, come di simulare materiali e progetti importanti allo sviluppo della sicurezza ed affidabilità degli impianti di energia nucleare<sup>26</sup>.

Dal momento che la tecnologia HPC (*High Performance Computing*) necessita di investimenti a pioggia sull'*hardware* dei supercomputers molte organizzazioni nazionali nell'Unione Europea giustificano tali investimenti sottolineando l'importanza di sviluppare tale tecnologia. Altrimenti, lo sviluppo dei *software* è rimasto locale e limitato a programmi

---

<sup>25</sup> cfr. "Revolutionizing Science and Engineering Through Cyberinfrastructure: Report of the National Science Foundation Blue-Ribbon Advisory Panel on Cyberinfrastructure" (2003).  
[www.communitytechnology.org/nsf\\_ci\\_report](http://www.communitytechnology.org/nsf_ci_report)

<sup>26</sup> cfr. <http://www.scidac.gov/>

più modesti come nel caso di HECTOR<sup>27</sup>.

Negli Stati Uniti invece, con il termine cyberinfrastruttura si indica la piattaforma di potenziamento dell'impatto delle ICT nei campi più diversi della ricerca scientifica<sup>28</sup>, che sta suscitando l'interesse anche dell'Unione Europea e dell'Italia<sup>29</sup>.

### *1.5 Produzione di conoscenza e stati della materia.*

*“Alcuni SQUID sono così sensibili che possono captare il campo magnetico debole prodotto dal cervello quando pensa”<sup>30</sup>*

Secondo Roger Penrose dovremmo sviluppare nuove teorie per arrivare a collegare la consolidata meccanica quantistica con le neuroscienze e lo studio della mente umana (Penrose, 1997).

Per quanto discutibile ed in via di consolidamento tale approccio mostra l'interesse della scienza per lo studio multidisciplinare e trasversale di stati possibili in condizioni teoriche e paradossali come nella proposta di Eugene Wigner di vedere la coscienza come possibile agente del collasso della funzione onda. Tale proposta è stata recentemente ripresa da Henry Stapp (Stapp, 1996). Studi vengono effettuati anche sull'influenza del campo gravitazionale dell'organismo per la quale andrebbe cercata una forma matematica partendo da una *“Orchestrated Objective Reduction”* dello spazio tempo (Hameroff e Penrose, 1996), si parla di una teoria neurologica dei microtuboli e della

---

<sup>27</sup> cfr. High End Computing Terascale Resources, HECToR. Scientific Case, EPSRC, UK (2005) <http://www.epsrc.ac.uk/ResearchFunding/FacilitiesAndServices/HighPerformanceComputing/HECToR/default.htm>

<sup>28</sup> cfr. Revolutionizing Science and Engineering Through Cyberinfrastructure: Report of the National Science Foundation Blue-Ribbon Advisory Panel on Cyberinfrastructure (January 2003).  
[[www.communitytechnology.org/nsf\\_ci\\_report](http://www.communitytechnology.org/nsf_ci_report)]

<sup>29</sup> <https://cyberinfrastructure.caspar.it/FL-CyberInfrastructure.pdf>

<sup>30</sup> Dal sito di un'industria australiana che realizza sensibilissimi strumenti di rilevamento SQUID che sfruttano la teoria quantistica: <http://www.csiro.au/science/SuperconductingDevicesSystems.html>

sua integrazione in sistemi quantistici computazionali, che si ipotizza siano connessi con la coscienza.

Risultato: nonostante alcuni scettici *feedback* (Scott, 1996) alcune ricerche si sono già sviluppate nel campo del calcolo quantistico (Chuang *et al.*, 1995).

Anche all'interno di un approccio più critico che tenga conto che la percezione e l'agenzia d'osservazione influenza non solo la conoscenza, ma gli oggetti in esame dovremmo tenere conto che la teoria quantistica si applica a tutte le scale (cfr. Barad, 2007, p.85).

Rimane il fatto che l'interazione tra particelle non appartiene solo alla ricerca teorica, nè solo agli esperimenti con le grandi macchine, ma, grazie alle tecnologie oggi disponibili, permette misurazioni ed applicazioni in tutti i campi.

Diretta derivazione delle grandi macchine, strumenti trasportabili e tascabili costituiscono un esempio della fattibilità di tale integrazione, in quanto permettono già adesso di sperimentare il contatto e la convivenza di sistemi quantistici con esperienze direttamente percepibili dall'uomo.

L'integrazione tra macro e micro mondo è iniziata con dei calcoli relativi alla predicibilità di un sistema. Srivastava e Widom avevano ipotizzato già venti anni fa la possibilità di uno stato sovrapposto per un sistema macroscopico che comprendesse pochi quanti come necessari per determinare il comportamento del sistema (Srivastava e Widom, 1987).

Partendo da questo micro mondo rappresentazionale, i fisici hanno sviluppato un'ontologia fatta di campi e particelle, un ambiente in cui muoversi con una griglia concettuale frutto della meccanica quantistica e che contempla concetti astratti quale stato, sovrapposizione ed *entanglement*, fino a valutare se adottare tale nomenclatura anche per altre ontologie come, ad esempio, la mente.

Secondo tale approccio certi fenomeni sarebbero quindi

determinati da sub-fenomeni in relazione tra loro e le rappresentazioni mentali stesse troverebbero causa in altre rappresentazioni di carattere materiale.

Al fine di costruire rappresentazioni della realtà più fedeli possibile la conoscenza scientifica opera empiricamente attraverso esperimenti. La creazione di esperimenti sulla materia comporta la progettazione delle situazioni in cui determinati eventi vengano collegati come cause ed effetti di fenomeni fisici.

Sorgono però nel micro mondo dei problemi.

Data la condizione di *entanglement* del mondo microfisico, secondo l'approccio quantistico, Ronald Fisher in "*Design of Experiments*" aveva già considerato che "qualunque grado di cura e di abilità sperimentale sia utilizzata nel rendere uniformi le altre condizioni rispetto a quella sotto indagine, che potrebbero compromettere il risultato, tale uniformazione deve essere sempre più o meno incompleta, ed in molti casi pratici importanti sarà sicuramente grossolanamente imperfetta" (Fisher, 1953, p.19). La proposta allora si concretizza nella necessità di procedere casualmente per poter controllare più fattori possibili favorevoli alla riuscita dell'esperimento.

Trovare quali siano i fattori di disturbo e poterli quindi controllare è impresa veramente titanica a causa di una regressione praticamente all'infinito nella necessità di misurazioni molto precise, ad esempio variazioni di temperatura dell'ordine di 1/1.000.000 di grado C°. Per cui gli scienziati hanno proceduto in altro modo.

Ad esempio, nell'esperimento GP-B (Gravity Probe-B)<sup>31</sup>, piuttosto che calcolare i fattori di disturbo nell'esperimento orbitale di effettuare delle misurazioni con dei giroscopi per dimostrare la teoria della relatività generale di Einstein, Francis Everitt del *W.W. Hansen Experimental*

---

<sup>31</sup> cfr. :<http://news-service.stanford.edu/pr/2005/pr-everitt-051105.html>,  
<http://www.stanford.edu/group/hepl/> e <http://einstein.stanford.edu/>.

*Physics Laboratory* (HEPL) dell'Università di Stanford ha proposto di eliminarli, isolando di conseguenza l'effetto della curvatura spazio-tempo da tutti gli altri fattori non più esistenti nelle misurazioni. Con misure prese con estrema cura per minimizzare tutte gli altri possibili momenti torcenti sui giroscopi, cosicché il loro contributo risultante alla velocità di movimento fosse meno che uno 0,3 milli-arcosecondo per anno, si è prevista una missione scientifica della sonda di gravità B di 1 o 2 anni per rilevare una determinazione degli effetti della relatività con una precisione superiore a 2 parti su 10000 per Omega G e migliore che il 2 % per Omega M (cfr. Bardas et al., 1986, p.30).

Nell'esportazione della fisica fuori dei laboratori la pratica dello *shielding* come protezione ed isolamento dell'esperimento diventa necessario (cfr. Cartwright, 1999b, 29). Anzi "l'intero laboratorio in miniatura" viene esportato nel mondo dai fisici che così "costruiscono piccoli ambienti totalmente sotto il loro controllo" (ibidem, p.46-47).

Al fine di creare suddette condizioni ideali per condurre esperimenti viene adottato spesso l'uso di vasi di Dewar, che hanno un'intercapedine vacua che consente l'isolamento termico con l'ausilio di elio liquido, ad esempio, ma il cui contenuto non è tenuto sottovuoto. E' una pratica comune adottata per molti esperimenti e macchinari, o loro parti, che devono lavorare in condizioni estreme di modo che possano operare senza fattori e fluttuazioni dell'ambiente esterno.

Nel caso del GP-B è stato inoltre necessario isolare "concettualmente" i giroscopi con calcoli per misurare la precessione data dalla rotazione terrestre.

L'esperimento può portare a dei risultati o meno.

Secondo Cartwright qualora la pratica scientifica non producesse dei risultati potrebbe non dipendere dalle cause che ricerchiamo

nell'esperimento, ma dalla mancanza di conoscenza richiesta per condurre l'esperimento, a monte – le premesse- quanto a valle –le conclusioni.

Ciò corrisponde all'idea di “esperimento totalmente controllato” (cfr. Cartwright, 1989, pp 66-71).

Uno strumento simile per concezione al GP-B è lo SQUID (Superconducting QUantum Interference Device), un rilevatore del flusso magnetico progettato con degli accorgimenti per isolare l'ambiente che viene scandagliato. Le applicazioni sono molto diverse; si va dalla ricerca sul cervello umano e la diagnostica cardiologica ai test per l'avionica e per gli impianti nucleari fino alle prospezioni geologiche e per l'estrazione del petrolio e materiale bellico sepolto (Clarke e Braginski, 2004).

Lo SQUID è stato adottato in medicina per l'acquisizione di immagini (Andrä e Nowak, 2007) secondo principi già usati nel campo della risonanza magnetica<sup>32</sup>. Bobine di ricevimento multiple sono utilizzate per migliorare la qualità dell'immagine e permettere l'acquisizione accelerata delle stesse. Per effettuare delle misure con lo SQUID è necessario innanzitutto creare una rappresentazione CGI (*Computer Generated Image*) di base.

Dal momento che il peso specifico del corpo umano è vicino a quello dell'acqua si genera un *phantom* pieno d'acqua al fine di separare meglio il segnale che si sta cercando dal rumore di fondo, come da tutti i fattori che si vuole escludere. Ciò è possibile aumentando il numero di canali con cui il sistema SQUID opera (cfr. Zotev et al., 2008).

---

<sup>32</sup> L'ULF MRI (Ultra Low Fields Magnetic Resonance Imaging) funziona come strumento per la rappresentazione del corpo umano generata dai sensori dello SQUID per misurare la precessione codificata spazialmente delle popolazioni di spin nucleari pre polarizzati a campi di misurazione dell'ordine di grandezza di microtesla.

Nancy Cartwright cita sovente lo SQUID nello sviluppare una breve epistemologia critica dei superconduttori ad alta temperatura e nel portare l'attenzione sulle giustificazioni costruite da “una combinazione *ad hoc* di considerazioni dalla termodinamica, elettromagnetismo e meccanica quantistica” (Cartwright, 1999b, p.194). L'epistemologa utilizza lo SQUID come esempio per ipotizzare che la conoscenza che abbiamo della realtà sia una rappresentazione molto frammentaria, che ci restituisce un'immagine chiara solo in alcune zone limitate sotto controllo lasciando tutto il resto in ombra, in quanto possiamo aspettarci di trovare un certo ordine a seconda di come arrangiamo i nostri modelli (Cartwright, 1999a).

La credenza nelle capacità esplicative delle teorie deriva non solo dalla loro precisione e riscontro empirico, ma dall'adozione di modelli e l'uso di modelli richiede uno “sforzo co-operativo” (Cartwright, 1999b, p.181).

Rappresentare il mondo significa ricondurlo ad una immagine possibile e comprensibile, operando una operazione di decontaminazione nella creazione dei database su cui lavorare; tale decontaminazione non sarebbe altro che “una costruzione filosofica, un'opera metafisica, un modo per interpretare il mondo” (Cartwright, 1999b, pp.68-69).

Possiamo rappresentare con equazioni e formule la teoria della meccanica quantistica, ma nel nostro caso la rilevazione di una fluttuazione magnetica da parte dello SQUID ci porta veramente a credere ad essa come strumento per intervenire nel mondo e non tanto per descriverlo.

Non solo. Per Cartwright ricorrere allo SQUID è esemplare per superare l'idea che una descrizione quantistica ed una classica siano incompatibili ed assegnare uno stato quantistico a macro oggetti in certi

tipi di situazioni<sup>33</sup> e rendere interoperabili le due descrizioni per formulare ipotesi su nuovi stati di relazione tra materia e conoscenza. Per l'epistemologia il rompicapo consiste nel comprendere come utilizzare e quando i due tipi di rappresentazioni (cfr. Cartwright, 1999b, pp. 223, 232).

I dati inferenziali prodotti dallo SQUID vengono utilizzati per costruire dei modelli di comportamento di strumenti, corpi e sistemi che però sono sottoposti a fattori esterni e comunque molto variabili e dipendenti dal contesto (cfr. Chang, 1995).

Solo creando un campo magnetico protetto possiamo utilizzare lo SQUID per effettuare misurazioni a scopo diagnostico (cfr. Cartwright, 1999b, p.5 e 24); ciò diventa possibile creando determinate circostanze, come controllo locale degli input: “per ridurre ulteriormente le fluttuazioni del campo magnetico, è divenuta una pratica comune *mettere gli strumenti ed il paziente in una stanza schermata*” (Clarke e Koch, 1988, p.220)<sup>34</sup>.

L'equipe del fisico Mauro Marinelli presso il Centro di Microcitemia dell'Ospedale Galliera di Genova<sup>35</sup> sta lavorando all'unico prototipo al mondo di M.I.D. (*Magnetic Iron Detector*), macchina sperimentale destinata alla determinazione non invasiva del sovraccarico di ferro nel corpo umano, soprattutto nel fegato, nei casi di patologie come la *thalassemia maior*, le mielodisplasie e l'emocromatosi ereditaria. Il progetto, coordinato dall'Istituto di Fisica dell'Università di Genova e dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare è iniziato nel febbraio del 2005, consiste nello sviluppo sperimentale delle tecniche con alcune centinaia di pazienti e di alcuni volontari per sviluppare il modello per il calcolo

---

<sup>33</sup> cfr. Cartwright, 1999b, Cap. 9.

<sup>34</sup> Corsivo aggiunto in Cartwright, 1999b, p.47.

<sup>35</sup> <http://www.galliera.it/ricemicroc.html>



del segnale basale<sup>36</sup> da attribuire al paziente a seconda delle caratteristiche antropometriche. La costruzione di una rappresentazione CGI ideale per peso e densità corporea -in gergo: “*phantom* d’acqua”- permette, in seguito alla sottrazione di questo segnale basale, di calcolare la quantità patologica in eccesso di ferro nel fegato di una persona, misurando la quantità di ferro che si dovrebbe trovare nella zona epatica in una persona sana (da 0,5 g a 1 g) ed il sovraccarico di ferro invece presente. Dai dati ottenuti l’equipe ha avuto conferme tecniche che il suscettometro sia uno strumento affidabile per diagnosticare e monitorare. A differenza dello SQUID può essere manovrato da una sola persona e presenta un sistema di rilevamento molto più efficace in quanto ha due sorgenti del segnale. Per isolarlo dall’ambiente circostante, in quanto misure quantistiche tanto precise sono turbate da ogni genere di campo, anche dal passaggio di una persona nel corridoio del piano superiore ad esempio, o dal passaggio di un’automobile nel parcheggio dell’ospedale è stato studiato un sistema di *test re-test* a distanza di brevi intervalli di tempo per essere sicuri che il rilevamento sia quello proveniente dal paziente e non da fattori circostanti classificati invece come rumore. L’integrazione tra stati quantistici della materia ed applicazioni nel campo della medicina sembra promettente.

### *1.6 Dalla rappresentazione alla diffrazione*

Joseph Rouse offre una critica sia del rappresentazionalismo che del realismo scientifico coniugandoli nella comune piattaforma che considera la conoscenza scientifica come strumento di mediazione tra l’universo sociale e quello materiale (Rouse, 1996); secondo Rouse il concetto di rappresentazione è un prodotto cartesiano che ha innalzato dei confini tra un interno ed un esterno rispetto al soggetto conoscente. In

---

<sup>36</sup> Traduzione di *background signal*

particolare, il filosofo statunitense vuole porre l'attenzione sul fatto che la rappresentazione non necessariamente sia più accessibile della cosa che rappresenta:

“Voglio spingere a dubitare sulla presunzione che le rappresentazioni (cioè, il loro significato o contenuto) ci siano più accessibili che le cose che si suppone rappresentino. Se non esiste un linguaggio magico attraverso il quale possiamo senza ombra di dubbio arrivare ai loro referenti, perché dovremmo pensare che ci sia comunque un linguaggio che magicamente ci permette di accedere direttamente al suo senso o contenuto rappresentativo? La presunzione che possiamo conoscere cosa intendiamo, o cosa le nostre performance verbali dicono, più prontamente di come possiamo conoscere gli oggetti a cui le rappresentazioni si riferiscono è una Cartesian Legacy, una variazione linguistica sull'insistenza di Cartesio sull'idea che abbiamo un accesso privilegiato e diretto ai contenuti dei nostri pensieri mentre non ne abbiamo verso il mondo “esterno” (Rouse, 1996, p.209).

Le rappresentazioni appartengono al mondo, non sono materialmente estranee o escluse dal gioco della conoscenza; ne costituiscono piuttosto gli apparati utilizzati nel rapporto conoscenza e materia nel mondo.

Per Andrew Pickering le agenzie di cui si occupa la sociologia della conoscenza scientifica non vanno “confinare nelle rigide categorie che il pensiero tradizionale impone” (Pickering, 1993, p.563). Anche se l'approccio actor-network ci aiuta a fuggire dallo “*spell of representation*” la strada da percorrere non è neanche letteralmente<sup>37</sup> quella del pensiero semiotico che livella attori umani e non umani (cfr. Callon e Latour, 1992) e che critica la posizione asimmetrica umanista che assegnerebbe il primato alle agenzie umane ed alcuna a quelle materiali (cfr. Collins e Yearley, 1992), ma si tratta piuttosto di esplorare la fattibilità di un nuovo “tentativo per comprendere la scienza come un campo di apparecchi materiali performativi (e per comprendere la rappresentazione scientifica in relazione a quegli apparecchi piuttosto

---

<sup>37</sup> Pickering è propenso piuttosto per seguire lo spirito dell'*Actor Network Theory* (cfr. Pickering, 1003, p.562).

che nel suo solito splendido isolamento)” (Pickering, 1993, p.563).

Nello sviluppo del suo approccio intra-attivo al mondo, Karen Barad definisce in più modi le pratiche material-discorsive (Barad, 2007), la quale vede nelle agenzie materiali il nocciolo del problema: macchine, dispositivi, laboratori, invece di incarnare semplicemente concetti umani e permettere misurazioni, si manifestano come apparati che coincidono con pratiche material-discorsive. Tali apparati producono differenze *that matter*, che hanno importanza e che si materializzano, pratiche che producono demarcazioni e confini tra soggetti, oggetti e strumenti d'osservazione, che co-formano la materia ed il significato, che co-producono i fenomeni di cui esse stesse fanno parte.

Il concetto di pratica material-discorsiva è spendibile, sempre secondo Barad, su ogni scala di fenomeni come apparato diriconfigurazione materiale e dinamica del mondo. Gli apparati stessi sono fenomeni in un fluire ricostitutivo e di ricombinazione come parte del processo di intra-attività del mondo; inoltre, gli apparati non hanno confini intrinseci, ma vanno intesi come pratiche permeabili con il mondo circostante, anzi non vanno situati nel mondo, ma sono configurazioni o riconfigurazioni materiali del mondo che a sua volta (ri)configura spazialmente e temporalmente ciò che normalmente si intende per dinamica (cfr. Barad, 2007, p.146).

I fenomeni vanno non visti come prodotti, ma semplicemente come il frutto di una separabilità di natura agenziale ed inoltre “sono costitutivi della realtà” (Barad, 2007, p.206).

Al contrario del costruzionismo sociale dove la cultura è vista come una totale exteriorità che agisce sulla materia e la società si riflette nella natura, per Barad che riprende il concetto di diffrazione, già comunque introdotto nelle scienze sociali (Haraway, 1997), exteriorità ed interiorità si presentano come *exteriority within phenomena*, exteriorità

tra i fenomeni, visti come pratiche di formazione e conformazione al mondo circostante: “i fenomeni sono sempre riavvolti e riformati“ (Barad, 2007, 177).

Anche i corpi vengono rielaborati secondo diffrazione come processo di conoscenza nella produzione costante di *entanglements*.

DIFFRAZIONE	RIFLESSIONE
modello di diffrazione definizione di differenze da e come parte di uno stato di intreccio	Immagine specchio Riflessione di oggetti tenuti a distanza
differenze, relazionalità L’oggettività riguarda il considerare i segni sui corpi, cioè, le differenze materializzate, le differenze che contano	uguaglianza, mimesi L’oggettività riguarda le riflessioni, le copie che sono omologhe agli originali, autentici, esenti da distorsione
metodologia diffrattiva	riflessività
performatività	rappresentazionalismo
soggetto ed oggetto non preesistono come tali, ma emergono attraverso le intra azioni	Limite determinato preesistente tra soggetto ed oggetto
ontologia intrecciata fenomeni material-discorsivi	entità separate parole e cose
Onto-episteme-logia Conoscere è una pratica materiale di impegno ( <i>engagement</i> ) come parte del mondo nel suo divenire differenziale	Ontologia/epistemologia binaria La conoscenza è credenza vera riguardo riflessioni da distante Binarietà cosciente/conosciuto Vedere/osservare/conoscere in modo distaccato
Intra-azione nel e come parte di	Interazione di entità separate
Differenze emergono con i fenomeni Separabilità agenziale Differenze reali materiali Ma senza assoluta separazione	Inside/outside Separazione assoluta Nessuna differenza Interno/esterno
Diffrazione/modello di differenza Stati intrecciati nell’intra azione di culture della natura	Parole specchio cose Binarietà sociale/naturale Binarietà natura/cultura
Far la differenza nel mondo Assumersi la responsabilità per il fatto che le nostre pratiche contano; il mondo è materializzato differentemente attraverso differenti pratiche (ontologia contingente)	Creare rappresentazioni Ricerca rappresentazioni accurate Sguardo da lontano
I fenomeni sono referenti oggettivi <i>accountability</i> ai segni sui corpi <i>accountability</i> e responsabilità tenere conto delle differenze che	Le cose sono referenti oggettivi Assegnazioni di responsabilità Ricerca dell’autenticità Rappresentazione allo specchio

importano	Di cose separate
Etico-onto-episteme-logia Etica, ontologia, epistemologia non separabili	Etica/ontologia/epistemologia/ Campi di studio separati
Leggere attraverso (la griglia di diffrazione)	Leggere contro (alcuni obiettivi/specchi)
Impegno transdisciplinare	Privilegiare una disciplina
Occuparsi del fatto che la produzione di demarcazioni tra le discipline è essa stessa una pratica material-discorsiva; quanto importano queste pratiche?	Lettura delle altre in contrapposizione a questa
Soggetto, oggetto contingente, non fissati	soggetto/oggetto fissati
Impegno deferente che si occupa di modelli dettagliati di concezione di ogni elemento; materia dai dettagli a struttura granulare fina	Reificare, semplificare, rendere l'altro un oggetto separato meno sollecito e predisposto a risolvere dettagli e dinamiche su come vengono prodotte le demarcazioni
Sommario spiegazione di come si materializzano ed assumono importanza le pratiche	Riflettere su rappresentazioni

(Barad, 2007 tabella pp.90-1, trad.nostra)

Nel passare da una posizione di rappresentazione ad una diffrattiva del mondo in cui noi stessi viviamo, ciò che osserviamo e come procediamo nell'osservazione comporta conseguenze ben reali e materiali per l'agente d'osservazione stesso.

Ma come è possibile che atomi ed umani pur condividendo lo stesso mondo si relazionino?

Secondo Donna Haraway la tecnoscienza<sup>38</sup> non è staccata dal mondo, ma nel suo farsi crea “narrative vincolanti a livello globale, capaci di connettere umani e non umani” (Haraway, 1997, p.157) fino al bisogno manifesto di una “comunità politicoscientifica” (Flower, 1994) in cui prenda forma una etica della scienza orientata alla libertà, una libertà tecnoscientifica<sup>39</sup>.

Quasi a riprendere la strada mostrata da Niels Bohr in “*Complementarity and Causality*”, nel 1959 il fisico Richard Feynman

<sup>38</sup> Bruno Latour ci ha introdotti al termine tecnoscienza (Latour, 1987) per sottolineare quanto i flussi tra scienza e tecnologia siano rapidi e disordinati, quanto una scoperta scientifica –un caso esemplare: l'energia nucleare- possa riconvertire l'ordine del mondo dallo scientifico al tecnologico e ritorno.

<sup>39</sup> cfr. nota 67 a p.173, in Haraway, 1997.

pubblicò un articolo dal titolo “*There's Plenty of Room at the Bottom*”<sup>40</sup>, relativo alla possibilità di manipolazione e controllo della materia su piccola scala portando ad esempio la possibilità nel concreto del campo della conoscenza di archiviare i 24 volumi dell’*Encyclopedia Britannica* sulla testa di uno spillo.

Oggi le nanotecnologie sono pratiche tecniche di intervento e manipolazione dell’infinitamente piccolo in via di forte consolidamento. La ricerca nel campo delle nanotecnologie si eleva a nuovo simbolo di progresso come negli anni 50 e 60 la missilistica e l’energia nucleare e negli anni 80 il computer.

Celebre simbolo di questa rivoluzione il nano logo dell’IBM disegnato con 35 atomi di xenon e pubblicato nel 1990 su *Nature*, o il progetto di un microscopio per vedere a livello atomico costruito per scommessa per meno di 100 dollari (escluso l’oscilloscopio) seguendo le istruzioni pubbliche sul web<sup>41</sup>.

Le conquiste del XX secolo relative alla conoscenza dell’infinitamente piccolo rendono oramai facile affermare che la materia non viene solo descritta, ma anche scritta! L’adozione di pratiche nano modifica concetti acquisiti ed oramai comuni quale quello di industria, tecnologie dell’informazione, medicina, *et cetera*..

Manipolare singoli atomi e molecole comporta la costruzione di artefatti non più *from the scratch*, cioè da un blocco grezzo di materia, ma componendo e combinando la materia a proprio piacimento, creando materiali diversificati per ogni esigenza a partire da un progetto che contempla atomo per atomo la costituzione dell’artefatto.

La conoscenza forgia la materia.

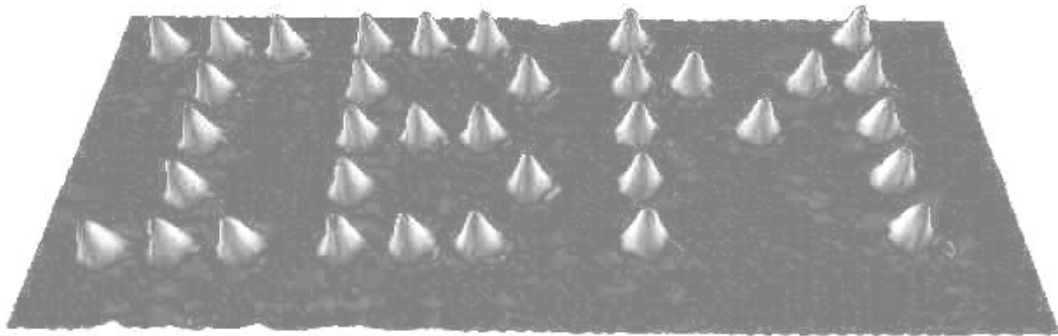
Ciò è stato possibile a partire dall’introduzione di microscopi STM

---

<sup>40</sup> trad.it.: C’è molto spazio là sotto - Feynman, R. 1960 “*There's Plenty of Room at the Bottom - An Invitation to Enter a New Field of Physics*” in *Engineering and Science*, vol. XXIII, n. 5.

<sup>41</sup> [http://www.geocities.com/spm\\_stm/Project.html](http://www.geocities.com/spm_stm/Project.html)

(Scanning Tunneling Microscope) e AFM (Atomic Force Microscope), strumenti che oltre che rappresentare la materia a livello atomico sono in grado di interagire con gli oggetti osservati secondo i principi di *entanglement* sopra descritti e permettono di praticare operazioni di ingegneria molecolare ricombinando la realtà a partire da rappresentazioni, per creare nuove molecole o costruire nano macchine.



Fonte: <http://nanotechnologysite.info/nanotechnology/1989-i-b-m-spelled-in-xenon-atoms/>





## Capitolo II

### Materia e società

*“Non ci sono rimedi adatti e metodi di decontaminazione (per il fallout).  
Non ci sono salvaguardie mediche o sanitarie per le persone delle zone atomizzate”*  
David Bradley

#### 2.1 La produzione sociale delle radiazioni

Durkheim sosteneva la necessità di studiare i fatti sociali come cose in quanto proprio per l'emergenza di essi “occorre che siano date forze capaci di produrre questa forza determinata e nature capaci di produrre questa natura specifica” (Durkheim, 1895, p.92), cioè quella sociale.

Harold Garfinkel nell'approfondire l'aforisma durkheimiano sulla concretezza dei fatti sociali di recente propone con l'etnometodologia di studiare come “il locale, endogeno funzionamento del fenomeno, la Cosa, il fatto sociale - ingorghi di traffico sulle tangenziali, camminare insieme, l'ordine esibito nella formazione delle code, i turni nelle conversazioni- esibisce tra tutti gli altri dettagli la coerenza della sua riconoscibile buona condotta nella popolazione che provvede a realizzarlo” (Garfinkel, 2002, p.66)<sup>42</sup>.

Per comprendere i fatti sociali è necessario indagarli nel loro farsi, costituirsi nella pratica: “tutte le pratiche sono mutue o collettive, non nel senso dell'essere omogenee o trasparenti, ma nel loro comprendere il mutuo incontro, negoziazione ed interpretazione” (Jenkins, 1994, p.445).

I significati dei fatti sociali andrebbero, secondo Warren Schmaus, compresi secondo “la loro relazione funzionale con altri fatti sociali, condizioni ambientali ed esiti del comportamento” (Schmaus, 2000, p.154) senza ridurli al comportamento stesso; “la divisione del lavoro non oppone mai gli individui, ma le funzioni sociali” (Durkheim, 1893, p.397).

---

<sup>42</sup> testo nella versione originale: “*the local, endogenous workings of the phenomenon, the Thing, the social fact -freeway traffic jams, walking together, the exhibited order of service in formatted queues, turn taking in conversation- exhibits among its other details the coherence of its identifying orderlinesses as the population that staffs it*”.

Le funzioni sociali della materia sono identificabili all'interno delle diverse pratiche: in qualità di simboli sacri (Durkheim, 1912), di doni (Mauss, 1950), di oggetti di controversia (Shapin e Shaeffer, 1985; Collins e Pinch, 1998), *et cetera*..

L'uso stesso della materia comporta la creazione di sistemi esperti, esperti e utenti finali (cfr. Collins, 1990, p.145-148) e per chi è impegnato in pratiche di conoscenza e controllo della materia “non è necessario che egli abbracci porzioni molto vaste dell'orizzonte sociale, ma basta che ne scorga abbastanza per capire che le sue azioni hanno uno scopo che le oltrepassa” (Durkheim, 1893, p.364).

Estendendo e parafrasando l'aforisma di Durkheim cose e fatti sociali sono costruiti reciprocamente. Durkheim stesso sviluppa il concetto di questa fusione sostenendo che le categorie cognitive della realtà vengono costruite sull'ordine sociale, ma lo mettono in relazione col sociale, lo fondono. Potremmo ipotizzare la possibilità di studiare le cose come fatti sociali e i fatti sociali come cose secondo una logica co-emergente di co-produzione di conoscenza scientifica ed ordine sociale (Jasanoff, 2004).

Secondo questa ipotesi la conoscenza della materia e le dinamiche sociali si riadatterebbero nel rapporto continuo tra materia e società, dando luogo ad una esperienza collettiva della materia.

Max Scheler vedeva nell'esperienza la forma più alta di empirismo sostenendo che tutto ciò che era dato a priori si fondava sull' “esperienza” in generale esattamente come tutto ciò che si manifesta nell' “esperienza” intesa quale osservazione e induzione. Se si vuole, si può pure definire questa posizione come “empirismo”; “i fatti e solo i fatti, e non le costruzioni di un “intelletto” arbitrario, ne sono i fondamenti” (Scheler, 1916, p.78).

Secondo Maggie Mott, la quale analizza la storia sociotecnica dei cantieri per sommergibili nucleari di classe Trident nel porto di Barrow in

Gran Bretagna, è possibile utilizzare “la conoscenza degli addetti ai lavori come ausilio nella costruzione di un ponte tra ciò che i sociologi hanno rilevato circa la tecnologia e come il pubblico percepisce le tecnologie” (Mott, 2002, p.18). Andrew Webster insiste sull’aspetto processuale ed elaborativo, come relazionale e produttivo della conoscenza scientifica e tecnologica (cfr. Webster, 1991, pp.95 e 101). Sheila Jasanoff inoltre considera:

a) gli studi sociali di scienza e tecnologia come un accesso allo studio del potere della scienza (cfr. Jasanoff, 2005, p.344-345);

b) la necessità di “seguire le traiettorie della miriade di altri attori sociali, i cui valori e le cui aspettative si compenetrano con quelle degli scienziati e degli inventori e creano le condizioni nelle quali le idee scientifiche si traducono in realtà materiali e sociali” (Jasanoff, 2005, p.345).

Se il concetto stesso di materia e di sostanza è di origine collettiva può allora essere sottoposto a continue interpretazioni, adattamenti e revisioni nel corso del tempo. Mondi sociali, *boundaries* ed oggetti liminali convivono in una tensione continua e di riconfigurazione. Materia e società si incontrano ed intersecano di continuo, si scambiano ruoli e funzioni, creano nuovi equilibri e configurano i fenomeni collettivi classificati come scoperte ed invenzioni.

Nello studiare tale rapporto Lorraine Daston sviluppa un approccio biografico degli oggetti scientifici (Daston, 2000). Su questo filone è stato indagato il concetto di elettrone (Arabatzis, 2006). In relazione alla materia diversi criteri ed interpretazioni si sono succeduti nel tempo; pertanto, secondo Arabatzis, seguendo un’analisi metastorica dei concetti fisici ed esaminando i presupposti filosofici delle categorie storiografiche, è possibile parlare della rappresentazione di entità teoriche come dell’insieme dei concetti plastici che costituiscono una risorsa manipolabile per fisici e chimici, adottata per risolvere problemi di carattere tanto concettuale quanto empirico.

Esaminando la plasticità di tali rappresentazioni diventa allora

possibile anche descrivere ad esempio il cambiamento dello *status* ontologico della materia e del concetto di sostanza nella chimica del XVIII e XIX secolo (Klein e Lefèvre, 2007), che ha mutato anche la chimica stessa come paradigma e contenuti.

Se non è possibile separare l'oggetto d'indagine dalle condizioni sociali dell'indagine, il rapporto tra materia e sensazione è analizzabile secondo il concetto di "contenuto della sensazione" (Scheler, 1926, p.86) che comprende anche tutti gli elementi del mondo materiale che partecipano (nel loro apparire e scomparire) al cambiamento della condizione del corpo sociale. Durkheim stesso pone alla base del processo di conoscenza la sensazione (Sawyer, 2002) secondo una logica di emergenza (Sawyer, 2001).

E' possibile porre in relazione le proprietà invisibili della materia con le pratiche sociali e di considerare come siano co-emerse?

Per comprendere come le pratiche scientifiche e tecnologiche dei raggi si siano innervate nel tessuto sociale è necessario innanzitutto procedere ricostruendo la loro affermazione e diffusione in termini storico-culturali e sul fondo storico-culturale su cui poggiano le rappresentazioni sul rischio radioattivo successive a Hiroshima e Chernobyl.

Le prime ricerche sulla trasmutazione della materia e sulle proprietà radioattive di alcuni elementi furono condotte in laboratori scarni e poco attrezzati alla fine dell'Ottocento. Allora, agli albori dell'elettricità e delle telecomunicazioni, pochi scienziati si occupavano di esperimenti sull'elettromagnetismo e sulla costituzione della materia.

Quasi contemporaneamente, Wilhelm Conrad Roentgen e Marie Sklodowska Curie fecero delle scoperte che resero possibile distinguere da subito le radiazioni in prodotte artificialmente e naturali contribuendo

entrambi al processo di crescita di conoscenza sulla materia<sup>43</sup>.

Le scoperte nel campo della fisica e della chimica della fine del XIX secolo sono fondamentali per la comprensione dei processi che hanno istituzionalizzato la tecnoscienza nucleare e l'*embedding* delle radiazioni nella società. La scoperta delle radiazioni non è imputabile solo ad un unico esperimento ed ad un unico scienziato; è piuttosto un lavoro collettivo sviluppato nel tempo<sup>44</sup>.

Fin dal 1895, anno della scoperta dei raggi X da parte di Roentgen, le radiazioni hanno definito orizzonti della ricerca scientifica e medica, sono entrate a far parte dell'immaginario collettivo, sono apparse nella forma di notizie su quotidiani; sono state costruite socialmente ed hanno acquisito visibilità come fenomeno dentro i laboratori, nella medicina e nelle pratiche più disparate.

Roentgen (1845-1923) chiamò X i raggi invisibili prodotti da un tubo catodico e che avevano accidentalmente impressionato una lastra fotografica.

Il 28 dicembre 1895 Roentgen presentò un suo articolo *Ueber eine neue Art von Strahlen*<sup>45</sup> al congresso della Società fisico-medica di Würzburg. L'esperimento fu replicato in tutto il mondo grazie al fatto che già diversi gabinetti scientifici possedevano tubi catodici. L'8 febbraio dell'anno seguente, a Dartmouth in Massachusetts, i raggi x vennero utilizzati a fini medici per la prima volta dall'astronomo Edwin Brant Frost, il quale, per il suo fratello medico, impressionò su una lastra la frattura di Eddie McCarthy (Grigg, 1965). Un altro medico pubblicò un articolo che descriveva l'esperimento effettuato con i raggi su una cavia

---

<sup>43</sup> Sull'ipotesi delle scoperte multiple nella scienza cfr. Merton, R.K. 1961 "Singletons and Multiples in Scientific Discovery" in *Proceedings of American Philosophical Society*, n.105, pp.470-486 (trad.it 1981 *La sociologia della scienza*, Il Mulino, Bologna, pp. 436-466).

<sup>44</sup> Per una cronologia degli eventi più significativi relativi alla scoperta delle radiazioni cfr. <http://www.umich.edu/~radinfo/introduction/chrono.htm>

<sup>45</sup> traduzione: "Su un nuovo tipo di raggi".

(Rollins, 1901) ed in breve crebbero esperimenti ed applicazioni consolidandosi nella rete di pratiche note come radiologia (Brecher e Brecher, 1969).

Una traduzione inglese dell'articolo di Roentgen fu pubblicata su *Nature* il 23 gennaio 1896, diffondendo le informazioni su come riprodurre l'esperimento; scienziati di tutto il mondo furono non solo in grado di riprodurre il fenomeno, dal momento che il tubo catodico era già disponibile e prodotto industrialmente, ma anche di pubblicare le loro considerazioni.

La scoperta di Roentgen riscosse non solo l'immediato interesse della comunità scientifica ma anche della stampa; il *Pall Mall Gazette*, pubblicava un articolo a marzo del 1896 con cui manifestava il proprio ostracismo verso le immagini prodotte dagli apparecchi Roentgen (Rowe, 2003) in quanto si sosteneva che mettevano a nudo l'intimità, rappresentata dallo scheletro di persone vive<sup>46</sup>.

La stampa seguiva il fenomeno X pubblicando storie vere e di fantasia. La cosa che più catturava l'attenzione del pubblico era la capacità dei raggi x di attraversare la materia solida ed aprire le porte ad una nuova dimensione fatta di immagini dello scheletro e di ciò che era contenuto in contenitori chiusi, mentre la comunità scientifica era più interessata alla dimostrazione empirica di onde di lunghezza inferiore a

---

<sup>46</sup> Testo originale riportato da Calder: *"We are sick of the Roentgen rays. It is now said, and we hope untruly, that Mr. Edison has discovered a substance - tungstate of calcium is its revolting name - which is potential (whatever that means) to the said rays. The consequence appears to be that you can see other people's bones with the naked eye and also see through eight inches of solid wood. On the revolting indecency of this, there is no need to dwell. But what we seriously put before the attention of the government is that the moment this comes into anything like general use it will call for legislative restriction of the severest kind. Perhaps the best thing would be for all civilised countries to combine to burn all the works on the Roentgen rays, execute the discoverers and corner all the tungstate in the world and whelm it in the middle of the ocean. Let the fish contemplate each others' bones if they like but not us."* (Calder, 1951, p.41)

quella della luce, dimostrazione che, a sua volta, anticipava nuove ipotesi sulla struttura della materia.

## 2.2 I raggi X come pratica medica

Subito dopo l'annuncio della scoperta i raggi furono importati dai gabinetti scientifici negli ambulatori medici e nei reparti di chirurgia, dando origine alla pratica radiologica. Nel luglio del 1896 il medico Despeignes di Lione fu il primo ad adottare una prima applicazione di raggi su di un trentaduenne affetto da tumore allo stomaco (Leszczynski e Boyko, 1997), mentre il dottor Leopold Freund dimostrò l'effetto biologico dei raggi x su di un paziente di 5 anni (Kogelnik, 1997). Il medico statunitense Elihu Thomson fu il primo a stabilire, sperimentando sul proprio indice sinistro, la relazione tra esposizione ai raggi X ed effetti sul corpo umano (Thomson, 1898).

Roentgen stesso inviò una copia di *Ueber eine nue Art von Strahlen* a Lord Kelvin a Glasgow, in Scozia, dove il medico John Macintyre si occupava di medicina elettrica al Glasgow Royal Infirmary.

Il 5 febbraio 1896 Macintyre presentò alla *Philosophical Society* di Glasgow i nuovi raggi Roentgen, ottenendo in marzo il *nulla osta* dai dirigenti dell'ospedale stesso ad aprire un ambulatorio di raggi X nel dipartimento di medicina elettrica. Questo fu il primo dipartimento al mondo ad effettuare raggi X su pazienti (Calder, 2001).

Dal momento che in presenza di una ferita da arma da fuoco la chirurgia procedeva ancora per tentativi nelle pratiche di estrazione del proiettile, la radiografia fu subito utilizzata sperimentalmente come strumento diagnostico nella chirurgia militare durante la guerra in Abissinia del 1896 (Thomas, 2007).

L'anno successivo allo scoppio del conflitto tra Grecia e Turchia Esad Feyz, un medico internista dell'equipe clinica del professor Salih

Effendi di Istanbul, utilizzò un apparecchio Roentgen e con la supervisione di una delegazione della croce rossa tedesca, interessata a testare la tecnica radiografica, fece le prime radiografie per localizzare i proiettili nella carne dei soldati turchi feriti (Ulman, Livadas e Yildirim, 2005). I benefici per l'esercito ed i vantaggi per la chirurgia furono tra i primi motivi per cui la radiologia si impose come pratica e disciplina medica.

Dopo quindici anni di lavoro con le apparecchiature roentgen molti radiologi però perirono e solo allora cominciarono ad essere adottate delle protezioni. Al tempo stesso in diversi laboratori il radio venne usato come nuova terapia capace di rinforzare il fisico, elaborando una filosofia del "*mild radium therapy*" che consisteva nella somministrazione orale o parenterale di minime quantità di radio e dei suoi isotopi come cura per i reumatismi, ipertensione e disordini metabolici (Macklis, 1990).

Il dentista William Herbert Rollins, laureato in medicina ad Harvard (Kathren, 1964), usava la sua casa come laboratorio e fondi personali per condurre attività sperimentali sui raggi X (Gittinger, 2001).

Rollins chiamava i raggi x "*X-light*", ovvero luce X, e pubblicò a riguardo circa 180 resoconti tra marzo 1896 ed il febbraio del 1904 (Rollins, 1904). In particolare, nel 1901 pubblicò un articolo apparso sul *Boston Medical and Surgical Journal* dal titolo "*X-light Kills*" che descriveva gli effetti di alcuni esperimenti condotti esponendo due porcellini d'india ai raggi X.

Le conclusioni a cui era giunto con i suoi esperimenti era che chi si esponeva ai raggi X doveva indossare degli occhiali radio opachi ed i tubi catodici sorgenti di raggi dovevano essere chiusi in contenitori di protezione di piombo. Rollins progettò diversi dispositivi e strumenti di protezione artigianali sia per l'operatore che il paziente che si esponeva a pratiche radiologiche. Furono sviluppati prototipi di protezioni dalle



radiazioni come occhiali con lenti radio-opache, filtri, dosimetri personali. Al tempo stesso diversi altri sperimentatori dei raggi ne negavano gli effetti (Codman, 1901).

Nel 1903 veniva pubblicato un articolo di Rollins, "*Notes on X-light: The Effect of X-light on the Crystalline Lens*", che presenta il caso di un uomo che in seguito all'esposizione alle radiazioni aveva sviluppato la cataratta (Rollins, 1903) e come risultato di numerosi casi di invecchamento precoce degli occhi durante le visite oftalmologiche. Rollins aveva evitato conseguenze dei raggi sul suo corpo poiché aveva preso delle precauzioni e si era protetto (cfr. Rollins, 1903, p.364).

Il medico Leslie Paton nel 1909, riportava il caso di "Miss MN", di 32 anni, la quale aveva ricevuto una terapia di raggi per curare una forma di *lupus* su entrambe le guancie (Paton, 1909).

Nel 1911 due articoli pubblicati nel *Journal of Ophthalmology, Otology and Laryngology*, a cura del dottor Brooks, medico di Kalamazoo, nel Michigan, e del dottor Linnell, medico di Norwich, nel Connecticut, trattano gli effetti positivi dell'esposizione ai raggi X (Brooks, 1911; Linnell, 1911).

Brooks riportava che il miglioramento non era dovuto al cristallino, ma ad un effetto sulla retina. Tale successo permetteva di continuare nel curare altri pazienti e di ammortizzare le spese sostenute per il tubo catodico e l'apparecchio (cfr. Brooks, op.cit., p.425).

Successivamente altri medici riportarono simili successi; nel 1914 Albert Mattice aveva trattato un tumore alla cornea con il radio:

"l'azione del radio sulle opacità del cristallino è stata nulla, ma in un caso di cataratta cerulea a forma di stella nella corteccia anteriore l'opacità si è frantumata ed è scomparsa completamente dopo cinque sedute di un'ora a settimana, applicando il tubo direttamente sulla sclera" (Mattice, 1914, p.245).

Walter Scott Franklin e Frederick Carl Cordes pubblicarono nell'

*American Journal of Ophthalmology* (Franklin e Cordes, 1920) uno studio su 31 casi di trattamento di palpebre con radio. Un apparecchio per applicare il radio veniva posto sugli occhi chiusi per un'ora, due volte a settimana per quattro settimane e poi settimanalmente, fino a che il processo diventasse stazionario.

Cordes e Franklin osservarono che nell'84.3% dei casi c'erano miglioramenti:

“Il radio è di valore provato nel trattamento dell'incipiente cataratta... sebbene la vista non può essere portata alla normalità in molti individui, il risultato definitivo è superiore ad un occhio aphakic come è ottenuto con chirurgia e non sottopone il paziente al rischio chirurgico di questa procedura” (Franklin e Cordes, 1920, p. 646).

Il radio dava risultati positivi nel trattamento della cataratta. Questa fu la conclusione dei due oftalmologi, i quali, nel 1921, descrissero un "Radium Applicator for Cataracts" (Franklin e Cordes, 1921, p.429) in risposta alle diverse domande ricevute a proposito delle caratteristiche dell'apparecchio per applicare il radio, includendo altri esempi di applicazioni per la cura della cataratta e di altre patologie (ibidem, p.430).

Altri esempi di apparecchi e terapie vennero da altri medici: nella prevenzione di scottature (Allen, 1922), come nella manifattura di occhiali con lenti radioattive (Brooks, 1925).

La crescita in grandezza ed in complessità degli apparati rese possibile l'affermazione professionale dei tecnici a fianco dello sviluppo della radiologia nella consapevolezza che avrebbero appreso i principi anatomici del corpo umano per posizionare l'apparecchio a raggi, ma non si sarebbero addentrati nello studio della patologia per lasciare l'esclusivo esercizio della diagnostica ai medici (cfr. Larkin, 1978).

### 2. 3 L'effetto Hiroshima

I minerali radioattivi furono in breve introdotti nel commercio e reclamizzati come rimedi per la salute e come cura per le malattie più diverse: acqua di fonte radioattiva, pane al radio prodotto nel Joachimstal in Cecoslovacchia (dove verranno estratti i minerali per gli esperimenti tedeschi), sigarette, lacci per il polso, *et cetera*..<sup>47</sup>

Tra i prodotti messi in commercio il Radithor, composto da radio 226 e 228 in acqua distillata. Il Radithor prodotto dai *Bailey Radium Laboratories* veniva reclamizzato come cura per 150 patologie endocrinologiche, compresa l'impotenza sessuale, e prescritto dai medici curanti per la cura dell'acne, artrite, l'alta pressione (Stannard, 1988).

Molte persone facevano uso del Radithor ed altri "rimedi" che contenevano radio in piccole quantità. Tra il 1925 ed il 1930 vennero messe in commercio circa 400.000 confezioni, ognuna contenente 2  $\mu\text{Ci}$  (74 kBq) di radio, 1  $\mu\text{Ci}$  di  $^{226}\text{Ra}$  ed 1  $\mu\text{Ci}$  di  $^{228}\text{Ra}$ .

L'uso del Radithor divenne in breve tempo molto comune soprattutto per il fatto di contenere minerali radioattivi, e ciò veniva considerato un beneficio (Macklis 1990; Macklis et al., 1990).

La rivista Time del 11 aprile del 1932 riportava la notizia della morte di Eben Myers, che negli ultimi anni aveva fatto largo uso terapeutico bevendo grandi quantità di Radithor. Il medico che aveva condotto l'autopsia aveva trovato 35 milligrammi di radio nelle ossa di Byers (la quantità letale conosciuta è 10 milligrammi)<sup>48</sup>. La morte del magnate di Pittsburgh Eben M. Byers portò a collegare l'uso di rimedi al radio ed effetti negativi sul corpo umano e, quindi, allo sviluppo di regole

---

<sup>47</sup> Per documentarsi sui prodotti messi in commercio in passato contenenti materiale radioattivo rimandiamo a: <http://www.orau.org/PTP/collection/quackcures/quackcures.htm>

<sup>48</sup> **Time** 1932 "Radium Drinks" Monday, Apr. 11. (<http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,743525,00.html>)

di controllo su tutti i radiofarmaci.

Nel corso degli anni trenta la notizia di successi nel trattamento con radiazioni, e comunque di pubblicazioni scientifiche in merito, divennero sempre più rare fino a scomparire. Ciò fu dovuto all'interesse della stampa e degli scienziati soprattutto per due vicende molto note nella radiologia che avevano scosso tanto l'opinione pubblica quanto la comunità scientifica: la vicenda del magnate Eben Byers e quella delle *Radium Girls*.

Solo dopo la Seconda Guerra mondiale gli effetti delle radiazioni furono sistematicamente documentati con studi dedicati ai sopravvissuti alle bombe atomiche (Cogan et al., 1949) e alle maestranze delle grandi macchine, i ciclotroni, che emettevano raggi alfa letali per la salute (Abelson e Kruger, 1949) che misero in rilievo la pericolosità collettiva derivata dall'esposizione alle radiazioni ed istituzionalizzarono le pratiche di prevenzione e protezione radiologica.

Alla fine degli anni 40 l'idea che le radiazioni avessero effetti benefici per gli occhi era scomparsa sia tra i medici e scienziati che nell'opinione pubblica. Le radiazioni erano da evitare; ad esempio, gli effetti catarattogenici delle radiazioni ionizzanti erano oramai evidenti sia nei casi esaminati tra le vittime delle bombe atomiche che tra gli operai dei ciclotroni.

In sei pubblicazioni Cogan formulò delle ipotesi convincenti sull'ipersensibilità degli occhi alle radiazioni (Cogan e Donaldson, 1951; Cogan e Dreisler, 1953) ed ancora oggi lo studio oftalmologico della cataratta causata da radiazioni è tra i più frequenti nella letteratura medica. Studi successivi sugli effetti delle radiazioni su particolari segmenti sociali risalgono al 1959 con "*Cyclotron Cataracts*" di Alan C. Woods sull'esposizione ai raggi per i lavoratori dei ciclotroni (Woods, 1959).

I *follow-up* sui sopravvissuti di Hiroshima e Nagasaki e la letteratura disponibile a partire dalla fine dell'ottocento costituiscono il materiale su cui la medicina generale e nucleare lavora per definire le patologie ed includere ed escludere cause ed effetti.

L'effetto di Hiroshima e la propagazione di notizie sulla pericolosità delle radiazioni ebbe conseguenze immediate ed alimentò il dibattito in ambiti sociali diversi (Hiddinga, 1992). Le pratiche sociali più disparate che comprendevano le radiazioni furono sospese, come quelle comuni tra le donne statunitensi di rimuovere i peli superflui sottoponendosi a sedute con raggi x (cfr. Herzig, 1999, p.88).

Nella stessa ABCC, l'*Atomic Bomb Casualty Commission*, la commissione incaricata di valutare i danni sulla popolazione giapponese esposta alle radiazioni non fu possibile giungere a valutazioni conclusive sulla possibilità di casi di mutazione nella popolazione di Hiroshima. In una ricerca Lindee sostiene che la ABCC sia stata influenzata nei suoi giudizi da fattori di natura politica e culturale (Lindee, 1994).

La storia delle radiazioni è il prodotto della partecipazione trasversale di medicina e pubblico (cfr. Gittinger, 2001, 116).

Nonostante siano passati più di 60 anni lo studio degli effetti delle radiazioni sugli occhi si basa ancora soprattutto sui casi legati ad Hiroshima e Nagasaki. Nel caso delle cataratte ancora nel 1996 è stato riesaminato il rapporto tra dosi di radiazioni e cataratte misurato nel biennio 1963-1964 in 1742 sopravvissuti alle bombe atomiche, di cui 67 affetti da cataratte (Otake et al., 1996).

La scoperta delle radiazioni ed il loro conseguente graduale *embedding* nella società nei cinquant'anni che vanno dal 1895 fino al 1945 hanno determinato non solo una crescita nell'uso e negli effetti delle radiazioni, ma anche lo sviluppo di pratiche e strumenti di limitazione della contaminazione. La scienza della protezione da radiazioni, o "*health*

*physics*” si è sviluppata negli stessi laboratori ed ambulatori per applicazioni con raggi.

La mancanza di esperienza precedente rispetto al fenomeno fisico dei raggi e delle sue conseguenze sugli organismi e sull’ambiente hanno avuto come risultato un alto numero di vittime, soprattutto nelle professioni che integravano il contatto o la vicinanza con sorgenti radioattive. Al tempo stesso l’invisibilità e l’impossibilità di percepire le radiazioni con i sensi umani dava adito a credenze benefiche degli stessi ed applicazioni terapeutiche venivano contemplate.

L’uso smoderato e non controllato delle radiazioni aveva prodotto effetti diffusi nella popolazione negli Stati Uniti ed in Europa e integrare i risultati derivati da studi su cittadini comuni, addetti a lavori che contemplavano l’uso e l’esposizione a radiazioni, medici, radiologi e gli addetti alle macchine per i raggi ha richiesto tempo.

Le ferite ed effetti dei raggi non venivano attribuiti alle radiazioni per via della bassa dose di radiazioni e la lentezza con cui si manifestavano ed anche per la medicina solo l’effetto Hiroshima è riuscito a definire delle pratiche di protezione radiologica come risposta alla vesante radiofobia del dopoguerra (Yalow, 1990).

#### *2.4 Gruppi sociali e contaminazione radioattiva: le “Radium Girls”*

Una volta condensati i flussi tra gabinetti scientifici e reparti di radiologia, materia e società iniziarono a riconfigurarsi in seguito al consolidarsi di pratiche sociali che includevano l’uso di materiale radioattivo ed esposizione a radiazioni.

Il radio fu inizialmente sfruttato in applicazioni industriali soprattutto per via della sua fluorescenza. Tra le prime infrastrutture legate alle radiazioni ci furono le fabbriche di quadranti.

Nel 1903, George F. Kunz dipinse le lancette del suo orologio da

polso con vernice fluorescente per poter vedere l'ora anche al buio. Kunz fece richiesta per depositare il brevetto, come un composto radioluminoso simile fu brevettato nel 1904 da Hugo Lieber. L'*Ansonia Clock Company* di New York fu la prima ditta a produrre orologi con lancette fluorescenti (cfr. Rowland, 1994, p.11). Dopo la prima Guerra mondiale crebbe la popolarità degli orologi da polso utilizzati al fronte al posto di quelli da tasca, difficili da estrarre per vedere l'ora e facili da perdere nella vita di trincea.

Nel 1921 la *Radium Luminous Materials Corporation*, fondata da Sabin A. von Sochocky e George S. Willis venne trasformata nell' U.S. Radium Corporation, azienda interessata sia al commercio di radio in ambito medico e della pittura di quadranti per orologi ed altre apparecchiature (Rowland, op.cit., p.12). Nel 1920 il numero 122 di *Scientific American* dedicò un articolo alla storia del radio ed al rapido sviluppo industriale della pittura dei quadranti che aveva già reso possibile la produzione di un milione di orologi con quadranti visibili al buio (Mount, 1920).

Nel maggio 1919 la *U.S. Radium Corporation* iniziò ad usare per pitturare i quadranti una vernice contenente mesotorio ( $^{228}\text{Ra}$ ), estratto dalla sabbia di monazite. La raffinazione di questo prodotto avveniva nello Stato del New Jersey nel laboratorio di Orange (cfr. Rowland, 1994, p.12). Altro stabilimento di produzione, il *Radium Dial Company*, fu spostato dentro lo Stato dell'Illinois, da Chicago e Peru a Ottawa.

In Italia, la *Panerai*, fabbrica svizzera di orologi e strumenti di precisione, aveva iniziato la produzione di quadranti luminosi rendendo autoluminosi i quadranti di strumenti di puntamento, armi costruite appositamente per incursioni notturne e cannocchiali. La luminescenza veniva ottenuta impiegando il Radiomir, una miscela di solfuro di zinco e bromuro di radio.

Recentemente lo studio degli effetti delle radiazioni negli ambienti di lavoro non specialistico si è aggiunto a quelli sui sopravvissuti giapponesi e sulle maestranze addette ai ciclotroni.

In particolare, è stato considerato il caso delle "*Radium Girls*", le operaie addette alla pittura a mano con smalti fosforescenti dei quadranti autoluminosi (Clark, 1997). Tale studio è stato condotto con l'esame dei sintomi e delle malattie contratte durante l'occupazione lavorativa di gruppi di donne nelle fabbriche di quadranti<sup>49</sup>, al fine di fornire un indicatore preciso dei danni da radiazioni.

Dopo la fine della Prima Guerra mondiale centinaia di donne vennero impiegate per pitturare con il radio quadranti e strumenti militari. Presto divenne consuetudine tra le operaie al lavoro di passarsi sovente il pennello tra le labbra, da cui la tecnica conosciuta come *brush tipping*, per affilarne la punta ed ottenere un tratto più sottile (Rowland, 1994) come gesto caratteristico della precisione con cui pitturavano i quadranti.

Molte di queste contaminarono la bocca ed ingerirono per anni il mesotorio (Ra-226 e Ra-228).

Un dentista di New York, Theodore Blum, fu tra i primi ad osservare gli effetti del radio derivanti da questa pratica -coniando il nome della patologia "*radium jaw*"<sup>50</sup>- su una donna che aveva lavorato diversi anni negli stabilimenti del New Jersey.

Solo dopo l'osservazione clinica di diverse patologie, tra cui dei tumori maligni, fu vietata negli stabilimenti la pratica del *brush tipping*. L'Argonne National Laboratory ha pubblicato nel 1994 uno studio<sup>51</sup> che tiene conto dei processi che hanno portato alle attuali applicazioni delle conoscenze radiologiche in campo medico nonché nell'industria dei

---

<sup>49</sup> cfr. **Toohy, R.E.** The Saga of the Radium Dial Painters. The first occupational internal dose study cohort, Oak Ridge Ass.ed Universities [<http://www.ustur.wsu.edu/Radium/files/SagaOfRaDPs.pdf>].

<sup>50</sup> traduzione: mascella al radio

<sup>51</sup> Report scaricabile da: <http://www.ustur.wsu.edu/Radium/index.html>



quadranti fosforescenti per orologi ed apparecchiature militari e di precisione.



1925 - L'officina di pittura dei quadranti a Ottawa, nello Stato dell' Illinois (immagine tratta da Rowland, 1994, p.17).

Negli Stati Uniti l'USTUR<sup>52</sup> (*United States Transuranium & Uranium Registries*) si occupa di studiare i fenomeni biocinetici e di misurazione delle sostanze radioattive presenti in individui esposti per cause legate alla loro professione. Tale studio include casi di esposizione a radiazioni il cui è fine di produrre dati come risorsa nazionale ed internazionale per effettuare dei test e migliorare le procedure usate per stabilire le misurazioni di contaminazione radioattiva nelle autopsie.

Questi studi presentano inoltre applicazioni nelle valutazioni passate e future sull'attendibilità delle dosi riscontrate nei tessuti ed i rischi da assorbimento di materiali radioattivi attraverso inalazione, ingestione, o ferite contaminate.

Presso l'USTUR è stato istituito un archivio, il National Human Radiobiological Tissue Repository, che conserva e studia migliaia di campioni di tessuto osseo umano, surgelati, in polvere, seccati e plastificati.

I campioni vengono utilizzati per gli studi portati avanti dall'Argonne National Laboratory e dall'Argonne Cancer Research Hospital, il Massachusetts Institute of Technology, nonché il New Jersey Radium Research Project. I campioni ossei, come anche numerosi campioni di tessuti molli, sono contrassegnati con un proprio numero identificativo. Tali numeri vengono utilizzati per recuperare i dati sui casi identificati provenienti da diverse pubblicazioni di laboratori ed ospedali. Questi dati includono la sorgente a cui è stata esposta la persona, ustioni del corpo, sintomi radiochimici ed anamnesi.

I campioni umani conservati nell'archivio del NHRTR e contenenti plutonio, americio ed uranio provengono da parti di cadaveri di donatori volontari che hanno trascorso la vita lavorando a contatto con materiali contenenti elementi attinidi e con chi è stato contaminato da questi

---

<sup>52</sup> <http://www.ustur.wsu.edu/index.html>

radionuclidi con una certificazione di contaminazione radioattiva. Una parte dei tessuti ricevuti dall'USTUR viene sottoposta ad analisi radiochimica per determinare le concentrazioni di elementi attinidi nei vari organi. Il resto viene conservato congelato.

Il database dell'USTUR dispone di un inventario di campioni del'NHRTR. Le informazioni sui donatori a cui è stato iniettato il *thorotrast* comprendono la quantità iniettata, l'età a cui il donatore è stato sottoposto all'iniezione, la documentazione dell'autopsia, i dati dell'analisi radiochimica. I donatori sono volontari, lavoratori con una contaminazione certificata che si possono registrare nelle liste dell'USTUR per autorizzare l'uso a scopo di ricerca del proprio corpo, o di campioni, dopo la loro morte, ma anche degli esami e delle cartelle mediche relative all'esposizione a radiazioni. In modo simile alle procedure per donare gli organi i volontari acconsentono alla donazione anche di tutto il corpo all'USTUR, cosa che può anche essere decisa dai parenti dopo la morte del donatore.

### *2.5 Trafficare la materia*

Le pratiche collettive che coinvolgono la materia radioattiva consistono non solo in semplici scambi, ma in un vero e proprio traffico.

Il materiale radioattivo, gli effetti delle radiazioni, cosa pensiamo e sappiamo delle radiazioni non riguardano in modo esclusivo la scienza.

Gli studi culturali della conoscenza scientifica rivelano il traffico presente che attraversa i confini che “presumibilmente dividono le comunità scientifiche (il loro linguaggio e le loro norme) dal resto del mondo” (Rouse, 1996, p.249-250). Il traffico stesso si presenta come una cultura, un sistema simbolico che diventa, oltre un certo grado di complessità, autoreferenziale:

“Il traffico di oggetti, ricercatori ed informazioni produce un mondo vitale in

cui sono localizzati i laboratori, ma che estende ulteriormente i confini dei singoli laboratori” (Knorr-Cetina, 1999, p.39).

Tale mondo vitale comprende produzione ed uso di artefatti, strumenti, oggetti che vengono proposti e adattati nei diversi contesti fino a non riconoscere più il grado di coinvolgimento del sociale nel tecnico. Termini come *prosumer* (Toffler, 1980), o “innofusione” (Fleck, 1988), enfatizzano il coinvolgimento reciproco tra produzione ed uso, tra innovazione e diffusione, fino a comprendere tecnologia e società in un processo combinato di riconfigurazione continua di strumenti e pratiche sociali, di co-produzione di società e tecnologia (Jasanoff, 2004a). La tecnologia come processo si incarna “in pratiche sociali, identità, norme, convenzioni, discorsi, strumenti ed istituzioni –in breve, in tutti i mattoni che costituiscono ciò che definiamo il *sociale*” (Jasanoff, 2004b, p.3).

In riferimento alle pratiche sociali, che hanno comportato la manipolazione e l’uso di materiali radioattivi, Maria Rentetzi ha coniato il concetto di *trafficking material* (Rentetzi, 2007).

L’idea da cui Rentetzi ha tratto i suoi presupposti teorici è il concetto di *boundary object*, oggetto liminale, già incontrato nel primo capitolo, traducibile qui però come materiale trafficato, in riferimento alle diverse e plastiche rappresentazioni che, nei diversi mondi sociali (Strauss, 1978; Becker, 1982) attraversati il radio assume. Il radio è presente in contesti molto diversi sia come oggetto scientifico che come *commodity*, bene di consumo.

In breve, circola.

Circola come in un traffico: il radio, come altro materiale radioattivo, passa *from hand to hand*, da disciplina a disciplina, da laboratorio a laboratorio. Oltre che spostarsi fisicamente attraverso diversi agenti, scienziati e tecnici, laboratori e discipline, viaggia anche sottoforma di idee. Non è da sottovalutare il fatto che le comunità

epistemiche sono esse stesse dei canali attraverso i quali le nuove idee circolano attraverso la società (Haas, 1992). Secondo Peter Haas una comunità epistemica è un network di professionisti con expertise accreditato e competenza in un dominio specifico provenienti da varie discipline ed esperienze precedenti che devono possedere:

- 1) un *set* condiviso di credenze di principio e normative, che forniscono dei valori di riferimento per rendere possibile l'azione sociale dei membri della comunità;
- 2) delle credenze causali condivise, le quali derivano dalle pratiche che portano o contribuiscono ad un *set* centrale di problemi e fungono da base per esplicitare i collegamenti multipli tra le possibili azioni e risultati attesi;
- 3) nozioni condivise ed intersoggettive di validazione, cioè criteri definiti dall'interno per trovare e valutare la conoscenza nel dominio del proprio expertise;
- 4) un'impresa di interesse comune, cioè un *set* di pratiche comuni associate ad un *set* di problemi a cui è diretta la propria competenza professionale<sup>53</sup>.

A differenza del concetto di *boundary object*, secondo Rentetzi, la caratteristica principale del *trafficking material* è l'abilità ad assumere identità multiple, non in quanto condiviso da diversi mondi sociali, ma in seguito al loro trasferimento attraverso di essi<sup>54</sup>.

Il movimento attraverso dei *boundaries* diventa parte inseparabile della/e sua/loro identità<sup>55</sup> che non era qualcosa di progettato, o nelle intenzioni di chi lo ha scoperto o inventato, o semplicemente raccolto. Infatti i fisici ed i chimici hanno avuto bisogno di più di dieci anni dalla scoperta del radio per identificare sufficientemente l'elemento, ascrivergli e comprenderne delle proprietà, descriverlo e classificarlo.

Utilizzato nei laboratori scientifici, i *trafficking materials* da

---

<sup>53</sup> cfr. Haas, 1992, p.3.

<sup>54</sup> cfr. Rentetzi, op.cit.cap.I, p.32, nota n.6.

<sup>55</sup> sul concetto di *boundary* cfr. Varsi, 1997.

strumenti e pratiche sperimentali diventano con uno *shift focus*, un cambiamento di messa a fuoco, sostanze materiali presenti sui tavoli di laboratorio e manipolate da sperimentatori esperti intenti a scoprire l'ordine naturale nel setting culturale del laboratorio (cfr. Rentetzi, 2007, cap I).

Come giungono in laboratorio questi materiali?

Elementi come il radio sono *item* commerciali, prodotti, preparati e venduti. Ciò fornisce un esempio di come il laboratorio e gli sperimentatori sono connessi al resto del mondo. Questi materiali, inoltre, forniscono un collegamento vitale tra il laboratorio ed il magazzino, l'ospedale, l'istituzione accademica, tra i luoghi di produzione e di consumo. Sono gli oggetti di network in sovrapposizione costruiti da attori differenti.

Diventare parte di questo *network* non comporta solo ottenere *expertise* scientifico, ma usare la strategia adatta e possedere il potere e l'autorità per imporsi.

Inoltre Rentetzi collega la dinamica dei *trafficking materials* radioattivi all'affermazione delle donne nel campo della radioattività<sup>56</sup>. Dal momento che le scienziate erano capaci di preparare sorgenti radio per uso medico, consigliavano i radiologi sulle proprietà curative del radio o si occupavano delle misurazioni della quantità di radio in campioni dei fondali oceanici. Perciò donne che si occupavano di fisica e chimica potevano superare i confini delle loro discipline grazie alla neonata scienza radiologica per andare a lavorare in laboratori di medicina o che si occupavano di oceanografia (Rentetzi, 2007).

---

<sup>56</sup> cfr. Rentetzi, op.cit., cap.VII, p.16.

## 2.6. La soglia di rischio radioattivo come negoziazione collettiva

“ALARA: As Low As Reasonably Achievable”

Tra gli effetti sociali di Hiroshima vi fu anche quello di rivedere i precedenti standard di protezione radiologica (Serwer, 1976) che portò dalle semplici regole condivise all'interno della categoria professionale dei radiologi a normative nazionali (Whittemore, 1986) e quindi internazionali (Lazo, 2003). Attualmente la protezione dalle radiazioni viene regolamentata dalle *radiation regulations* (basate sulle *Recommendations of International and National Radiation Protection Committees*).

Secondo il paradigma della teoria radiologica LNT (*Linear No-Threshold*) le esposizioni a bassi dosaggi comporterebbero comunque dei danni biologici, minori ma aventi sempre conseguenze. La teoria LNT applicata al rischio di cancro si basa su due assunti:

- 1) la risposta biologica del cancro aumenta con l'aumentare dell'esposizione alle radiazioni;
- 2) tutte le mutazioni, indotte da radiazioni ionizzanti o altri agenti, producono un aumento corrispondente del rischio di cancro.

Negli anni ottanta invece hanno cominciato a comparire sulle riviste specializzate dati in contraddizione con quanto sopra fino a concretizzarsi collettivamente nel documento dal titolo “*Health Effects of Low-Level Radiation*” della American Nuclear Society<sup>57</sup> fino a dar luogo ad una correzione dell'enunciato riguardo il concetto di dose collettiva:

“..essenzialmente, nessun dato umano, si può dire che fornisca credito necessario al concetto di dose collettiva con le sue implicite incertezze di una non soglia di rischio, linearità e indipendenza dall'ammontare della dose rispetto al rischio. Il meglio che si possa dire è che la maggiorparte degli studi non forniscono dati quantitativi che, con rilievo statistico, contraddicono il concetto di dose collettiva [...] In definitiva, la fiducia nella relazione con basse dosi della risposta lineare alla non

---

<sup>57</sup> <http://www.ans.org/pi/ps/pdfs/ps41.pdf>

soglia è basata sulla nostra comprensione dei meccanismi base coinvolti [...] Il cancro può essere causato dal passaggio di una singola particella carica, che danneggia il DNA come mutazione o piccole cancellazioni. E' un risultato di questo modo di ragionare derivato da una relazione di risposta alla dose lineare senza soglia non possa essere esclusa. E' la presunzione, basata su concetti biofisici, che fornisce una base per l'adozione e pratica d'uso della dose collettiva in attività di protezione radiologica" (NCRPM, 1995, p.45).

Nonostante il report del 1994 a cura dell'UNSCEAR<sup>58</sup> abbia sostenuto che basse dosi di radiazioni stimolino determinati meccanismi del DNA, i dati che parlano conseguentemente di effetti benefici delle radiazioni leggere sarebbero stati, secondo, invalidati, cancellati e criticati come non scientifici dalla comunità radiologica. In particolare, Myron Pollycove, un esperto del *Nuclear Regulatory Commission* statunitense, ha presentato alcuni esempi che evidenziano una manipolazione viziata da alcuni preconcetti dei dati presentati (Pollycove, 1998a, 1998b). Secondo l'esperto lo studio fluoroscopico canadese del 1989 (Miller et al., 1989) avrebbe modificato i dati per nascondere la diminuzione molto netta in casi di esposizione a basse radiazioni e far valere la logica della teoria LNT, mentre nella revisione del 1996 dello stesso studio i dati inerenti basse dosi radioattive (classi tra 0.10-0.20Gy e 0.20-0.30Gy) sarebbero stati giudicati non informativi ed accorpati in categorie più ampie nell'analisi delle dosi da esposizione (da 0.01a0.49Gy) (Howe e McLaughlin, 1996).

Inoltre, nelle più recenti ricerche sulla speranza di vita per i sopravvissuti alle bombe atomiche (Pierce et al., 1996; Nucleonics Week, 1996), l'ICRP (*International Commission on Radiation Protection*) avrebbe utilizzato, a parere di Pollycove, non dei dati, ma delle stime costruite seguendo l'ipotesi della LNT (Pollycove, 1998). Altri dati, a

---

<sup>58</sup> UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation;  
<http://www.unscear.org/unscear/index.html>



conferma di correlazioni alternative sarebbero sempre più numerosi, come recenti studi epidemiologici che riporterebbero dati a favore dell'ipotesi che l'esposizione a basse radiazioni sia associabile all'aumento della speranza di vita e di riduzione di casi di cancro<sup>59</sup>.

Nel caso di Chernobyl le conclusioni dell'UNSCEAR riportano ad esempio che “fu un tragico evento per le sue vittime, e quelle più esposte ebbero maggiori sofferenze. Alcune delle persone implicate nell'emergenza persero la vita. Sebbene le persone contaminate come i bambini e gli operai dell'emergenza e del recupero sono a rischio degli effetti indotti dalle radiazioni, la vasta maggioranza della popolazione non deve vivere nella paura di gravi conseguenze per la salute dovute alle radiazioni relative all'incidente di Chernobyl. Per la maggioranza, sono stati esposti a livelli di radiazione comparabili a livelli leggermente maggiori di quelli naturali, e le future irradiazioni continuano a diminuire lentamente con il decadimento dei radionuclidi. La vita è stata gravemente spezzata dall'incidente di Chernobyl, ma da un punto di vista radiologico, prospettive per la futura salute della maggioranza degli individui dovrebbe avere la meglio”<sup>60</sup>.

Gli studi sulla relazione tra livelli di radiazione e rischio per la popolazione rimangono un paradigma abbastanza vario e complesso.

## 2.7 Prima e dopo Chernobyl

Le prime ricerche sulla sicurezza degli impianti nucleari (*Safety Studies*) risalgono al 1957 con lo studio WASH-740<sup>61</sup> della Commissione per l'energia atomica statunitense<sup>62</sup>, descriveva il possibile scenario a seguito di un incidente ad un ipotetico reattore da 165 Megawatt. La previsione più catastrofica stimava la morte di 3400 persone. Tale previsione venne aggiornata nel 1964 con un reattore da 1000 Mw e

<sup>59</sup> cfr. Kondo, 1993; Jawarowski, 1995; Cohen, 1995; Matanoski, 1991.

<sup>60</sup> UNSCEAR 2000 “Annex J. Exposures and effects of the Chernobyl accident”, p.517.  
[<http://www.unscear.org/docs/reports/annexj.pdf>]

<sup>61</sup> Atomic Energy Commission 1957 *Theoretic/ Possibilities and Consequences of Major Accidents in Large Nuclear Power Plants, WASH-740* (Washington, D. C.; U.S. Atomic Energy Commission.

<sup>62</sup> AEC, Atomic Energy Commission.

45000 morti, ma senza riuscire a stabilirne il rapporto di probabilità. Nel timore di un impatto negativo sul pubblico tali studi ed i risultati dell'AEC furono sintetizzati in una breve lettera al governo (cfr. OTA, 1984, p.218).

I processi di attribuzione di fiducia politica e di credibilità pubblica dell'AEC e successivamente dell'NRC hanno comportato la costante revisione del concetto di sicurezza ed una strategia di coinvolgimento progressivo del pubblico e del fattore sociale e culturale all'interno degli studi inerenti il rapporto tra nucleare e società. Gli stessi scienziati, forti della loro legittimità epistemica si sono inseriti a mano a mano nel dibattito tra istituzioni e pubblico, criticando i rapporti pubblicati per via di dati e considerazioni giudicati non attendibili.

Nel 1974, l'AEC ha pubblicato la prima edizione del Reactor Safety Study. Tale studio, tecnicamente noto come WASH-1400, ma da tutti chiamato *Rasmussen report*, fu attaccato da un *panel* creato dall'American Physical Society (APS) in quanto le stime sulle perdite umane contemplavano solo le prime 24 ore dopo l'incidente e non consideravano che il cesio radioattivo, ipoteticamente rilasciato nell'atmosfera nella simulazione dell'incidente, non sarebbe decaduto perdendo le sue proprietà radioattive nocive per l'uomo prima di decenni e non considerando il collegamento tra emissione radioattiva a causa di incidente e casi di cancro nella popolazione esposta.

Altra critica mossa dal *panel* di scienziati al *Rasmussen report* riguardava le previsioni sul funzionamento dei sistemi di raffreddamento d'emergenza<sup>63</sup>.

Dopo il passaggio di consegne dall'AEC al NRC, una nuova versione del WASH-1400, data 30 ottobre 1975, suscitò un aspro dibattito pubblico.

---

<sup>63</sup>Cfr. Ford, D. 1982 "The Cult of the Atom-I I" in *The New Yorker*, Nov. 1, p. 23.

Dopo che l'*Union of Concerned Scientists* ebbe redatto un rapporto critico di 150 pagine nell'anno successivo, l' *House Subcommittee on Energy and Environment* procedette con un'inchiesta sulla validità del report<sup>64</sup> che portò ad un lavoro di verifica da parte di una commissione *ad hoc* che non produsse nessun risultato se non rilevare l'incertezza di quanto affermato nel *Rasmussen report* e dei dati probabilistici connessi<sup>65</sup>.

Da questo momento in poi vari *panel*, gruppi di ricerca, commissioni e sondaggi hanno dato luogo a diverse e successive letture della sicurezza degli impianti nucleari. Nel 1982 uno studio condotto per conto dell'NRC dalla Science Application, Inc (SAI) teneva in considerazione i dati tecnici reali rilevati durante la breve storia della tecnologia nucleare statunitense. La stima della SAI faceva particolare riferimento al numero di situazioni di rischio che avrebbero potuto compromettere la stabilità dell'impianto come danni o fusione del nocciolo<sup>66</sup>. Tale studio aumentava notevolmente i numeri relativi alle possibilità di rischio suggerite invece dal *Rasmussen report*; al tempo stesso tali numeri secondo una ricerca dell' Institute for Nuclear Power Operations (INPO), un gruppo di ricerca sulla sicurezza dell'industria nucleare, erano del 30% superiori alle probabilità reali di un danno al nocciolo<sup>67</sup> e si conformavano a quanto previsto nel *Rasmussen report*.

L'esplosione del reattore di Chernobyl nel 1986 non solo contaminò l'ambiente e le persone, “contaminò anche la vita sociale e l'agire politico, anzi, pressoché tutte le istituzioni sociali -i sistemi di esperti, gli ospedali,

---

<sup>64</sup>U.S. Congress, House of Representatives, Committee on Interior and Insular Affairs 1976 *Reactor Safety Study (Rasmussen Report)*, U.S. Government Printing Office, Washington, D. C..

<sup>65</sup>Lewis, H. W., et al. 1978 *Risk Assessment Review Group Report to the U.S. Nuclear Regulatory Commission*, U.S. NRC, Washington, D. C.

<sup>66</sup>Minarick, M. W.; Kukielka, C. A. 1982 *Precursors to Potential Severe Core Damage Accidents: 1969-1979*, Science Applications Inc., Oak Ridge.

<sup>67</sup>INPO - NRC Report 1982 “*Precursors to Potential Severe Core Damage Accidents: 1969-1979: A Status Report*” NUREG/CR-2497, Atlanta.

l'assistenza statale, i partiti politici e l'autocomprensione nazionale- con diverse forme di non-sapere più o meno controverso” (Beck, 2007, p.187).

## *2.8 Il controllo sociale del materiale radioattivo*

“Quando abbiamo cominciato a lavorare al progetto della bomba atomica a Los Alamos, era successo tutto talmente in fretta che niente era davvero pronto. Tutti i segreti del progetto, tutto quello che riguardava la bomba atomica, erano istemati dentro alcuni classificatori le cui serrature (quando c'erano) non avevano più di tre spine. Scassarle era un gioco da ragazzi” (Feynman e Leighton, 1985, p.133).

Nel famoso libro di aneddoti su Richard Feynman lui stesso racconta di come per passare il tempo nelle pause di lavoro metteva alla prova le casseforti che custodivano i segreti della bomba ed i servizi di sicurezza di Los Alamos.

Il bisogno di controllo della materia e della conoscenza inerente pratiche che riguardano l'uso di materiale radioattivo è nato con il semplice pensare all'eventualità di costruire degli ordigni atomici. Già dagli anni quaranta erano scomparsi dalle riviste scientifiche tutti i possibili contributi che riguardavano le scoperte circa il mondo radioattivo per il rischio manifestato da Einstein e Szilard di aiutare la Germania nazista nella realizzazione di una bomba. Nella famosa lettera scritta dai due scienziati al Presidente Roosevelt si manifestava proprio questo pericolo che si materializzò nella decisione di dare inizio al Progetto Manhattan. Dando luogo ad una convergenza di persone, di conoscenze, materiali e creando uno stato di “effervescenza generale” le interazioni sociali divennero più frequenti e più attive, caratteristiche degli episodi umani di rivoluzione o creazione (cfr. Durkheim, 1912, p.269). Tale progetto riguarderà la dislocazione di risorse e creazione di strutture in diverse zone degli Stati Uniti, un laboratorio grande quanto una nazione che coinvolgerà decine di migliaia di persone in diverse località: Los Alamos, Hanford, Oak Ridge, *et cetera*..

Garantire il controllo sull'uso ed abuso del materiale radioattivo sarà nel dopoguerra non solo relativo alla corsa agli armamenti ed alla Guerra fredda, ma darà luogo anche ad un dispiegamento di azioni politiche, misure strategiche, creazione di istituzioni e avvio di pratiche di controllo in tutto il mondo.

I non esperti confondono spesso termini relativi all'uranio come “altamente arricchito” e “per uso militare” considerandoli intercambiabili. Nel caso di notizie inerenti il traffico d'uranio dichiarazioni di enti che parlano di materiale altamente arricchito vuole solo intendere che vi è stato un arricchimento del 20 per cento e che non necessariamente sia destinato alla costruzione di ordigni nucleari nel qual caso l'arricchimento dovrebbe essere più dell'80%. Dopo il crollo del blocco sovietico l'IAEA ha creato nel 1992 in risposta alla minaccia costituita dal contrabbando di materiale radioattivo l' *Illicit Trafficking Database*, un archivio per registrare e seguire episodi di sottrazione illecita di sostanze radioattive.

Non solo il rischio è costituito dal traffico fisico di materiale, ma anche dal contrabbando di conoscenze e tecnologie per l'arricchimento dell'uranio per la costruzione di ordigni nucleari.

Come si evince dal noto studio di Donald Mackenzie e Graham Spinardi sul concetto di *uninvention* (Mackenzie e Spinardi, 1995) il conseguente collegamento della costruzione di bombe alla “conoscenza tacita” (Polanyi, 1958) è evidente. Non solo la costruzione di bombe è qualcosa di “*artsy*”<sup>68</sup>, di artistico e manuale (ad esempio nell'esaminare col tatto la superficie liscia delle parti d'assemblaggio di una testata termonucleare), ma la conoscenza viene acquisita non su libri manuali o corsi, ma nel fabbricare bombe.

La considerazione finale di *Uninventing nuclear weapons* è di

---

<sup>68</sup> cfr. **MacDonald, C.** 1990 intervista di G. Spinardi. Livermore, California, 10 dicembre, in Mackenzie e Spinardi, 1996, p. 62.

cancellare il problema del rischio nucleare cancellando la conoscenza.

Il problema riguarda però il fatto che il pericolo di attacco nucleare si è articolato oltre che in una minaccia di una super potenza anche in un attacco terroristico. Soprattutto dopo l'attacco di Al-Khaeda al WTC tale ipotesi si è concretizzata nei piani di sicurezza redatti dagli esperti. Al fine di limitare il traffico illecito di uranio ed altri materiali radioattivi i governi stanno vagliando la possibilità di controllare il contrabbando nucleare. Progetti di costruire dei detectors nei porti e ai confini nazionali, ovvero portali capaci di rilevare emissioni radioattive. Lo *Scientific American* ha pubblicato di recente un articolo che analizza quanto penetrabili siano i confini per dei terroristi interessati a costruire una bomba da 1 megatone (Cochran e McKinzie, 2008) basandosi sulla simulazione di contrabbando nucleare operata da alcuni esperti del settore e da dei giornalisti televisivi. La troupe della rete televisiva ABC con degli esperti del NRDC (*Natural Resources Defense Council*) ha simulato un attacco terroristico nucleare agli Stati Uniti contrabbandando un piccolo cilindro di uranio impoverito, non pericoloso per la salute, ma che produceva un segnale comparabile a quello dell'uranio arricchito, riuscendo ad eludere i sistemi di sicurezza posti nei porti statunitensi.

Nell'estate 2002 la troupe dell'ABC News è riuscita a contrabbandare, in un container per cargo, dell'uranio impoverito in un contenitore di piombo preparato dagli esperti del NRDC. Il container è partito da Istanbul destinazione Staten Island nei pressi di New York. Nonostante i controlli della dogana l'uranio non è stato trovato e l'ABC, nel primo anniversario dell'11 settembre, ha dato la notizia del loro esperimento, esperimento che, non ancora soddisfatti, i giornalisti hanno ripetuto l'anno successivo nascondendo dell'uranio in articoli di mobilio proveniente da Jakarta con destinazione la California. La prima generazione di RPM (Radiation Portal Monitor), i portali anti

contrabbando nucleare è stata installata nel 2002. Circa 800 portali sono stati posizionati in porti, aeroporti, centri smistamento pacchi e postali. Come funziona un RPM? Sono dei rilevatori (*scintillation detectors*) che contano neutroni e raggi gamma senza misurarne la totale energia emessa da una sorgente specifica. Ciò vuol dire che all'interno di un container non è possibile distinguere le diverse fonti che emettono radiazioni e distinguere radiologicamente il segnale cercato dal rumore di fondo. Ciò dà luogo a continui falsi allarmi che come previsto dalla procedura vanno confermati con indagini supplementari da parte degli agenti di dogana con dei rilevatori portatili. Ulteriore esame consiste nell'uso del VACIS che è un sistema di rappresentazione a raggi gamma che produce una radiografia del contenuto del container. Nel 2006 l'*Homeland Security Act* ha previsto di installare dei rilevatori di seconda generazione di cui però non si ha certezza sull'efficacia<sup>69</sup>.

L'obiettivo dell'IAEA, l'Agenzia internazionale per l'energia atomica, è di promuovere l'uso dell'energia atomica a scopi pacifici e di garantire la non-diversione di minerali radioattivi da programmi civili su programmi sospetti di dar luogo alla costruzione di ordigni nucleari. A questo scopo gli ispettori dell'IAEA hanno l'incarico di adottare i sistemi previsti di *nuclear safeguards* internazionali negli stabilimenti di arricchimento e ritrattamento dell'uranio e plutonio ed in siti destinati allo smantellamento di testate nucleari nei Paesi aderenti al Trattato di non proliferazione del 1970 e di operare nelle altre nazioni al fine di garantire la sicurezza nucleare in tutto il mondo. Le *safeguards*<sup>70</sup> di verifica, contenimento e sorveglianza di materiale nucleare<sup>71</sup> sono uno

---

<sup>69</sup> cfr. <http://www.gao.gov/special.pubs/d06389agencycomments.pdf>

<sup>70</sup> il termine non viene tradotto in italiano con salvaguardia per evitare possibile confusione; uno dei più attenti studiosi italiani di nonproliferazione, Enrico Jacchia, si rifiuta anch'egli di tradurre il termine (cfr. Jacchia, 1975, p.40).

<sup>71</sup> Per materiale nucleare si intende l'insieme di materiali fissili, ovvero l'uranio naturale, impoverito, torio e materiali altamente fissionabili come l'uranio arricchito U235 ed il plutonio Pu 239.



Il nuovo simbolo di pericolo radiazioni ionizzanti introdotto il 15 febbraio 2007 dall'IAEA e dall'International Organization for Standardization (ISO) come segnale supplementare al trifoglio giallo e nero poco comprensibile ai non esperti

[fonte: <http://www.iaea.org/NewsCenter/News/PDF/newradsymbol.pdf>].

*standard* che abilita “l'IAEA a concludere che in un dato periodo nessuna quantità significativa di materiale nucleare sia stata destinata ad altri scopi o che nessun altro *item* soggetto a *safeguard* sia stato manomesso da uno Stato” (IAEA, 1987, p.3).

Il lavoro viene svolto contabilizzando e ponendo dei sigilli ai materiali. In realtà, l'insieme dei protocolli previsti per le ispezioni il cui fine è la riduzione dei margini d'incertezza dei programmi nucleari nazionali ed il contributo alla sicurezza internazionale, abbinato ai dati ed al controllo dei sigilli è esso stesso una “fabbrica di incertezze” e frutto di una rappresentazione e negoziazione sociale che coinvolge diversi attori.

La prima ispezione condotta su materiali fissili risale al 1944 al



seguito dell'avanzata degli alleati in Francia. I servizi di spionaggio statunitensi, su ordine del Generale Marshall e coordinati dal Generale di Brigata Leslie Groves, responsabile militare del *Manhattan Project*, predisposero le operazioni paramilitari che coinvolgevano personale scientifico nelle zone già occupate con l'intento di raccogliere informazioni sulla presunta *wunderwaffe* nazista: era la missione *Alsos*.

A Strasburgo, sede di un laboratorio di fisica tedesco, il capo della sezione scientifica della missione, il fisico olandese Samuel A. Goudsmit allievo di Paul Ehrenfest, esaminò i documenti trovati concludendo che la Germania non aveva una bomba atomica (Goudsmit, 1947, p.70 e sgg.). Dal momento che nel 1940 i nazisti avevano confiscato il minerale di uranio della Compagnia belga *Union Minière*, circa 1200 tonnellate, la missione *Alsos* proseguì alla ricerca del minerale e degli scienziati tedeschi. Il 17 aprile 1945, in una fabbrica nella località di Stassfurt, nei pressi di Magdeburgo, il materiale fu rintracciato: conservato in barili di cui alcuni sfasciati, ammontava grosso modo a 1100 tonnellate ed otto tonnellate di ossido di uranio<sup>72</sup>. Il 23 aprile in alcune località furono catturati degli scienziati atomici nazisti tra cui Otto Hahn, Werner Heisenberg, Carl von Weizsacker e Max von Laue. Oltre alla certezza che i nazisti non avevano l'atomica la missione *Alsos* evitò che i cervelli atomici tedeschi cadessero in mano ai Sovietici insieme al minerale belga destinato invece a *Little Boy*, la bomba fatta esplodere poi su Hiroshima.

L'elementare metodo utilizzato per verificare che l'uranio non fosse stato utilizzato consistette nel contare la quantità raccolta e confrontarla con quella che era noto fosse stata presa dai nazisti ai Belgi; si procedette, ovvero, a contabilizzare le tonnellate di materiale radioattivo: tanto era finito nelle mani dei nazisti, tanto era stato

---

<sup>72</sup> cfr. Capture of Material, minuta di rapporto, 10 luglio 1946. MED 7, Operazioni speciali per il Dipartimento della guerra (tavole E-F).

recuperato. Inoltre, la ricerca di documenti e l'ascolto delle conversazioni di Heisenberg e gli altri scienziati tedeschi a Farm Hill non fecero altro che confermare i dati raccolti da Alsos: la bomba nazista non c'era.

Nel passaggio da una logica di difesa ad una di deterrenza (Wohlstetter, 1959), l'investimento nell'industria nucleare e lo sviluppo di una politica energetica fondata sull'atomo diedero avvio a ricerche teoriche ed applicative relative ai controlli (cfr. Jacchia, 1975, p.50). Fu un'operazione di *embedding* della scienza nucleare nelle economie energetiche nazionali che portò alla nascita dell'IAEA, l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica, organizzazione internazionale autonoma fondata il 29 luglio 1957.

La fine dell'Unione sovietica e la scoperta nel 1991 di un programma nucleare clandestino in Iraq hanno attivato la necessità di un approccio più ampio ed efficace per le *safeguards*.

Nel tempo il *budget* ridotto dell'IAEA si è scontrato con la necessità di aumentare le *performances* delle ispezioni e la meticolosità delle procedure d'intervento, cosa che è stata facilitata dall'ingresso di nuove tecnologie (Goldschmidt, 1999) e dalla decisione di incrementare l'accesso degli ispettori ai locali sensibili per le verifiche e di dotarli di strumenti di verifica più efficaci. Come risultato, l'IAEA ha dato avvio ad un processo a due stadi di *strengthening of safeguards system*. Il primo stadio, noto come *comprehensive safeguard agreement*, è consistito in negoziare ed ottenere maggiore presenza ispettiva presso le singole nazioni. Il secondo stadio, il *Model Additional Protocol* approvato dal Consiglio dell'IAEA nel 1997, autorizza l'Agenzia a richiedere alle nazioni maggiori informazioni sulle attività legate all'industria nucleare direttamente ed indirettamente. Inoltre, abilita gli ispettori ad una varietà di operazioni di verifica in diversi luoghi se in presenza di attività sospette. Nel 1999 la maggiorparte delle misure di rinforzo sono state

incorporate nelle *routines* ispettive.

Nel 2004 l'organizzazione disponeva di circa 2200 collaboratori (350 dei quali sono ispettori) provenienti da oltre 90 paesi diversi; ben 164.000 tonnellate di materiale fissile erano sottoposti a verifica in 923 stabilimenti nel mondo ed il *budget* per le *safeguards* era di circa 115.2 milioni di USD, pari al 38% del *budget* totale dell'IAEA. Ma il rovescio della medaglia mostra ben altro (GAO, 1998, p.5).

Ben 120 dei 189 paesi firmatari del NPT non ha ancora dato disponibilità per l'*Additional Protocol*, inclusi gli Stati Uniti.

Mentre l'IAEA sta potenziando le competenze analitiche del suo *staff* per verificare le attività nucleari non dichiarate, dall'altro canto sta vivendo un'emorragia di capitale umano nell'organico: in questi anni si sta avendo un forte fenomeno di *turn over* di *senior safeguards inspectors* e *high-level management officials*. L'ispettore, prima di operare nelle verifiche, si è specializzato, ha interiorizzato le norme formali ed informali della professione e dell'ambiente professionale, ha imparato a ri-conoscere cosa sia cosa in un laboratorio, ha passato diverso tempo con strumenti e discusso con colleghi acquisendo una "conoscenza tacita" simile a quella di chi opera nel costruire ordigni nucleari (Mackenzie, 1995). Il problema della circolazione della conoscenza all'interno dell'IAEA si manifesta soprattutto come perdita di capacità critica acquisita sul campo insieme alla conoscenza del lavoro per via della difficoltà di conciliare un organico composto di personale altamente qualificato con le politiche di riduzione del personale stesso. Circa il 51 %, cioè 38 dei 75 *Senior Safeguards Inspectors* ed *Highlevel management Officials*, tra cui il capo stesso del *Department of Safeguards* responsabile per la supervisione di tutte le attività ispettive dei programmi nucleari, andranno in pensione nei prossimi anni. La perdita significativa di conoscenza ed *expertise* potrebbe compromettere

la qualità dell'analisi dei diversi programmi nucleari. Tali analisi di verifica consistono in esperimenti: il lavoro degli ispettori consiste nella raccolta di campioni e nell'analisi sul campo, o in laboratori attrezzati per identificare la presenza di tracce di materiale fissile in ambienti, o macchinari. Lo studio della conoscenza tacita in rapporto all'esperimento scientifico offre una declinazione in diverse sotto categorie del concetto di *tacit knowledge* (Collins, 2001).

Per *safeguards system* intendiamo un set di misure tecniche grazie alle quali il Segretariato dell'IAEA verifica la correttezza e la completezza delle comunicazioni e dichiarazioni fatte dagli Stati circa le loro attività e materiali inerenti alla tecnologia nucleare<sup>73</sup>. Inoltre, con l'autorizzazione agli accessi complementari gli ispettori possono operare con diverse attività che includono osservazione, raccolta campioni dell'ambiente all'interno degli stabilimenti ed all'esterno, possono utilizzare apparecchiature per rilevazione di radiazioni e dispositivi di misurazione e, soprattutto, mettere sigilli. Nel solo 2004 l'IAEA ha avuto ben 124 accessi complementari in 27 nazioni. Si distinguono in *Traditional Safeguards* come *Material Accountancy Verification* (MAV) e *Containment Surveillance*, dove per contenimento si intendono le procedure che contemplano sigilli e sorveglianza ( a vista, videocamere e monitors).

L'obiettivo delle *Safeguards* previste dall'INFCIRC 153 è di fornire una tempestiva individuazione di sottrazione di “*significant quantities*” (pari a 8kg di Pu o U-233, o 25 kg di U-235) di materiale nucleare da attività civili ed il rischio di destinazione ad altri usi. Al tempo in cui si riteneva che l'energia nucleare sarebbe divenuta

---

<sup>73</sup> Il *Safeguards System* tradizionale dell'IAEA relativo all'NPT è stabilito dall' INFCIRC 153, il *Blue Book* dell'IAEA, il cui titolo per esteso è “*The Structure and Content of Agreements Between the Agency and States Required in Connection With the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons*”.

fondamentale elemento per l'economia di molti Stati, l'INFCIRC 153 rappresentava uno strumento di compromesso tra quelli Stati che non amavano verifiche di prevenzione della proliferazione (tra cui gli USA e l'URSS) e coloro i quali erano favorevoli ad un minimo regime di controllo ed interferenza con i programmi civili di energia nucleare. A differenza dell'INFCIRC 66, ancora valido per gli Stati non aderenti al NPT (Montmollin e Weinstock, 1984), che prevedeva *safeguards* lungo tutto il percorso industriale dei materiali fissili, l'INFCIRC 153 regolamenta il monitoraggio di materiale nucleare solamente in punti chiave strategici in siti dichiarati, a patto che le disposizioni per la verifica non siano troppo "invasive" per gli Stati, ovvero evitino l'*hampering* dello sviluppo tecnologico, *undue interference* nei programmi di energia nucleare civile e riducano al minimo possibili inconvenienti per gli Stati. Spesso, alcune procedure di verifica prevedono di fermare il ciclo di arricchimento dell'uranio, estrarre dalle centrifughe, o dalle camere per la diffusione gassosa, il materiale fissile per analizzarlo e pesarlo, con grande dispendio di tempo e ritardi sulla tabella di consegna per lo stabilimento.

Ci si aspetta dall'IAEA che non domandi allo Stato altro che "*the minimum amount of information and data consistent with carrying out its responsibilities,*" ponendo un limite al numero di giorno per persona di ispezioni permesse nei vari tipi di stabilimenti nucleari.

Le MAV tradizionali si basano su un set di indicatori di diversione o circostanze dove la possibilità di diversione possa essere esclusa. Questi indicatori<sup>74</sup> sono usati per stabilire la correttezza delle dichiarazioni di uno stato in materia di *nuclear material inventories, material flows* e

---

<sup>74</sup> Ad esempio il numero statisticamente significativo di "*material unaccounted for*"  $M (BI + I - R - EI)$ , dove R include sia il prodotto che il materiale perso. Il valore di questo fattore indica una diversione, qualora  $MUF = 0$  e i dati dell'operatore sono stati certificati dall'ispettore, allora è possibile concludere senza dubbi che non ha avuto luogo alcuna diversione.

*facility operations*. Le *Strengthened Safeguards Measures*, invece, se supportate da un *additive protocol* producono una serie diversa di indicatori. La base concettuale di ciò deriva dal fatto che i programmi nucleari comportano una rete di attività nucleari e *nuclear related* che richiedono, o sono indicate dalla presenza di determinate apparecchiature, infrastrutture specifiche, tracce riscontrabili nell'ambiente ed un uso prevedibile di materiale nucleare. La rappresentazione fornita da questi indizi fornisce la base per un *assessment* della consistenza interna delle dichiarazioni di uno Stato all'Agenzia, ed in secondo luogo, con un controllo punto per punto, di cosa lo Stato dice di fare, o ha in progetto di fare con il suo programma nucleare, e ciò che si trova, si opera la verifica. Attualmente le tecniche ispettive sono le seguenti:

- *Non Destructive & Destructive Assay Techniques*
- *Containment & Surveillance Techniques*
- *Unattended & Remote Monitoring Systems*
- *Environmental Sampling & Analysis*

Vi sono forti discrepanze con la realtà rispetto a quanto stabilito nei diversi protocolli. Ad esempio, rispetto alla “quantità significativa” di materiale fissile per la quale "la possibilità di costruire un dispositivo esplosivo nucleare non può essere escluso" (IAEA, 1987, p.23). Per il plutonio è definita in 8 kg, sebbene è stato stabilito che oramai una bomba nucleare si possa costruire utilizzando 4 kg di plutonio, o anche meno (cfr. Cochran e Paine, 1994). Riguardo al termine *safeguard* esiste all'interno della comunità di esperti una certa discrepanza nel significato del termine (Haeckel, 2000, p.142), confusione derivata da differenze riscontrabili, ad esempio negli Stati Uniti, nelle diverse pratiche procedurali tra “*domestic and international safeguards*” tra gli esperti di sicurezza nucleare.

Il concetto di *safeguard* continua ad intendere attività e ambiti diversi a seconda che chi parli si occupi di *safeguards* per il governo

degli Stati Uniti o per l'IAEA (Bremer Maerli e Johnston, 2002, p.57) e ciò ha generato una doppia ambiguità del termine: gli esperti statunitensi distinguono il termine *safeguard* a seconda che sia rivolto alla *security* nazionale, o sia parte integrante delle ispezioni internazionali, e rivendicano la paternità delle procedure poi adottate dall'IAEA; l'IAEA, d'altra parte, essendo un organismo internazionale è già soggetta ad una Babele di significati derivanti dalla diversa nazionalità e formazione dei suoi esperti, ma non distingue in modo chiaro, elementare e preciso tra varie interpretazioni; si rifà semplicemente alla generalità del testo del NPT e degli *Addition Protocols*. Negli Stati Uniti il termine, relativo all'insieme semantico di *security*, copre un ampio *range* di attività legate alla non proliferazione sul suolo federale americano, dalla protezione fisica e di contenimento alla contabilità di materiale nucleare (MPC&A<sup>75</sup>). Altrimenti, l'IAEA utilizza il termine in modo ambiguo e generico aggiungendo a volte l'aggettivo internazionale ed intendendo per *safeguard* le attività di verifica di materiale nucleare presso stabilimenti nucleari sotto la sovranità degli Stati (Goldschmidt, 2000).

La terminologia riferita soprattutto alle attività svolte durante le ispezioni si presenta in una veste *fuzzy* (Bremer Maerli e Johnston, 2002, p.55), come l'uso di questi concetti ed i loro termini abbreviati di "P", "C", e "A", abbreviazioni di Protection, Control e Accounting del materiale nucleare che risultano essere delle etichette applicabili spesso in modo arbitrario da fattori che non sembrano appartenere alla razionalità scientifica; in realtà se la scienza e la tecnologia sono fatte e disfatte da uomini, la razionalità consiste, secondo Nisbet nell'applicazione di principi razionali al controllo e alla riorganizzazione dello spazio, della materia e degli esseri umani. Noi siamo inclini a pensare alla tecnologia nelle sue manifestazioni fisiche, ma la tecnologia rappresenta anche cose

---

<sup>75</sup> MPC&A: Material, Protection, Control and Accounting.

sociali, organizzazioni e processi relativi a obiettivi umani (cfr. Nisbet, 1971, p. 41). Secondo Latour gli scienziati lavorano soprattutto con iscrizioni (cfr. Latour, 1987, p.83), manipolano segni che derivano da convenzioni, creano *patterns*, specialmente attraverso l'uso di macchine, che diventano a loro volta dispositivi per *iscrizioni* (Latour e Woolgar, 1979). Tali iscrizioni sono perciò differentemente interpretabili a seconda dei contesti di pratica. Ad esempio, gli ispettori statunitensi addetti al “*physical security system*” per individuare movimenti di materiale strategico uscito da stabilimenti in Russia<sup>76</sup> considerano la *physical security* una funzione “P”, ma l'individuazione di movimento non autorizzato di materiale nucleare è classificato con una “C”, o una “A”. Ancora più *fuzziness* deriva dalle spiegazioni fornite dall'IAEA nel caso di anomalie nelle verifiche, che però difficilmente ha portato ad una definitiva e chiara conferma di diversione di materiale fissile su programmi di carattere militare. L'IAEA, nei suoi documenti pubblici, promuove la fiducia nelle proprie dichiarazioni categoriche ribadendo che il materiale nucleare negli stabilimenti in tutto il mondo sia sotto controllo, grazie alle salvaguardie e non vi sia mai stata diversione su tecnologia militare. Nel maggio del 1994, ad esempio, l'IAEA ha dato garanzie in un documento indirizzato al *Nuclear Control Institute*, spiegando la discrepanza di 70 kg di plutonio mancanti dal computo finale in un impianto di arricchimento giapponese a Tokai<sup>77</sup>. In tale lettera l'IAEA spiegava che il materiale mancante si era in realtà attaccato alle pareti delle “*glove boxes*”, ovvero le celle a guanti per maneggiare

---

<sup>76</sup> DOE, “Portal Monitors Provide Rapid Security Upgrades” in *Special Nuclear Material detectors & Porta Monitor Technology Upgrades in Russia, the NIS, and the Baltics*, Office of Arms Control and Nonproliferation, brochure senza data.

<sup>77</sup> “Astounding Discrepancy of 70 Kilograms of Plutonium Warrants Shutdown of Troubled Nuclear Fuel Plant in Japan,” press release, Nuclear Control Institute, Washington, D.C., May 9, 1994, issued with letter from the Institute to Secretary of State Warren Christopher, dated May 4, 1994.



sostanze tossiche e radioattive:

"The nuclear material held-up in the glove boxes of the Tokai Nuclear Fuel Fabrication Plant is not missing and remains under full safeguards and is declared."<sup>78</sup>

Tali pubbliche assicurazioni rimangono tanto ambigue quanto poco chiare come in altri esempi di controversie (Collins e Pinch, 1998). Il plutonio tenuto in un impianto è, per definizione, “*under full safeguards*”, “*declared*”, e presumibilmente “*not missing*” nel caso in cui lo stabilimento sia soggetto al controllo internazionale dell’IAEA e gli ispettori non abbiano trovato indizi di diversioni. Non potendo essere calcolato il peso del plutonio attaccato alle pareti delle “*glove boxes*” e di altri posti all’interno dell’impianto sarebbe anche difficile calcolare se e quanto plutonio sia stato trafugato.



Il *Safeguards Analytical Laboratory* dell’IAEA in Austria esamina con le *glove boxes* i campioni prelevati durante le ispezioni.

[Fonte:[http://www.iaea.org/NewsCenter/Focus/IaeaIraq/iraq\\_gallery/iraq\\_gallery06/pages/004.shtml](http://www.iaea.org/NewsCenter/Focus/IaeaIraq/iraq_gallery/iraq_gallery06/pages/004.shtml)]

---

<sup>78</sup> "Japanese Nuclear Material Under Full Safeguards," press release, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, May 25, 1994.

## 2.9 Sigilli di verifica nucleare utilizzati dagli ispettori IAEA

Con il fine di avere informazioni il più possibile corrette e complete ed in base all'INFCIRC 540, che ha sostituito il *Blue book* INFCIRC 153, gli ispettori possono ora condurre ispezioni molto più approfondite rispetto a prima.

Il criterio della correttezza e completezza resta però qualcosa di spendibile in base a dei criteri di convenienza, tempo e disponibilità. Per analizzare nello specifico il rapporto degli ispettori con questi criteri ci addentriamo nello studio di uno degli strumenti più utilizzati per le verifiche internazionali condotte dall'IAEA: i sigilli anti manomissione (cfr. Monaco, 2007).

Il termine inglese *Tamper-Indicating Seal* indica i sigilli utilizzati per la segnalazione di manomissione di contenitori e macchinari destinati al processo di arricchimento, ritrattamento di materiale radioattivo, nonché procedure tecniche di disarmo delle testate nucleari e manipolazione di scorie. A partire dagli anni 90 rappresentano uno degli strumenti principali per la verifica delle *safeguards* previste dai protocolli che gli ispettori dell'IAEA sono tenuti a seguire. Rispetto a dei lucchetti od impedimenti meccanici il sigillo presenta i seguenti vantaggi:

- I lucchetti non resistono ad ogni tipo di attacco.
- E' spesso più pratico sapere che ha avuto luogo un accesso non autorizzato piuttosto che tentare di evitarlo.
- Più leggero, economico, piccolo.
- Non ha chiavi, codici, o combinazioni.
- Spesso spendibile, così non deve tornare al mittente.
- Può essere rimosso nell'immediato da chiunque per situazioni di emergenza.
- L'intrusione avviene comunque nel modo più sicuro e meno distruttivo.

Un'altra possibile soluzione sarebbero stati dei segnalatori di intrusione, ma anche su questi presenta diversi vantaggi operativi:

- Sempre pronto e più semplice per l'installazione e l'uso.

- Non necessita (quello passivo) di energia elettrica.
- Più leggero, economico, piccolo.
- Più pratico per piccoli contenitori e container per trasporto.
- Meno falsi allarmi.
- E' spesso non necessario conoscere nell'immediato che ha avuto luogo un accesso non autorizzato.

Nonostante la semplicità operativa del sigillo (modalità binaria: integro-rotto), molti sono i problemi teorici e pratici nella progettazione, uso e *detecting* di manomissione dello stesso (Johnston, 2001a).

Vengono messi in commercio sigilli differenti senza una chiara destinazione e contesto d'utilizzo, performance attesa, o vulnerabilità. Si annoverano circa 5000 tipi di sigilli che, secondo una prima categorizzazione possono essere suddivisi in attivi e passivi, a seconda che per funzionare usino o meno elettricità.

I sigilli passivi sono di solito usa e getta; possono essere dei nastri di plastica, etichette adesive, lucchetti, cavetti o altri materiali con altre forme.

I sigilli attivi sono elettronici e a fibre ottiche. I sigilli elettronici registrano ogni tipo di cambiamento dello stato dello stesso imputabile a manomissione.

La maggior parte ha un costo che va da pochi centesimi ad alcuni euro al pezzo. I sigilli dinamici costano dalle 10 alle 100 volte di più, ma possono essere utilizzati per più applicazioni diverse nel tempo. Nella scelta dello strumento di verifica è importante considerare il fatto che l'unità di costo non è il fattore economico costi/benefici più importante associabile all'uso del sigillo, né il costo costituisce necessariamente un parametro correlabile con il grado di sicurezza ottenibile.

Attualmente il problema maggiore per i sigilli è rappresentato dalla vulnerabilità. Diversi studi hanno dimostrato quanto il fattore umano sia decisivo nell'applicazione corretta e quindi ciò abbia come conseguenza



Diversi tipi di sigilli (immagine tratta dagli studi di Joe Johnston sull'affidabilità dei sigilli) [http://pearl1.lanl.gov/external/Research/VAT.shtml].

l'efficacia della *safeguard*. La correttezza diventa non un criterio relativo alle informazioni raccolte dall'ispettore, ma relativo al grado di abilità dell'operatore nel mettere in posa il sigillo. Tale dinamica è analizzata soprattutto da Johnston e dal suo *team* di ricerca sui sigilli nei laboratori.

All'interno del laboratorio del VAT di Los Alamos viene utilizzato come metafora sulla vulnerabilità dei sigilli il mito della Medusa: Perseo sconfisse Medusa, ritenuta invulnerabile, utilizzando una tecnica *low-tech*, ovvero uno specchio ed una spada.

#### Risultati per 244 sigilli

Parametro	Valore massimo	Valore medio
Tempo manomissione 1 persona	1.4 mins	43 secs
Costo strumenti di manomissione	\$78	\$5
Costo marginale dell'attacco	62¢	9¢
Tempo per escogitare un attacco	2.3 hrs	12 mins

riuscito

La metà di questi sigilli vengono utilizzati in sistemi ad alta sicurezza, di

cui almeno il 19% sono previsti per *nuclear safeguards*.

Analisi di 244 sigilli di sicurezza di diverso tipo manomessi in laboratorio dal *Vulnerability Assessment Team* di Los Alamos.<sup>79</sup>

Se Medusa avesse avuto a disposizione un'adeguata valutazione di vulnerabilità (*vulnerability assessment*, appunto) non avrebbe “perso la testa”. E' stato riscontrato che a monte della vulnerabilità dei sigilli ci sono problemi relativi alla progettazione; il mercato dei sigilli di verifica è affidato ad alcune ditte private, le quali in base ad un criterio costi-benefici non possono investire in studi supplementari ed adoperarsi nella redazione di esaurienti istruzioni d'uso dei prodotti, tanto quanto problemi derivati dall'uso disattento da parte degli ispettori e, nel caso dei sigilli attivi, dall'effetto *Titanic* (Johnston, 2001a, p.102) come

<sup>79</sup> Johnston, R. G.; Warner, J. S. (Vulnerability Assessment Team) “Anti-Evidence Seals” Talk for the 7<sup>th</sup> Security Seals Symposium, February 28-March 2, 2006, Santa Barbara, California.

*overconfidence* nell'alta tecnologia che porta l'operatore a ritenere rappresentativo per la verifica il solo sigillo e non, ad esempio, l'ambiente o l'atteggiamento dei tecnici della struttura sotto ispezione. Sovente la scelta cade arbitrariamente sui sigilli attivi per motivazioni esterne alle informazioni ricevute durante l'addestramento.

Secondo il VAT di Johnston l'efficacia dei sigilli dipende non dal sigillo in sè stesso, ma da due fattori distinti:

1. il grado di accuratezza del protocollo- I protocolli sono le procedure ufficiali e non ufficiali previste per: *seal procurement, storage, record keeping, installation, inspection, removal, disposal, reporting, interpreting findings, and training*. Con un "buon" protocollo un sigillo "modesto" può dare alte garanzie di sicurezza.
2. la meticolosità con cui vengono posti e controllati dagli ispettori. Un sigillo sofisticato ed *hi-tech* posto in modo improprio risulta essere inutile.

Sono in progettazione sigilli di una nuova concezione che segue una teoria del "*novel anti-evidence approach to tamper detection*"<sup>80</sup>. Inoltre, sono stati da poco brevettati altri tipi di sigilli di cui ancora non compare una valutazione d'impatto e manomissione nelle attività di verifica da parte degli ispettori o laboratori di ricerca.<sup>81</sup>

E' controversa l'utilità di mostrare agli ispettori come manomettere i sigilli. Alcuni *Security Managers*, ad esempio, non vogliono che personale a bassa sicurezza riceva informazioni sulla vulnerabilità dei sigilli. Inoltre, all'interno dell'organizzazione stessa, singoli ispettori sono riluttanti a mostrare ad altri come si possano manomettere i sigilli. Interessante diventa il fatto che lo scegliere sigilli *hi tech* derivi dal fatto

---

<sup>80</sup> Per informazioni sulla teoria sui sigilli di nuova concezione, v. **Johnston, R.G.**, 2005 "The 'Anti-Evidence' Approach to Tamper Detection" in *Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive Material*, n. 16, p.135.

<sup>81</sup> A titolo di esempio, v. New LANL Seal Patents: 1. "Magnetic Vector Field Tag and Seal", U.S. Patent 6,784,796, August 31, 2004; 2. "Enhanced Tamper Indicator", U.S. Patent 6,588,812, July 3, 2003; 3. "Tamper-Indicating Device Having a Glass Body", U.S. Patent 6,553,930, April 29, 2003; 4. "Triboluminescent Tamper-Indicating Device", U.S. Patent 6,394,022, May 28, 2002.

che siano più semplici da installare e che quindi il “lavoro sporco” venga diminuito in sede di posa e di ispezione (Johnston, 2001, p.101).

L'adozione arbitraria di sigilli trova esempio nel sigillo T-1 (Braemer Maerli e Johnston, 2001, p.55) a frequenza radio (TRFS)<sup>82</sup>, sigillo attivo in dotazione all'*U.S. domestic nuclear MPC&A*, ma promosso come strumento di *safeguard* internazionale, senza una attenta e completa analisi delle vulnerabilità del sistema in contesti differenti (Johnston, 2001b).

## 2.10 Il laboratorio mondo

### TRINITY SITE

Where the world's first Nuclear Device  
was exploded on July 16, 1945

Nel 1965 una targa commemorativa è stata posta ad Alamogordo, nel Nuovo Messico, nel luogo dove è avvenuto il primo esperimento atomico, il *Trinity Test*, prima esplosione atomica alle 5 e 29 del mattino del 16 luglio 1945. Nel 1975 lo stesso luogo è stato dichiarato sito storico nazionale. Il fatto rilevante è che tale targa non si trova in una stanza, o all'ingresso di un laboratorio, ma nel mezzo di un deserto a ricordare il luogo dove degli atomi sono stati scissi e hanno dato luogo ad una reazione a catena non controllata.

Tale sforzo ha impegnato tutta la conoscenza disponibile sulla materia all'inizio degli anni quaranta, diversi siti di produzione del plutonio e di arricchimento dell'uranio, scienziati, ingegneri, maestranze, famiglie, la costruzione segreta della cittadina di Los Alamos, l'esercito

---

<sup>82</sup> Cfr. **Desonier, L.** “SNL Material Monitoring System” e **Matter, J. et al.**, “The T-1 Two Way Radio-Frequency Seal (TRFS) and Acceptance Testing for IAEA Routine Use”, papers presentati al Symposium on International Safeguards, 29 ottobre- 2 novembre 2001.

degli Stati Uniti, come diversi chilometri di deserto nel Nuovo Messico. Una nazione è stata riconvertita in una rete di laboratori del cui disegno complessivo pochi, a parte il Generale Leslie Groves, il fisico Robert Oppenheimer ed altri erano a conoscenza. Il *Trinity Test* è “l'esperimento del drago” sono stati i primi esperimenti della *big science*.

Le industrie coinvolte nel progetto Manhattan, come la Dupont, si impegnarono fin dall'inizio nel garantirsi la commessa del governo e continuare la produzione di bombe sempre più numerose e potenti. Fu fondata la PANTEX ad Amarillo Texas, vera e propria fabbrica di ordigni nucleari, mentre il pubblico fu tenuto all'oscuro del dibattito nel governo sul futuro della produzione di ordigni nucleari. Con sporadiche occasioni di confronto per il pubblico, come un'intervista ad un membro del *Joint Committee on Atomic Energy* nell'autunno del 1949 (il primo test atomico sovietico è del 29 agosto dello stesso anno) ed articoli sul *The Washington Post* e *The New York Times*, i media si occuparono della negoziazione in corso a livello politico<sup>83</sup>.

Le pressioni provenienti dalla condizione strategica del momento furono più forti delle raccomandazioni provenienti dal *General Advisory Committee* e, quindi, dallo stesso AEC. Il presidente Truman preoccupato dai successi sovietici nello sviluppo della sperimentazione nucleare autorizzò un programma ad alto impatto per la costruzione della bomba ad idrogeno senza l'appoggio esplicito della popolazione, né il parere esperto di tutta la comunità scientifica<sup>84</sup>.

Lo sviluppo della bomba all'idrogeno accentuò i problemi già riscontrati con la contaminazione radioattiva dell'ambiente, come il progetto Manhattan aveva portato all'attenzione con il test Trinity e le esplo-

---

<sup>83</sup> The Washington Post, 18 November 1949; The New York Times, 17 January 1950.

<sup>84</sup> cfr. Harry Truman quoted in David E. Lilienthal, *The Journals of David E. Lilienthal: Volume Two: The Atomic Energy Years, 1945-1950* (New York: Harper & Row, Publishers, 1964), p. 633.



sioni nucleari sul territorio giapponese.

Secondo David Bradley, esperto del team di monitoraggio radiologico e autore nel 1983 di un libro dal titolo “*No Place to Hide*” l’”*invisibile veleno radioattivo*”<sup>85</sup> rilasciato dopo l’esplosione manterrebbe il suo effetto per diverse centinaia d’anni. Il laboratorio è un luogo senza confini geografici definiti, ma anche dispiegato nel tempo.

Il passaggio in tre fasi (tre laboratori) descritto da Peter Galison nell’organizzazione della ricerca scientifica dal periodo dei primi laboratori di metà ottocento fino alla Seconda Guerra mondiale, alla *big science*, fino poi a progetti, all’elaborazione di dati in reti ibride, spazialmente disperse. I rilevatori di particelle dell’Acceleratore SLAC nel nord della California, ad esempio, presentano una “ibridità architettonica” che incorpora le aspirazioni dei differenti gruppi ed ha permesso agli stessi di assumere una visibilità istituzionale (Galison, 1997).

Il laboratorio mondo non offre una definizione precisa e non permette di definirne i confini data la quantità di persone, strumenti, luoghi, materiali coinvolti, nè permette di definirne delle gerarchie e delle collocazioni nette. Se “i laboratori non solo migliorano gli ordini naturali, ma aggiornano gli ordini sociali” (Knorr-Cetina, 1999, p.28) la riconversione del mondo in laboratorio ha prodotto la società mondiale del rischio (Beck, 2007) con la conseguente riconfigurazione dell’idea di materia come strumento:

“sin dagli esordi la costruzione della conoscenza scientifica è avvenuta per mezzo di o con riferimento a strumenti, il che vuol dire per mezzo di o con riferimento a una data tecnologia. E una volta costruita, al fine di poter essere memorizzata, trasmessa, verificata, riprodotta, perfezionata, la conoscenza deve essere necessariamente inclusa in un mezzo materiale” (Gallino, 2007, p.273).

---

<sup>85</sup> cfr. David Bradley, 1983 *No Place to Hide, 1946/1984* (Hanover, NH: University Press of New England.), p. xvii.

Knorr Cetina ha posto l'attenzione sulle differenti costruzioni basate su oggetti naturali in determinate aree scientifiche e le loro incorporazioni nelle rispettive tecnologie di sperimentazione, rendendo possibili le riconfigurazioni degli ordini naturale e sociale: "con queste differenti costruzioni, laboratori ed esperimenti divengono entità molto differenti ed inscrivono differenti tipi di relazione le une con le altre" (Knorr Cetina, 1999, p.32). Secondo Peter Galison "gli esperimenti iniziano e finiscono in una matrice di credenze. Alcune sono metafisiche, altre programmatiche, ed ancora altre non più generali di un modello formale o visualizzabile. Ma il lavoro di laboratorio esiste anche grazie a restrizioni pratiche che possono avere poco di teorico a supportarle: credenze in tipi strumentali, in programmi di indagine sperimentale, nei giudizi individuali, prodotti dall'addestramento, dovuti a comportamenti locali di parti di apparato o delle tracce, impulsi, e resoconti registrati quotidianamente. Chiarire questi fattori è essenziale per un'impresa storica, che non segue regole prefissate" (Galison, 1987, p.277).

I micromondi, descritti da Joseph Rouse come realtà fisiche che permettono di essere manipolate e controllate (Rouse, 1987), presi a modello per riconfigurare il mondo lo trasformano in laboratorio mondo come "network sociotecnico" (Wetmore, 2004).

Il laboratorio mondo è la continuità tra l'idea classica di laboratorio e di mondo esterno nel continuo dispiegarsi di un unico ambiente d'azione, un "*action-environment*" (Wartenburg, 1990), in cui vengono a loro volta elevati dei confini per rendere attuabili le pratiche sociali relative alla scienza che scorrono attraverso tali confini.

Nel laboratorio mondo non opera il singolo scienziato alle prese con esperimenti elementari, ma una moltitudine di individui che tendono ad identificarsi e riconoscere nell'esperimento. Thorndike, il direttore del progetto che si occupava negli anni sessanta di una delle più grandi camere a bolle, costruite per tracciare le particelle, parla della figura dell'*experimenter* come non di una persona, ma di un composito, di "un

fenomeno sociale, variato nelle forme ed impossibile da definire precisamente” (Thorndike, 1967, p.299-300). L’*experimenter*, lo sperimentatore è tale nella realizzazione di pratiche scientifiche.

Secondo Rouse, tali pratiche scientifiche non solo includono pratiche sperimentali e strumentali attuate per ri-fare fenomeni, o renderli comunque più manifesti e disponibili, ma contemplano anche le pratiche di teorizzazione, di modellamento della realtà, nonché quelle relative al calcolo intese come strade alternative di comprensione ed interrelazione tra i fenomeni stessi. Rouse opera un’espansione di questo impianto -già abbastanza alternativo a ciò che lui chiama il progetto di legittimazione della scienza- rivelando la presenza di un *iceberg* sommerso al di sotto della scienza identificata come tale e mettendo in rilievo che le “pratiche scientifiche” sono abilitate, costrette, messe in forza d’essere, utilizzate come d’altra parte influenzate da altre pratiche, se vogliamo più comuni, di carattere istituzionale, comunicativo, pedagogico, economico, industriale, politico, per citare quelle considerate da Rouse stesso (Rouse, 1994).

Galison nello studiare la storia della scienza del XX secolo ha posto invece l’accento sugli effetti (Galison, 1987), mentre Mark e Clark sono invece risaliti alle cause indagando le dinamiche collettive in merito alla trasmissione delle innovazioni di tecniche degli archi di spinta nella costruzione di cattedrali: “i costruttori di cattedrali apprendevano dall’esperienza, utilizzando le costruzioni nello stesso modo in cui oggi gli ingegneri si rifanno a prototipi strumentali” (Mark e Clark, 1984, p.144). Turnbull vede le cattedrali come laboratori su grande scala (Turnbull, 1993), luoghi di pratica sperimentale dove il lavoro collettivo di abili artigiani era convogliato per produrre un sistema manipolabile come esperimento in opera che consisteva nella stessa cattedrale. Ciò era possibile in assenza di una teoria strutturale pienamente articolata, progetti dettagliati e piani di

lavoro, o comuni misure, dal momento che i costruttori sviluppavano metodi provvisori che combinavano la loro conoscenza tacita (Polanyi, 1958) e situata (Haraway, 1988) con le pratiche di costruzione di cui erano capaci, non standardizzate, che poi trasmettevano per altre opere sotto forma di abilità, metodo geometrico e dime<sup>86</sup>. Ciò costituiva una tradizione di soluzione condivise ed abilità sul campo in cui teoria e pratica nascevano interrelate dove non è possibile operare distinzioni concettuali nette tra scienza e tecnologia (Latour, 1987).

Con l'esempio delle cattedrali gotiche Turnbull vuole sfatare due miti:

- a) non c'è grande differenza tra passato e presente e
- b) tra scienza e tecnologia (Turnbull, 1993, p. 332).

La tecnoscienza sarebbe pertanto la risultante di più fattori convergenti, specifici, contingenti e pratiche disordinate e, comunque in grado di erigere strutture permanenti e degne di considerazione a distanza di più di dieci secoli. Come le cattedrali, la tecnoscienza dei laboratori è il prodotto di pratiche collettive basate su pratiche precedenti e come le cattedrali dipendente da ruoli sociali e tecnici, come da attività che costituite nel loro insieme riconosciamo nel laboratorio quale mondo tecnoscientifico (cfr. Turnbull, 1993, p.330) che accomuna per la scienza e la tecnologia non di coniugare teoria e pratica quanto di trasmettere le pratiche. Gli ambiti di conoscenza trovano senso nelle piccole variazioni sociotecniche che alimentano processi di differenziazione e trasmissione (cfr. Turnbull, 1993, p.327) fino alla standardizzazione di pratiche che diventano riconoscibili in rappresentazioni condivise, quali progetti, procedure, protocolli e quindi ineludibili.

Parlando di nucleare, la dicotomia che viene in genere presentata è

---

<sup>86</sup> Dima: sagoma tridimensionale utilizzata per riprodurre le stesse dimensioni nel corso della costruzione di strutture architettoniche.

in tecnologia civile e di difesa. Vengono presentate come “due culture” (cfr. Mott, 2002, p.46-48), ovvero dei “costrutti che devono essere amministrati al fine di rimanere separati” (Mort, 2002, p.48). Tali due culture sono però il prodotto di *network* tecnici costruiti e mantenuti grazie a processi non esclusivamente tecnici, ma di “ingegneria eterogenea”.

L'inizio dell'era nucleare è coincisa con delle politiche dirette a trasformare il mondo in laboratorio, ad istituzionalizzarlo quanto a metterlo in pratica. Il primo figlio dell'era nucleare è stato il corpo atomico, straziato dalle radiazioni nelle esplosioni di Hiroshima e Nagasaki e nutrito di energia grazie alle possibilità aperte dalla scissione nucleare.

L'iniziativa politico tecnologica statunitense inaugurata dal Presidente Eisenhower negli anni 50 si basava sull'idea che l'energia nucleare potesse essere utilizzata per la pace e la prosperità dei popoli. L'ideologia atomica dal nome *Atoms for peace* era tesa a sviluppare un organismo internazionale che si occupasse di energia nucleare sotto il controllo delle Nazioni Unite a cui dovevano contribuire le superpotenze con il loro materiale radioattivo per creare dei programmi nucleari integrati con la medicina, l'agricoltura e soprattutto per lo sviluppo di nuove fonti di energia.

Secondo John Krige il programma di *Atoms for Peace* è consistito in un progetto di *soft power* per garantirsi che paesi come India ed Israele interessati alla tecnologia nucleare si rivolgessero agli Stati Uniti, aprendo dei nuovi mercati per le industrie *General Electric* e *Westinghouse* (Krige, 2008).

Mentre negli atolli del Pacifico venivano condotti i test atomici di Bikini, Castle Bravo, Mike la diplomazia conduceva con *Atoms for Peace* una formalizzazione della politica atomica statunitense, la conseguente creazione dell'IAEA e la sua rete di *safeguards* da imporre a livello

globale e la negoziazione per la riduzione degli armamenti nucleari concretizzatasi nel Trattato di non proliferazione del 1970. Temi come quello ecologico, del clima, dell'inquinamento sono seguiti fino a produrre la costruzione di spazi globali (Edwards, 2003), come ad esempio il tema del cambiamento climatico come network interpretabile tramite archivi di dati, modelli di simulazione e politiche globali (cfr. Edwards, in corso di stampa).

Nonostante gli sforzi per il controllo del materiale radioattivo ed il suo traffico (cfr. Collins e Frantz, 2007) il laboratorio mondo produce nuove alleanze e combinazioni insperate ed inattese traducibili nella società in termini di rischio.

Il laboratorio mondo è il luogo dell'esperienza della società mondo, "un'unica società priva di confini, differenziata in sottosistemi funzionali – economia e politica, riproduzione socioculturale e comunità- il cui carattere specifico consiste nel non avere al di fuori di sé, nel proprio intorno, alcun <<ambiente sociale>>, ossia nessun'altra società con cui interagire" (Gallino, 2007, p.252).

Il laboratorio mondo è l'insieme delle agenzie umane e materiali, come la fisica quantistica è parte di un *complexly entangled web* (Barad, 2007, p.388) di fenomeni eterogenei che includono apparati di produzione dei corpi definiti come scientifici, tecnologici, militari, economici, medici, politici, sociali e culturali e che si producono e riproducono secondo una modalità *mangled* (cfr. Pickering, 1993; 1995) nella mutua e reciproca ricerca di definizioni e demarcazioni dei mondi sociali e materiali. Le radiazioni stesse ed il loro costituirsi delle pratiche materiali discorsive che contribuiscono a formare la società sarebbero "un fenomeno che sposa il materiale, il sociale ed il simbolico in una rete complessa di associazioni" (Pfaffenberger, 1988, p.249).

Capitolo Terzo  
Conoscenza e società

*“I concetti possono essere comunicati solo se uno sforzo viene fatto”*

Toyo Ito

*3.1 La comunicazione di idee*

Nell'affrontare il tema della società del rischio (Beck, 1992) i concetti di scienza e senso comune non possono essere più colti come categorie date e definitive, ma nascondono piuttosto processi complessi e dinamici, demarcazioni, entità concettuali e punti di discussione, pratiche discorsive con le quali si definisce cosa sia politico o sociale, cosa sia conoscenza comune o scientifica.

Secondo Thomas Gieryn tali categorie sono frutto di un *“boundary work”* (Gieryn, 1999) che riformulerebbe le pratiche discorsive del rischio come esibizioni dell'autorità epistemica della scienza con cui volta per volta si decide dove situare la giurisdizione stessa sui fatti naturali (cfr. Gieryn, 1999, p.15).

Non tanto l'individuo, ma la società creerebbe di continuo gli strumenti ed i ritmi con cui pensiamo e viviamo in generale le esperienze individuali e costruiamo i nostri riferimenti cognitivi del mondo. Tale logica paradossale era già stato evidenziato da André Leroi-Gourhan, secondo il quale *“le possibilità di confronto e di liberazione dell'individuo si basano su una memoria potenziale il cui contenuto appartiene integralmente alla società”* (Leroi-Gourhan, 1965, p.268); inoltre, va tenuto conto che la natura stessa come oggetto della conoscenza umana non si rappresenterebbe mai a noi *“nuda”*; si presenta già vestita e costituita in pensiero sociale (cfr. Harding, 2001, p.158) ed in quanto tale appare più vicina a ciò che già conosciamo.

Giovanna Nigro ed Ida Galli si sono ad esempio domandate perché

la gente si costruisce delle rappresentazioni sociali della radioattività, trovando la semplice risposta nel bisogno di costruire “la rappresentazione sociale di un evento, di un fenomeno, di una teoria, quando questo evento, fenomeno, o evento, fenomeno, o teoria ci toccano tanto da vicino da costringerci a rendercelo familiare” (Nigro e Galli, 1992, p.73).

Il concetto di rappresentazione sociale è stato sviluppato dalla psicologia sociale con lo studio del senso comune costruito attorno alla scienza (Moscovici, 1997); Serge Moscovici ha ripreso il concetto di “rappresentazione collettiva” (Durkheim, 1898) da Emile Durkheim (1858-1917), il quale, secondo una recente rilettura critica culturale, nel corso della sua produzione scientifica e soprattutto nel suo studio della maturità sul totemismo (Durkheim, 1912) avrebbe sviluppato sia una sociologia della conoscenza che una epistemologia (Schmaus, 1994; Rawls, 1996).

Infatti Durkheim aveva anticipato riflessioni interessanti sulla costruzione dei *boundaries* socio-cognitivi. Già nel *Les Règles* Durkheim affermava che “dalla sensazione derivano tutte le idee generali vere o false, scientifiche o non scientifiche. Il punto di partenza della scienza o conoscenza speculativa non può quindi essere diverso da quello della conoscenza volgare o pratica: soltanto al di là di esso, nella maniera in cui questa materia comune viene poi elaborata, cominciano le divergenze” (Durkheim, 1895, p.56).

L'attualità di Durkheim è rinvenibile proprio nella sua capacità di muoversi al centro di un crocevia multidisciplinare, adottando teorie, osservazioni e riflessioni, ad esempio, dalla filosofia della rappresentazione kantiana riformulata come frutto dell'esperienza da Renouvier (Renouvier, 1906) ed hegeliana (Knapp, 1985), dalla psicologia come dall'antropologia.

A differenza delle rappresentazioni individuali quelle collettive sarebbero il prodotto di stati collettivi di coscienza.



Il concetto di rappresentazione collettiva è uno dei concetti durkheimiani che nell'esplorazione sociologica della conoscenza e nell'analisi dell'emergere delle pratiche sociali rende possibile cogliere in ogni oggetto di conoscenza l'inesauribilità del reale “non soltanto nella sua totalità, ma in ciascuna delle sue parti costitutive” (Durkheim, 1955, p.158), e permette alle verità parziali di congiungersi fino all'attuarsi di una coscienza comune “dove trovano contemporaneamente i loro limiti e i loro complementi” (Durkheim, 1955, p.159).

L'idea stessa di rappresentazione collettiva ha una storia abbastanza lunga che si snoda lungo tutto il pensiero di Durkheim in quanto tale concetto risultava determinante per l'analisi scientifica dei fenomeni sociali.

Durkheim si limita a spiegare il concetto di rappresentazione come di “non una semplice immagine della realtà, una ombra inerte proiettata su di noi dalle cose; ma una forza che sprigiona un vortice di fenomeni psichici ed organici attorno a sè” (Durkheim, 1893, p.64). L'idea di rappresentazione non viene mai definitivamente spiegata da Durkheim in quanto probabilmente era concetto molto in voga nella filosofia del tempo (cfr. Pickering, 2000a, p.2) e non suscitava quindi dibattiti e contraddizioni (Pickering, 2000b, p.12); ciò ha generato una conseguente “confusione” (Rawls, 2004, p.177) su cosa intendesse con tale concetto.

Altra ipotesi sulla vaghezza del termine potrebbe essere collegata all'ambiente politico dell'epoca dove ammettere influenze dal pensiero kantiano e dall'idealismo tedesco per un alsaziano che cercava di “vendere” in Francia la sociologia come nuova disciplina scientifica l'avrebbe esposto agli attacchi degli intellettuali nazionalisti (cfr. Knapp, 1985, pp. 9-10).

Una possibile interpretazione del concetto di rappresentazione collettiva è data da una chiave funzionalista e ci permette di distaccarci

dall'idea che tutti i membri di un gruppo debbano condividere la stessa rappresentazione mentale, per affermare invece che “è sufficiente che siano capaci di partecipare in funzioni sociali” (Schmaus, 2000, p.148) in accordo gli uni con gli altri. E' ciò che lo stesso Durkheim sosteneva già a proposito della coscienza collettiva: “è la forza motore della nostra vita psichica; è centrale al suo libero funzionare ed alla nostra energia nell'azione” (Durkheim, 1893, p.65).

Secondo Jean Claude Filloux è possibile costruire uno schema come sintesi del pensiero durkheimiano includendo il concetto di rappresentazione collettiva (III-A e III-B nello schema) :

I. Volume, densità e distribuzione della popolazione. Organizzazione territoriale. Oggetti materiali inseriti nella società: edifici, vie di comunicazione, monumenti, strumenti tecnologici (macchine, ecc.).

*II Istituzioni:*

II-A. Regole e norme formali-che si esprimono nelle formule fisse del diritto, I precetti della morale, I dogmi religiosi, le forme politiche e economiche, le definizioni dei ruoli professionali, oppure che determinano le convenzioni del linguaggio, i doveri delle categorie sociali.

II-B. Regole e norme informali che si applicano agli ambiti precedenti: modelli di costume, abitudini e credenze collettive.

*III. Rappresentazioni collettive:*

III-A. Valori della società, ideali collettivi; opinioni; rappresentazioni che la società si crea autonomamente; leggende e miti; rappresentazioni religiose.

III-B. Correnti libere, “fermenti”; ideazione collettiva creatrice; valori e rappresentazioni emergenti.

Schema in Filloux, 1970, p.51.

Rimane il fatto che la necessità del sociologo di Epinal era di argomentare l'articolazione nel rapporto tra individuo e società, informale e formale, sacro e profano, sociale e naturale, contrapposizioni riassumibili nella formula che contempla l'idea che sia tra “*l'istituente e l'istituito*” (Filloux, 1970, p.50) che si stabilisce il consolidamento, la cristallizzazione in fatti sociali.

Nel *La divisione del lavoro sociale* viene giustificata la normatività del controllo sociale con il concetto di coscienza collettiva, ma l'idea di semplice vincolo sociale sull'individuo non avrebbe soddisfatto Durkheim intento a costruire un modello che spiegasse l'integrazione sociale: “quanto più le credenze e le pratiche sono definite, tanto minore è il margine che lasciano alle divergenze individuali” (Durkheim, 1893, p.165).

Le forme sociali e di conoscenza sono fuse fino a creare quella natura sociale e metodica della scienza che viene identificata, quindi non in opposizione, o in esclusione della società e della cultura, ma bensì come “forma più perfetta del pensiero religioso” (Durkheim, 1912, p.493). Ma Durkheim si spinge oltre comprendendo non solo la necessità di esplorare la natura collettiva della conoscenza, ma anche di un'ipotesi replicativa di essa nel tempo, fino ad affermare che “le rappresentazioni collettive sono il prodotto di una immensa cooperazione che si estende non solo nello spazio, ma anche nel tempo” (Durkheim, 1912, p.66). Con la sua opera della maturità dedicata al totemismo in Australia il sociologo francese voleva rintracciare l'origine delle rappresentazioni collettive e al tempo stesso delle categorie:

“se le categorie costituiscono, come riteniamo, rappresentazioni essenzialmente collettive, esse traducono anzitutto stati della collettività” (Durkheim, 1912, p.65).

Durkheim è molto chiaro quando sostiene che la logica scientifica

deriva dalla religione<sup>87</sup>, entrambe vissute come forme collettive e quindi di generalizzazione e coercizione (cfr. Durkheim, 1895, pp.30-31) in quanto rendono possibile armonizzare ed integrare i termini con cui conosciamo e pratichiamo il mondo. È l'ambiente sociale che circonda le persone e le cose (cfr. Durkheim, 1895, p.112).

Altrimenti va però considerato che la nozione di oggettività di Durkheim poggia su di una realtà (sociale) esterna indipendente da rappresentazioni, in piena contraddizione con l'idea di realtà costituita interamente da rappresentazioni collettive (cfr. Paoletti, 2004, p.4).

Le rappresentazioni collettive derivano dalle credenze collettive e le realtà sociali sono sistemi di credenza. La religione e poi la scienza sono per Durkheim sistemi di credenze che “sintetizzano” mondi come sistemi di significato (cfr. Stedman Jones, 2000b, p.72). Nella prefazione alla seconda edizione del “La divisione del lavoro sociale” attinge a studi di storia sociale della Roma antica e del Medio Evo per spiegare il passaggio della forza morale dalla famiglia alle associazioni di mestieri ed alla creazione delle corporazioni (cfr. Durkheim, 1893, pp.9-36). Una prospettiva evolutiva e storica delle rappresentazioni collettive va vista nel loro distacco da pratiche sociali, in quanto le pratiche sociali mutano e si trasformano: “la diminuzione del numero dei proverbi, degli adagi, dei detti e così via, a misura che le società si sviluppano, è un'altra prova del fatto che anche le rappresentazioni collettive stanno diventando più indeterminate” (Durkheim, 1893, p.181).

Il ruolo della sfera religiosa sui fenomeni sociali riveste un'importanza centrale nel pensiero di Durkheim.

Durante il corso tenuto a Bordeaux nell'anno accademico a cavallo del 1894 e del 1895 si occupò dell'approccio storico alla religione basandosi su esempi tratti dai rituali e dalle cerimonie per spiegare il

---

<sup>87</sup> cfr. Durkheim, 1912, sezione VI.

potere dei simboli religiosi nella vita sociale e nei fenomeni associativi.

La lettura dello storico delle religioni Robertson Smith farà comprendere a Durkheim quale sia il possibile peso del contributo della religione alla vita sociale (cfr. Robertson Smith, 1887; Durkheim, 1907).

Nell'articolo del 1898 "*Représentations individuelles et représentations collectives*", sfruttando alcune analogie dal mondo delle scienze naturali, Durkheim confrontò il concetto di rappresentazione collettiva con quello di rappresentazione individuale (Durkheim, 1898); una cultura è costituita da rappresentazioni collettive allo stesso modo di come la mente degli individui è costituita di sensazioni, immagini, sentimenti e disposizioni. Inoltre, distinse tra due tipi di rappresentazioni collettive indicando nel primo tipo il prodotto dei particolari momenti di effervescenza collettiva, mentre nel secondo individuò delle rappresentazioni frutto di altre rappresentazioni, le quali funzionano come simboli, a partire dagli oggetti totemici (Durkheim, 1912) e quindi fenomeno sociale a cui l'individuo attingerebbe nel perseguimento delle sue ambizioni. Simboli arbitrari e convenzionali sarebbero tra gli elementi costitutivi delle rappresentazioni collettive, mentre queste stesse darebbero un significato speciale ad oggetti fisici trasformandoli in simboli (cfr. Schmaus, 1994, p.238).

Secondo Anne Warfield Rawls le rappresentazioni collettive sarebbero *costruzioni sociali* (cfr. Rawls, 2004, p.177), ma al tempo stesso andrebbero intese come un *sistema simbolico* che ha conseguenze reali nella vita sociale<sup>88</sup>.

Le rappresentazioni collettive originerebbero dai simboli usati e condivisi dai gruppi per rappresentare la forza morale; sono simboli emblematici animati per tenere vivo il ricordo di momenti significativi e poterli riprodurre a rinforzo della coesione morale della società.

---

<sup>88</sup> cfr. Durkheim, 1912, V sezione.

A partire dal programma forte di David Bloor (Bloor, 1976) la sociologia della conoscenza scientifica ha avuto il merito di condurre la ricerca sociologica anche all'interno del mondo della scienza. Bloor ha da subito messo in rilievo che escludere la conoscenza scientifica dall'indagine sociologica "significherebbe che la scienza non potrebbe conoscere se stessa scientificamente" (Bloor, 1976, p. 67). Imporre dei limiti alla conoscenza della scienza equivarrebbe a ciò che per certe pratiche viene indicato dallo stesso Durkheim come rito negativo (cfr. Durkheim, 1912, p. 359-385), cioè un tabù: "si verrebbe a creare il caso particolare di un'eccezione permanente al carattere generale delle sue stesse procedure" (Bloor, op. cit., p.67).

Dalle premesse, Bloor sottolinea quanto "la tendenza naturale di una disciplina come la sociologia della conoscenza sia quella di espandere e generalizzare se stessa: a partire dagli studi delle cosmologie primitive fino a quelli della nostra cultura. Questo è esattamente il passo che i sociologi sono stati restii a compiere" (Bloor op. cit., p. 7).

Bloor recentemente ha sostenuto che le rappresentazioni collettive stesse siano identificabili con le istituzioni (Bloor, 1997, p. 160) e comprensibili in base al modello autoreferenziale ed autoinduttivo del *social life as bootstrap induction* (Barnes, 1983). Secondo Bloor le rappresentazioni formano il "network della vita sociale" (Bloor, 1997, p.160), una rete di riferimenti incrociati di ruoli e status che si costruiscono nella condivisione di rappresentazioni, come ad esempio il denaro, la *leadership*, i diritti, che sono essi stessi processi di interazione visti come partecipazione e diffusione di pratiche sociali costitutivi dell'interazione stessa: "Dobbiamo ripetere questa rappresentazione, ma nel ripeterla, dare all'idea abbastanza colore, forma e vita per stimolare l'azione. Deve scaldare il cuore e vedere la volontà in azione" (Durkheim, 1925, p.229).

Le rappresentazioni collettive vanno quindi considerate come l'articolazione tra la mente dell'individuo e la società, un giunto dalle

proprietà integrative costitutive del sociale e dell'espressione libera di ogni coscienza individuale, in quanto “è necessario che ciascuna esprima ciò che sente” (Durkheim, 1955, p.153).

Secondo Victor Lidz lo scopo sociologico delle rappresentazioni collettive era di identificare la proprietà solidale dei sistemi culturali, come orientamento costante generato dalle credenze “attraverso le numerose contingenti pratiche dei processi di azione” (Lidz, 1981, p.220).

Ciò permetterebbe anche di individuare le forme e modalità di (ri)costruzione pubblica della scienza e della tecnologia (cfr. Borgna, 2001), in quanto, secondo un approccio durkheimiano, scienza e tecnologia sarebbero solo dei modi d'essere del sociale: “tuttavia le rappresentazioni scientifiche sono, esse pure, rappresentazioni collettive” (Durkheim, 1955, p. 154).

Anche Barry Barnes ha richiamato l'attenzione sui processi collettivi di conoscenza ed istituzionalizzazione (cfr. Barnes, 1983, p.538) come modalità discorsive autovalidanti e modelli autovalidanti di inferenza e comprensibili come “fenomeni ubiqui” (ibidem) anche all'interno della scienza e della tecnologia (Pickering, 1980, 1981).

In un confronto sullo *European Journal of Social Psychology* Gustav Jahoda critica la posizione riduttivista di Moscovici mettendo in evidenza una incompatibilità nel pensiero di Moscovici tra:

(1) Senso comune=rappresentazioni sociali=ideologia diverse da scienza;

(2) Rappresentazioni sociali=ideologia uguali a scienza (Jahoda, 1988, p.200) e denunciando il bisogno per lo studio dell'emergenza delle rappresentazioni sociali integrando la psicologia sociale con la storia e l'antropologia (cfr. Jahoda, 1988, p.207).

A proposito delle rappresentazioni sociali sulla radioattività ed il nucleare va sottolineato che “la radioattività continua ad essere definita a partire dagli effetti che essa produce” (Galli e Nigro, 1992, p.72). Gli eventi a cui

viene associata una opinione cambiano nel corso del tempo e non da ultimo influenzano il modo in cui produciamo scienza e conoscenza nel senso più ampio. Perciò l'universo consensuale e quello reificato sono categorie che vanno problematizzate. Attribuire atteggiamenti cognitivi a gruppi è possibile dietro la clausola che l'interazione tra individui sia complementare alla conoscenza comune delle norme e delle istruzioni sulla conduzione delle pratiche.

Un mondo sociale consiste nei suoi modi di vedere ed agire: con differenti modi di vedere abbiamo differenti mondi. Differenti modi di vedere portano a differenti azioni. Nella rilettura delle rappresentazioni durkheimiane di Susan Stedman Jones “le rappresentazioni definiscono la realtà. Ma in un senso pratico costituiscono una realtà dal momento che assegnano un modo d'agire” (Stedman Jones, 2000a, p.57). Sono le rappresentazioni che rendono possibile il ripetersi delle azioni routinizandole, ma di renderle anche dotate di senso per coloro che partecipano.

Dan Sperber, parlando di “*widely distributed, long-lasting representations*” (Sperber, 1985, p.74), attribuisce alle rappresentazioni il ruolo di formare e produrre la cultura, ed infatti si esprime usando il termine rappresentazione culturale. Secondo Sperber è possibile parlare di complementarità tra rappresentazioni mentali e culturali in quanto non esiste soglia, o *boundary*, tra rappresentazioni individuali e culturali; è solo l'estensione che cambia.

I processi si distinguono in intra- ed inter-soggettivi (cfr. Sperber, 1985, p.77), ma ciò che rende una rappresentazione culturale tale non sono le sue “proprietà formali”, ma è bensì “la costruzione di milioni di rappresentazioni mentali causalmente collegate da milioni di rappresentazioni pubbliche” (Sperber, 1985, p.78). Le rappresentazioni culturali sono materiali.

Sperber mutua dalla medicina il concetto di epidemia sostenendo



che l'applicazione causale dei fatti culturali *embedded* vada ricercata nell'epidemiologia delle rappresentazioni. Il processo con cui avverrebbe la diffusione di rappresentazioni culturali è applicabile anche alla tecnologia (Rogers, 1983), mentre sui sistemi di replicazione culturale è stato proposta come parallela ai processi di replicazione genetica la teoria dei memi (Dawkins, 1976), i quali agirebbero come unità di informazione culturale diffondendosi e replicandosi (Blackmore, 1999). Altrimenti, è possibile parlare del “test della solvibilità” (Tooby e Cosmides, 1992, p.110), secondo il quale un tipo di mente deve essere capace di risolvere i problemi che gli umani risolvono.

Se consideriamo che il modello di mente riflette lo stato di conoscenza raggiunto, ad un modello standard derivato dalle scienze sociali, *SSSM (Standard Social Science Model)*, andrebbe sostituito un modello integrato di mente nel sociale (*Integrated Model*) che tenga conto dei progressi raggiunti nell'ambito delle varie discipline come le neuroscienze, la biologia, l'intelligenza artificiale e che integri quindi un modello di mente nelle scienze sociali (Tooby e Cosmides, 1992; Brown, 1991).

Al pari degli altri organi la mente sarebbe costituita da meccanismi evoluti specializzati nella soluzione di problemi di adattamento di lungo corso; tali meccanismi hanno algoritmi e “*content-specialised representational formats*” (Tooby e Cosmides, 1992, p.34) che generano i contenuti specifici della mente e le strutture che danno forma alla vita sociale e alla cultura. Secondo il modello integrato la mente umana stessa si sarebbe adattata all'ambiente quale prodotto di una complessa interazione di qualità genetiche, input ambientali naturali/sociali/culturali ed attività interiori; la mente sarebbe un organo fisico evoluto grazie a processi evolutivi per svolgere un certo numero di funzioni, che come memi sarebbero responsabili di comportamenti collettivi (Blackmore, 1999).

Per spiegare meglio la natura dei modelli che contemplano un integrazione tra soggettivo ed oggettivo ci rivolgiamo ad un esempio relativo ai recenti risultati ottenuti nel campo dell'architettura e dell'ingegneria strutturale.

Con l'uso di algoritmi e funzioni parametriche l'ingegnere strutturale Mutsuro Sasaki ha creato delle strutture portanti che sfruttano rapporti asimmetrici e non lineari per palazzi ed opere architettoniche. Tali strutture, applicate per la prima volta nel Centro culturale di Kitagata in Giappone, sono il risultato della ricerca di strutture fluide ed organiche prodotte secondo principi derivati da modelli di evoluzione ed auto organizzazione e perciò sono state battezzate *strutture flusso* (Mutsumi, 2005). Tali modelli di simulazione sono in grado di generare superfici CGI a curvatura libera che spingono oltre la razionalizzazione degli sforzi strutturali facendo interagire la progettazione delle superfici con l'analisi degli sforzi e delle deformazioni, normalmente previste in fasi successive.

L'architetto Toyo Ito e Mutsuro Sasaki hanno progettato la Mediateca di Sendai<sup>89</sup>, centro mediatico e culturale, secondo un design parametrico ed algoritmico (Sasaki, 2008) che permette di combinare singoli elementi che comunque preservano qualità specifiche e la totalità della struttura in modo complesso ed intuitivo. La Mediateca è costituita da una struttura quadrangolare le cui facciate sono trasparenti, con sei piani che sembrano fluttuare nell'aria connessi tra loro solo da 13 strutture-tubo a colonna di acciaio simili ai tronchi di alberi di una foresta. I tubi sono sia strutturali che necessari al passaggio di cavi elettrici, reti e sistemi necessari alla comunicazione tecnologica e per la mobilità verticale, ascensori e scale compresi. Ognuno di questi raggi verticali è variabile per diametro ed è indipendente dalle facciate e muta

---

<sup>89</sup> cfr. <http://www.smt.city.sendai.jp/>

la sua forma piano per piano:

“pitturato di bianco e messo sotto vetro, l'acciaio è diventato meno crudo ed ingombrante. Era come se i tubi fossero diventati come prodotti in una vetrina” (Ito, 2000, p.7). La mediateca è definita dalla complementarità tra semplicità degli elementi, che Toyo Ito ha definito come piani, tubi e pelle (i piani, le colonne e le facciate) e la complessità di attività possibili e sistemi d'informazione. Le diverse possibili combinazioni creano diversi gradi di spazi pubblici, da spazi individuali di riposo e solitudine a spazi di comunanza e di attività collettiva. Secondo lo stesso architetto ciascun uomo contemporaneo possiede due corpi, quello primitivo e quello virtuale generato con l'avvento dei media e capace di rispondere alle sollecitazioni dell'ambiente elettronico. Ito ha chiamato questo secondo corpo “un corpo mediale in cerca di informazioni” (Ito, 1995), e sempre secondo lo stesso architetto l'architettura ha il compito di integrare i due corpi. La stessa comunicazione di concetti può aver luogo solo se uno sforzo viene fatto al fine di “eliminare le imperfezioni e rendere il modello più puro possibile (Ito, 1994) e concepirlo come parte di una struttura infinita (cfr. Yokota, 1999, p.131). L'architettura si occupa della condensazione e trasformazione di idee sotto forma di costruzioni, ma non si può mai veramente essere certi prima del risultato e di “come le cose viaggieranno e su cosa accadrà loro” (Evans, 1986, p.15). La capacità di influenzare la percezione e le azioni dà ai palazzi costruiti con le idee come la mediateca di Toyo Ito un potente effetto<sup>90</sup>. La Mediateca è un agente attivo di mediazione e rien-

---

<sup>90</sup> “*When I visited the Mediatheque it was packed with people: families in the children's library; teenagers in the video booths; students cramming in the library; old men sitting, shoes off, checking betting forms in the quieter corners; black-clad, digicam-wielding architecture students charging up and down the stairs and lifts. The structure of the Mediatheque generates chance encounters, unpredictable connections and gatherings. This moves the building beyond being just a metaphor for architecture's connection to the city and the virtual world; it becomes an active agent in that exchange*” Andrew Barrie, 2001, Blurring Architecture [[www.artspace.org.nz/exhibitions/2001/blurringarchitecture.asp](http://www.artspace.org.nz/exhibitions/2001/blurringarchitecture.asp)].

tra nella filosofia di Toyo Ito come attenzione al fatto che “comunicare i concetti architettonici è difficile perché l’architettura ha inevitabilmente un carattere duale. E’ sia un modello astratto di idee e qualcosa che esiste nella realtà” (Ito, 1994, p.63); dal momento però che la struttura della Mediateca è stata sviluppata attraverso successive versioni “è una costruzione non solo con due corpi, ma molti. Come con i nostri corpi, è più accurato pensare a queste identità come in una condizione *entangled*. Ciascuna di queste è profondamente intrisa nelle altre”<sup>91</sup>. La Mediateca si presenta oltre che luogo fisico, come luogo in cui l’individuo/gruppo si manifesta nella sua attività, si produce e rende possibile la riproduzione delle pratiche sociali.



Uno dei piani della Mediateca di Sendai con le strutture flusso che la attraversano.

[Fonte. <http://www.galinsky.com/buildings/sendaimediatheque/index.htm>]

---

<sup>91</sup> Andrie Barrie, vedi nota 87.

### 3.2. Il concetto di rappresentazione negli studi sociali sulla scienza

Studi multidisciplinari che hanno trovato il fulcro nei *cultural studies* britannici, a partire dagli anni settanta, hanno ripreso il concetto di ideologia marxiano declinato da Gramsci in quello di egemonia culturale e l'hanno esteso ed applicato in diversi campi d'indagine.

Stuart Hall nell'affrontare il problema delle rappresentazioni e la società distingue due processi di costruzione sociale del significato, due sistemi di rappresentazione:

- 1) “il sistema che include tutti gli oggetti, persone, fatti correlati in un set di concetti o *rappresentazioni mentali* che ci portiamo nelle nostre teste”;
- 2) il sistema come “mappa concettuale condivisa (...) tradotta in una lingua comune, cosicché possiamo correlare i nostri concetti con le idee (Hall, 1997, p.17-18).

Tale approccio ha tra l'altro riguardato anche una rilettura degli scritti di Durkheim. Infatti nel 1988 è stato pubblicato un collettaneo dal titolo *Durkheimian sociology: cultural studies* nell'ambito della sociologia della cultura, della teoria e politica (Alexander, 1988) con cui vengono esplorati i codici culturali e le narrative che formano ed informano diverse aree della vita pubblica e sociale.

Questo è il terreno su cui gli intellettuali della *new left* britannica Raymond Williams, Edward Thompson, Stuart Hall si erano già mossi per individuare le dinamiche di interpretazione ed uso della conoscenza non come semplice traduzione, ma come adattamento al proprio ambiente e riconversione alle necessità del soggetto, dando corso al programma interdisciplinare di studi noto come *cultural studies*<sup>92</sup>.

Il filosofo Joseph Rouse ha presentato un programma battezzato *cultural studies of science* (cfr. Rouse, 1992; 1996, cap.9) in riferimento

---

<sup>92</sup>Per una introduzione sul tema cfr.: Lutter, C.; Reisenleitner, M. 2002 *Cultural Studies. Eine Einführung*, Erhard Locker GesmbH, Wien (trad.it. 2004 *Cultural Studies. Un'introduzione*, Paravia Bruno Mondadori, Milano).

ad un emergente eterogeneo movimento di ricerca storica, filosofica, sociologica, antropologica, di teoria femminista, e di critica letteraria. L'obiettivo di Rouse è stato fondamentale di individuare il traffico di idee, teorie, che avviene tra indagine scientifica e quelle pratiche culturali giudicate generalmente esterne al fatto scientifico. Ciò è dipeso dall'ingresso dei governi nei laboratori e nell'elezione della scienza e tecnologia a diamante del progresso anche per quei ruoli e meriti che fino ad allora erano rimasti in ombra (la fisica, la chimica, la genetica, ad esempio), ma che hanno attivato un dibattito -come ad esempio già da tempo per il nucleare, ed ora per la genetica- che non riguarda solo la comunità scientifica, ma agenti esterni e fino ad allora considerati estranei al mondo della scienza.

Rispetto al resto degli studi relativi alla sociologia della conoscenza scientifica, il cui nodo centrale consiste nell'indagare la scienza come rappresentazione, Rouse opta per fissare al centro del dibattito la pratica sociale (cfr. Rouse, 1997).

Secondo Mario Biagioli nell'ambito degli studi sociali della scienza tale corrente contingentista ha fornito degli strumenti d'analisi migliore del relativismo kuhniano rendendo possibile “un collegamento migliore tra il processo del cambiamento scientifico e la sua interpretazione storica o socioantropologica” (Biagioli, 1996, p.206).

Se consideriamo la conoscenza scientifica prodotto contingente di ciò che è locale (Longino, 2002, pp.184-189), materiale (Rouse, 1987, cap.4), situato ed analizzabile nei processi di inclusione ed esclusione secondo una prospettiva parziale (Haraway, 1991) è possibile entrare in contatto più facilmente con ciò che pensa chi la utilizza. Già nel 1926 Max Scheler scriveva che “ogni sapere, e soprattutto ogni sapere comune sugli stessi oggetti, determina in qualche modo l'essenza (das Sosein) della società” (Scheler, 1926, p.49). Sempre secondo Scheler “ogni sapere è determinato, a

sua volta, dalla società e dalla sua struttura” (*ibidem*).

Il tema della rappresentazione può essere affrontato individuando non un unico concetto, ma un ambito ben vasto che fa riferimento alla pluralità delle pratiche relative all’articolazione tra un soggetto e un oggetto. La conoscenza come rappresentazione individuerebbe per tanto il conosciuto come un processo relativo al soggetto che conosce. Per Pitkin il significato di rappresentazione è da ricondurre al verbo latino *raepresentare*, nel senso di fare presente, manifestare o ri-presentare (cfr. Pitkin, 1977, p.241).

In seguito Prendergast ha operato una distinzione tra i due significati elementari:

- 1) Ri-presentazione;
- 2) Stare per;

assegnando al primo significato la riproduzione di una presenza, lo stare per, esso viene inteso come una sostituzione con un termine che individua qualcosa di non raggiungibile. La rappresentazione sarebbe pertanto non una semplice copia, ma un nuovo elemento che rende possibile e definita la conoscenza; lo “stare per” non è la cosa in sé stessa, ma è ciò che è possibile individuare, ed approfondendo Pitkin il concetto di rappresentazione nel senso di ciò che “sta per”, tale pratica di individuazione di un nuovo termine richiederebbe sia una certa distanza e differenza, sia una certa somiglianza e corrispondenza (cfr. Pitkin 1967, p.68).

La rappresentazione intesa come uno “stare per” ben si presta ad essere colta come metafora di una mappa, un ritratto o uno specchio: ciò che queste metafore hanno in comune, è di riferirsi ad un qualcosa, ma in un ambito differente. Si tratta di un processo di traduzione, di spostamento, se vogliamo di creazione di un qualcosa che prima non c’era. Perciò la funzione di rappresentare come di uno “stare per” è quella

di portare conoscenza:

“consiste nella presenza di qualcosa da cui possiamo addurre accurate conclusioni circa ciò che viene rappresentato, ottenendone informazioni dal momento che si pone nei modi rilevanti come rappresentato” (Pitkin, 1967, p.81).

Quando parliamo di scienza come conoscenza di cosa parliamo?

Con il suo *Strong program* David Bloor ha operato un “livellamento” tra scienza e società (Bloor, 1976) rintracciando elementi comuni di carattere sociale all’interno di entrambi e dando luogo tra le altre conseguenze di suscitare una critica severa al costruzionismo epistemico (Bunge, 1991, 1992; Hacking, 1999).

Un tale ponte concettuale tra scienza e società ha ad ogni modo permesso il trasporto di nozioni, luoghi, istituzioni dal mondo delle scienze dure a quello delle scienze umane; al tempo stesso un flusso contrario ha invaso i laboratori, gli osservatori astronomici, gli ospedali per osservare gli scienziati nelle loro pratiche quotidiane.

Nelle ricostruzioni storiche sulle origini del costruttivismo si colloca sovente come originario il pensiero di Kant (Sismondo, 1996; Hacking, 1999). Ma soprattutto il prodotto della formula scienza + società ha fornito innumerevoli e ripetute descrizioni e rappresentazioni fino ad abituarci a considerare il concetto di rappresentazione non come fine, ma come strumento d’indagine.

Gli studi sociali relativi alla scienza e alla tecnologia hanno messo in rilievo la differenza tra scienza pronta all’uso e scienza nel suo farsi (Latour, 1987) e la necessità di un passaggio dal considerare la scienza come conoscenza descrittiva a pratica condivisa (cfr. Pickering, 1992).

Con la rivoluzione di Kuhn è stato possibile concepire le pratiche epistemiche della conoscenza come un assemblaggio tra termini e fenomeni al fine di procedere alla costruzione sociale di “rappresentazioni convenzionali di quell’ambiente” (Barnes, 1982, p.44). Tale assemblaggio non



è però diretta conseguenza del controllare fenomeni con termini e viceversa, ma del setaccio sociale rappresentato dal paradigma, quale rappresentazione collettiva della comunità scientifica, il quale permette a sua volta di dare senso collettivo alla combinazione tra fenomeni e termini. A tale proposito equiparando la conoscenza dei concetti fisici prodotti dalla scienza a quella dei nostri progenitori, nel loro carattere composito ed *ex post facto*, Barnes parla di articolazione parziale dei concetti scientifici come di “pacifico luogo comune nell’ambito della moderna cultura scientifica” (Barnes, 1982, pp.67) e pertanto “il finitismo implica una trattazione sociologica esauriente della conoscenza e dell’attività cognitiva” (Barnes, 1982, p.68).

Andrew Pickering ha contestato la centralità del concetto di rappresentazione portando invece l’attenzione sugli “idiomi performativi” (Pickering, 1995) per pensare la scienza. A detta di Pickering l’idioma rappresentazionale, invece, intende la scienza soprattutto come una attività intenta a rappresentare la natura, a produrre conoscenza che mappi, rifletta, o corrisponda a come il mondo sia in realtà.

Più che al semplice rappresentare, secondo Pickering, dobbiamo concentrarci sugli apparati che utilizziamo:

“è mio suggerimento che dovremmo vedere la scienza (e anche la tecnologia) come un proseguimento ed estensione di questa occupazione di relazionarci all’agenzia materiale. E, inoltre, dovremmo vedere *le macchine* come centrali per spiegare come gli scienziati fanno ciò” (Pickering, 1995, p.7).

Se lo studio critico della scienza e della tecnologia ha messo in rilievo la natura empirica e sperimentale della rappresentazione, ha però posto in secondo piano insieme al primato della razionalità, lo studio delle teorie (Cartwright, 1983).

Secondo l’approccio degli studi sociali sulla scienza e tecnologia la rappresentazione scientifica poteva essere articolata in processi in cui

intervenivano fattori di carattere sociale e culturale: sono le rappresentazioni che diventano di conseguenza materia su cui è possibile condurre pratiche sociali, intese come ricchi archivi di azioni sociali (cfr. Lynch e Woolgar, 1990, p. 5). Da questo punto di vista la rappresentazione scientifica viene intesa come una dialettica del dare e avere (Latour, 1995). Secondo Bruno Latour e Michael Lynch l'oggetto scientifico viene informato dalla rappresentazione, cosicchè assume una forma analizzabile in termini matematici, o più facilmente descrivibile e traducibile grazie a differenti dispositivi che riproducono la materia come testo (Latour, 1990; Lynch, 1985,1990).

Al fine di superare la disputa tra realismo e antirealismo, come già sottolineato da Ian Hacking, è necessario però passare dal dibattere sulla verità e la natura della rappresentazione allo studio delle pratiche più esplicite della scienza: la sperimentazione e la manipolazione. Da rappresentare e descrivere il mondo andrebbe operato un salto concettuale allo studio della manipolazione della realtà, all'intervenire nel mondo (Hacking, 1983). Le rappresentazioni scientifiche diventano così parte di un processo di espansione, di circolazione, di interlacciamento di diversi tessuti culturali, tracce fotografiche, diagrammi, protocolli di osservazione e colloqui verbali disposti secondo un ordine. A questo punto la relazione problematica che articola la rappresentazione con l'oggetto si basa sul tenere nascosti questi processi di espansione, circolazione e di interlacciamento di componenti materiali e sociali dietro a ciò che noi consideriamo rappresentazioni e che prendiamo per buone, parliamo cioè di scatole nere (Latour, 1987).

Nel caso della scienza la conoscenza si presenta allora come una rete di rappresentazioni combinate con l'oggetto, ed al tempo stesso è l'oggetto che, per essere conosciuto, deve essere adattato a determinati sistemi di rappresentazione dando luogo ad una proliferazione di cose e

oggetti epistemici (Rheinberger, 1997; Knorr-Cetina, 1999, 2001).

Trattare gli oggetti scientifici come costruzione, ed in questo senso come rappresentazione, consente di affrontare questi processi da un punto di vista temporale. Lorraine Daston considera gli oggetti scientifici in una doppia veste reale e storica, attribuendo a tali oggetti un' esistenza relativa: “nuovi oggetti scientifici si presentano, mentre i vecchi scompaiono” (Daston, 2000, p. 5). La precarietà delle rappresentazioni che emergono costruite nei laboratori e nella pratica scientifica non risolve certo il problema originario di articolare il rapporto tra materia, società e conoscenza. Ronald Giere ha, per esempio, richiamato l'attenzione su quanto sia complicato il processo relativo alla produzione delle rappresentazioni scientifiche (Giere, 1994), mentre Galison e Stump hanno posto l'accento sulla frammentazione della scienza dovuta a demarcazioni, contesti e logiche di potere (Galison e Stump, 1996).

L'analisi della pratica scientifica sta allora forse proprio nel superare una idea elementare di rappresentazione, associandovi i concetti relativi a processi analizzabili nella loro distinzione ed evoluzione.

Difficilmente una semplice rappresentazione esaurisce l'interpretazioni di un'insieme cognitivo o semantico; nuovi fenomeni possono essere generati dalla ricombinazione di *segni* ed *iscrizioni* (Latour, 1990). L'arbitrarietà delle rappresentazioni si fa ancora più evidente quando ci interroghiamo su quale sia la migliore per rappresentare ad esempio la materia (Giere, 2004). Ma anche la materia nel suo manifestarsi, ci costringe a scegliere una rappresentazione al posto di un'altra; come dice Latour “la realtà è ciò che ci resiste” (Latour, 2000), ma è con essa che dobbiamo fare i conti.

Anche la rappresentazione sociale della tecnologia è mutata con il coinvolgimento di attori e pratiche non più esclusivamente scientifiche e tecnologiche:

“Nell’approccio della costruzione sociale della tecnologia (SCOT), i “gruppi sociali rilevanti” costituiscono il punto di partenza. Gli artefatti tecnici sono descritti attraverso gli occhi dei membri appartenenti a gruppi sociali rilevanti. Le interazioni all’interno e tra gruppi possono produrre differenti significati riguardo agli stessi oggetti. Così, ad esempio, un reattore nucleare può apparire a un gruppo di leader sindacali un ambiente di lavoro quasi perfettamente sicuro rispetto ai cantieri edili o alle aree portuali, in quanto le possibilità che si producano incidenti sul lavoro sono molto ridotte. A un gruppo di analisti delle relazioni internazionali, il reattore può invece rappresentare una minaccia in quanto può determinare un incremento della proliferazione nucleare, mentre per gli abitanti di un paese situato vicino al reattore, diventano preminenti il tema delle possibilità di emissioni radioattive e quello degli effetti (indiretti) sui livelli di impiego. Come ambiente di lavoro, la tecnologia si presenta abbastanza di successo; come fonte di tensioni internazionali o come fattore di rischio ambientale, essa potrebbe tuttavia essere valutata in termini molto differenti. Questa dimostrazione della *flessibilità interpretativa (interpretative flexibility)* rappresenta un passaggio cruciale nella dimostrazione della fattibilità di una qualsiasi sociologia della tecnologia. Essa mostra come, né l’identità dell’artefatto, né il suo “successo” o “fallimento” tecnico rappresentano proprietà intrinseche della tecnologia, ma sono soggetti a variabili sociali (Bijker, 2004, p.4).

Nel passaggio dal determinismo tecnologico al costruzionismo Wiebe Bijker identifica un grado intermedio al quale segue quello della costruzione sociale dell’artefatto che non solo determina il grado di stabilità, ma si presenta come il *frame tecnologico* di qualsiasi gruppo rilevante (Bijker, 2004, p.4), ovvero la costituzione di sistemi socio tecnici “eterogenei”, che Bijker tiene a specificare si differenziano sia dal concetto kuhniano di paradigma (Kuhn, 1962), che da quello di paradigma tecnologico (Dosi, 1982). Bijker ha formulato uno schema del passaggio da una rappresentazione standard ad una costruttivista della tecnologia (vedi tabella nella pagina seguente) dove, come nei laboratori, si arriva ad una stabilizzazione tra i gruppi interessati che Knorr-Cetina chiama “campi trans-scientifici” (Knorr-Cetina, 1981a).

<b>Rappresentazione standard della tecnologia (e della società)</b>	<b>Rappresentazione costruttivista della tecnologia (e della società)</b>
Chiara distinzione tra ambito politico e ambito tecnologico	Entrambi gli ambiti sono interconnessi: che cosa si definisce “politico” e che cosa si definisce “tecnico” dipende dal contesto specifico
Distinzione tra la “scienza reale” e la “trans-scienza”	Tutta la scienza è legata a valori e –a seconda del contesto- può avere implicazioni di natura politica o di governo: non ci sono pertanto differenze fondamentali tra la “scienza reale” e la “trans-scienza”, la “scienza con mandato” o la “scienza politicamente rilevante”
La responsabilità sociale degli scienziati e dei tecnologi è un tema chiave	Lo sviluppo della scienza e della tecnologia è un processo sociale piuttosto che una catena di decisioni individuali: le questioni politiche ed etiche connesse con la scienza non possono essere pertanto ridotte a questioni inerenti la responsabilità sociale degli scienziati e dei tecnologi
Lo sviluppo tecnologico è lineare (per esempio: concezione invenzione innovazione diffusione)	Lo sviluppo tecnologico non può essere concettualizzato come un processo composto da stadi separati, e tanto meno come un processo lineare
Distinzione tra sviluppo tecnologico e suoi effetti	La costruzione sociale della tecnologia è un processo che continua fino a quello che è comunemente chiamato “lo stadio della diffusione”; gli effetti (sociali, economici, ecologici, culturali, ecc.) della tecnologia sono così parti di un processo costruttivo e viceversa hanno solitamente implicazioni per la formazione della tecnologia
Chiara distinzione tra sviluppo tecnologico e controllo	La tecnologia non ha quello statuto di indipendenza rispetto al contesto che consenta di sperare a una separazione tra il suo sviluppo e il suo controllo; la costruzione sociale della tecnologia e il controllo (politico, democratico) su di essa sono parti di uno stesso processo
Chiara distinzione tra supporto alla tecnologia e regolazione	Il sostegno alla tecnologia e la sua regolazione non rappresentano finalità tra loro distinguibili, ma spesso interferiscono l’una con l’altra e non devono essere necessariamente perseguite separatamente
	La formazione sociale della tecnologia e la costruzione tecnica della società sono due facce della stessa moneta
La tecnologia è una variabile esogena nella	La tecnologia è una variabile endogena nella

economia neo-classica	economia evoluzionista
I bisogni sociali così come i costi sociali e ambientali possono essere stabiliti in modo preciso	I bisogni e i costi di vario tipo sono anch'essi socialmente costruiti e dipendono dal contesto; essi sono differenti a seconda dei differenti "gruppi sociali rilevanti", i quali sono portatori di diversi punti di vista

Tabella in Bijker, 2004, p.374 (trad.it. p.3)

Gli studi che si sono occupati di scienza si sono disposti secondo Fuller costituendo due poli: *high church* e *low church* – una chiesa “alta” ed una chiesa “bassa” (Fuller, 1997); la prima costituita da studiosi interessati a costruire una filosofia socio-epistemica; la seconda interessata a promuovere studi per un *commitment* politico e di influenza sui meccanismi di *design* tecnologico e di decisioni pubbliche sulla scienza. Naturalmente Bijker andrebbe inserito in quella “bassa”.

In altra occasione, Fuller presenta gli STS come soggetti ad uno “scisma metafisico”, con da una parte i costruzionisti sociali, come Harry Collins e Steven Yearley interessati ad ampliare la conoscenza sociologica alla scienza e, dall'altra, i radicali Latour e Woolgar interessati a marchiare la scienza come singolarità sociale data da particolari network di relazioni (Fuller, 1996)

Una terza ipotesi di analisi degli assetti all'interno degli STS è esplorata da Joseph Rouse che riconduce certi “atteggiamenti” odierni a due scuole nate attorno alla percezione della Big Science, ovvero al dibattito sorto negli Stati Uniti negli anni 50 come cultura e politica della conoscenza scientifica: il Bernalismo e gli studi ispirati dalla pubblicazione di “*Personal Knowledge*” di Polanyi (cfr. Rouse, 1996, p.239-242).

Una volta aperti i laboratori, le *black box*, i documenti relativi a Los Alamos, alla presunta bomba atomica nazista, alle trascrizioni di Farm Hall, l'idea che la scienza sia unita diventa un mito. Un mito a cui

attingono tanto l'uomo comune quanto lo scienziato.

Come ci ha illustrato Nancy Cartwright le leggi della fisica funzionano solo forzando la realtà e costruendo i fenomeni (Cartwright, 1983), la letteratura scientifica andrebbe vista secondo uno scienziato stesso più come frutto di una credenza (Shamos, 1995) e, soprattutto, la scienza stessa sarebbe più che altro chiaramente disunita (Galison e Stump, 1996) ed unita solo dall'idea di unità che noi le attribuiremmo in contrapposizione alla realtà, alla società, alla tecnologia, *et cetera*.

### *3.3 Gli studi cognitivi sulla pratica scientifica*

Gli studi cognitivi della scienza nascono negli anni sessanta in opposizione al vento del relativismo kuhniano grazie a Herbert Simon ed alla sua ricerca sull'intelligenza artificiale applicata ai processi di scoperta scientifica (Simon, 1966, 1973). La simulazione di situazioni in cui agenti formulano ipotesi, creano modelli e confermano dati in base a processi noti come "*confirmation bias*" (Mynatt et al., 1977), ovvero la tendenza a produrre ipotesi che confermano i dati disponibili anche se fortemente negativi, come altri studi sperimentali sul ragionamento scientifico in condizioni create artificialmente (Gorman, 1992) sono solo alcuni esempi dell'approccio che vede intelligenza artificiale, psicologia, filosofia della scienza e scienze cognitive riunite nell'indagare la natura cognitiva della conoscenza scientifica, ma uno dei contributi più degni di nota rimane quello di Nancy Nersessian che ha applicato le teorie cognitive sui modelli mentali e sul ragionamento analogico allo sviluppo della teoria dei campi nella fisica a cavallo tra il XIX ed il XX secolo (Nersessian, 1984). Tale analisi della scienza è nata ed è rimasta uno studio interdisciplinare aperto a diverse combinazioni e campi d'indagine riconoscendosi però in un approccio al tempo stesso cognitivo e sociologico.

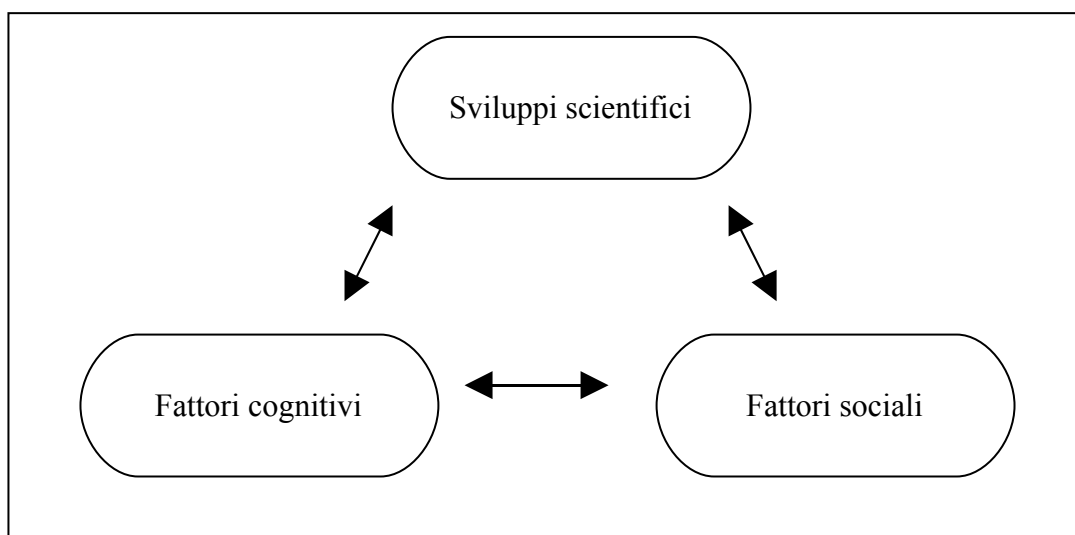
Giere ha ampliato il *target* degli studi alla fisica delle particelle con un contributo abbastanza noto (Giere, 1988), che però, secondo lui stesso, non aveva riscosso l'attenzione degli STS (Giere, 2008, p.260) e suscitato le aspre critiche alla congiunzione della scienza dei computer con la sociologia della conoscenza scientifica. Infatti Peter Slezak, in disaccordo con l'intraprendenza di Giere e del filone di studi sulla simulazione dei processi ritenuti sociali e cognitivi, ha mosso delle dure critiche ad un approccio che contempra una natura sociale della conoscenza (Slezak, 1989).

La prospettiva di Slezak rispetto agli studi cognitivi della scienza consiste nel descrivere come nei recenti sviluppi nel campo della conoscenza, soprattutto nella stessa intelligenza artificiale, il sociale sia qualcosa di superfluo nella spiegazione dello sviluppo delle idee scientifiche. Gli stessi programmi informatici destinati alla simulazione di modelli euristico-epistemici escluderebbero secondo lui ogni traccia di sociale, spiegando lo sviluppo della conoscenza scientifica senza ricorrere ad altro se non a fattori cognitivi indipendenti dal contesto sociale. Ma va considerato che anche per ciò che riguarda i processi di simulazione al computer è necessario ricorrere a teorie che incarnano una certa rappresentazione del mondo (Winsberg, 2001).

In risposta a Slezak, Thagard nelle pagine successive dello stesso numero di *Social Studies of Science* cerca di fare da paciere e suggerisce come incorporare altrimenti il programma di ricerca cognitiva con le ricerche di sociologi e storici della scienza. Il Programma forte di Bloor non va considerato l'unica risorsa fondamentale lasciando alle scienze cognitive il posto di mero strumento d'analisi, come aveva compreso Slezak, ma vanno invece integrate in modo *soft* per via "di fattori interrelati che possono contribuire all'impresa generale di descrivere lo sviluppo della scienza" (Thagard, 1989, p. 655). Sviluppi scientifici, fattori cognitivi e fattori



sociali intervengono, secondo Thagart, allo stesso modo e la rapida crescita della scienza cognitiva della scienza non deve mettere in ombra l'approccio sociologico che rimane necessario per l'analisi di fattori inerenti il contesto politico della ricerca e dell'organizzazione dei team scientifici.



Schema di interazione per lo studio socio cognitivo della scienza (Thagart, 1989)

Giere, nel cogliere i consigli di Thagart, ha sviluppato successivamente il cosiddetto approccio di costruzione cognitiva della conoscenza scientifica -tanto alternativo, quanto complementare agli studi sociali della scienza- con il merito però di porsi secondo un'ottica naturalistica ed abbracciando solo tre dei quattro pilastri del Programma forte di Bloor (Bloor, 1976) e lasciando fuori l'imparzialità tra vere e false.

I recenti sviluppi degli studi cognitivi sulla scienza e tecnologia riguardano i fenomeni di cognizione distribuita, di analisi dei modelli mentali e delle rappresentazioni visuali, studi sperimentali sul giudizio ed il ragionamento nell'ambito della pratica scientifica ed infine i meccanismi alla base dei cambiamenti concettuali, vale a dire quanto messo in gioco con l'idea di rivoluzione *à la* Kuhn.

In particolare, la teoria della cognizione distribuita ha avuto in questi ultimi anni uno sviluppo *en sourdine* molto interessante, in quanto sia le scienze cognitive nell'accezione più *hard* del termine che studi e teorie relative pratiche sociali e linguistiche hanno dovuto riconoscere l'irriducibilità di una componente esterna quanto sociale alle dinamiche cognitive. Un processo si riconosce come cognitivo quando è in grado di produrre un *output*, che riconosciamo a sua volta come conoscenza scientifica, ma i processi alla base di quest'ultima sono in parte irriducibilmente esterni alla mente e si situerebbero proprio in una comunità sociale (cfr. Giere, 2006, cap.5). Giere presenta due *case studies*- che riportiamo per rendere esplicita questa ultima affermazione- in cui:

1) viene collegato il concetto di rappresentazione esterna ai processi cognitivi (il caso del *PDP Research Group*) e

2) si mette in relazione struttura sociale con processi cognitivi (il caso di *Cognition in the Wild*) (Giere, 2008, p.262-3).

1) Il *PDP research Group* era un gruppo di ricerca in scienze cognitive attivo negli anni ottanta a San Diego che comparava i processi delle reti neurali del cervello umano con quelli di network costituiti da processori. La conclusione a cui sono giunti è che i processi cognitivi più performanti avvengono in rapporto all'ambiente esterno, ovvero a rappresentazioni esterne come modelli di riferimento, ma intesi anche come ambienti in cui la conoscenza viene prodotta (McClelland e Rumelheat, 1986);

2) *Cognition in the Wild* è uno studio etnografico condotto da Ed Hutchins sulla natura sociale e di distribuzione cognitiva della navigazione a vista, condotta in prossimità dei porti. Hutchins descrive la struttura sociale e la relativa pratica sociale del lavoro dei marinai su entrambi i lati della nave per registrare informazioni relative alla

navigazione, passate quindi in cabina di pilotaggio e riportate dal navigatore sulle carte. Tale lavoro non potrebbe essere condotto da un singolo uomo nei tempi ristretti dell'avvicinamento alla costa e all'entrata in porto. Tutto ciò si rispecchia nella struttura sociale non solo della singola nave, ma della cultura della Marina statunitense (Hutchins, 1995).

Nel caso della produzione di conoscenza relativa ad ambiti così tecnici essa è non solo distribuita, ma permeabile con l'esterno, con la realtà macrosociale, ed è soprattutto un processo collettivo, o più propriamente di cognizione collettiva (Resnick et al., 1991).

### *3.4 Il nucleare come problema collettivo di conoscenza*

In un articolo del 1992 dal titolo *Lay Discourses of Science: Science-in-General, Science-in-Particular, and Self* Mike Michael propone di considerare la comprensione ed il giudizio di un fenomeno come le radiazioni ionizzanti legato all'identità sociale. Secondo Michael non sarebbe sufficiente seguire nè un modello infusivo e post-moderno della scienza à la Lyotard, nè un modello diffusivo del fatto scientifico nel pubblico à la Moscovici.

Secondo il punto di vista di Mike Michael il pubblico farebbe uso di due discorsi distinti sulla scienza (Michael, 1992); pertanto nell'analisi del rapporto tra scienza e pubblico andrebbe tenuto conto della seguente distinzione:

- 1) la scienza come entità astratta (scienza in generale);
- 2) come attività diretta a specifici problemi e problemi (scienza in particolare).

Considerando le risposte durante delle interviste sulle sorgenti di radiazioni ionizzanti Mike ha utilizzato l'ottica costruzionista rispetto alla percezione che si ha del fatto scientifico (in questo caso le radiazioni):

## Costruire la scienza: divisione del lavoro

Ruoli	Obiettivi generali
A. Complementarità	
Volontario/ esperto scienziato	Generale: il bene pubblico
Elettricista/fisico della salute	Specifico: funzionamento efficiente dell'impianto
B. Ambiguità	
Allevatore/scienziati del MAAF	Ambiguo: Protezione dalle imposizioni

Tabella tratta da Michael, 1992, p.324.

Una molteplicità di punti di vista interni ed esterni relativi al nucleare non può che portare alla necessità di affrontare la questione non solo come problematizzazione del rapporto tra scienza, tecnologia e processi di decisione politica, ma soprattutto nella forma non schiacciata in una singola istituzione o definizione, come quella di politica della scienza e della tecnologia, di “*governance* scientifica” (Irwin, 2008); una relazione che intreccia scienza, tecnologia e potere politico per sviluppare forme democratiche di progetto e controllo scientifico che identificherebbe una rete più estesa rispetto ai possibili apparati burocratici ed istituzioni scientifiche di riferimento fino ad identificarsi in combinazioni di autogoverno (Barry, 2001; Dean, 1999).

Secondo Irwin gli STS avrebbero identificato 5 punti relativi agli studi sulla *governance* scientifica:

1. l'inseparabilità della conoscenza dal contesto e dalle contingenze;
2. l'interazione attiva tra mondo politico e naturale;
3. termini come “democrazia” ed “opinione pubblica” andrebbe riformulati tenendo conto del contesto e delle contingenze;
4. l'incertezza, dubbio ed indeterminatezza nei processi di *governance* e la conseguente rete di consensi e fiducia necessaria;
5. expertise e potere, come conoscenza del mondo naturale e politica non

sono due entità separate, ma co-costituite ed “incassate”<sup>93</sup> l'una nell'altra (cfr. Irwin, 2008, p.586).

L'ingresso nelle arene pubbliche della tecnologia nucleare come tema di dibattito ha non solo creato la necessità di nuove istituzioni, regole e mestieri, ma, ad un'analisi più attenta, ha attivato connessioni tra l'evoluzione della cultura del discorso scientifico, delle pratiche della comunicazione e le forme contemporanee di *governance* interpretabili come un passaggio dalla conoscenza all'informazione, dall'informazione ad una *outformation* (Ezrahi, 1999) ancora più disinvolta e slegata dai soggetti e che vivrebbe di vita propria.

Se la conoscenza è percepita come esclusiva da parte di chi la pratica, cioè lo scienziato, e da chi non la pratica, il pubblico, ciò deriva anche dal fatto che praticarla comporta alti costi, strutture di riferimento, seguire carriere. L'informazione è più plastica, produce rappresentazioni della realtà “a basso costo”, è acquisibile con un colpo d'occhio su di un quotidiano.

L'*outformation* non è invece una rappresentazione riferibile, secondo Ezrahi, ad un agente visibile e, piuttosto, si tratta di “un flusso costante di immagini animate ed inanimate” (ibidem, p.258) ricombinate dal soggetto.

Le *outformations* mischiano informazioni con effetti estetici, affettivi e di intrattenimento mediando l'esperienza di costruzione della realtà sociale e politica senza mai dare una versione definitiva della realtà.

Questa irrisolubilità rende il pubblico della scienza e l'esperto due categorie che necessitano a loro volta di essere problematizzate.

I cittadini a cui viene chiesto un parere sul nucleare sono comunque attori inseriti o inseribili in reti di alleanze (Latour, 1987) rappresentate dalle organizzazioni ambientaliste, la stampa, la comunità

---

<sup>93</sup> *embedded* nel testo originale.

scientifici, i partiti politici, gli esperti del governo, ed altri attori sociali.

E' un pregiudizio pensare che i cittadini non siano capaci di articolare il proprio rapporto con le istituzioni scientifiche, di vivere il locale ed il globale, il naturale ed il sociale e di riformularlo in continuazione secondo il proprio contesto culturale ed i media che utilizzano.

Il passaggio dall'*information* ad una *outformation* costituisce secondo Ezrahi un salto ulteriore, poiché “l'immaginario collettivo è un medium di partecipazione per costruire l'universo politico più forte della ragione pubblica” (Ezrahi, 1999, p.260), i criteri per i sistemi simbolici sono simili a quelli del linguaggio nel controllo e persuasione della società umana creando mondi fantastici non riducibili né al mondo scientifico, né a quello umano (cfr. Arbib e Hesse, 1986, p.260).

Ogni tipo di risorsa e di conoscenza, inclusa la conoscenza scientifica, costituiscono dei flussi che attraversano le comunità, le istituzioni e le organizzazioni costituendone le connessioni che rendono possibile l'emergenza di “particolari blocchi o di raggruppamenti di attori che tagliano attraverso i settori scientifici, commerciali, civici, legislativi, informativi e pubblici” (Irwin e Michael, 2003, p. 112-113).

Tale flusso dinamico e di continua riformulazione del sapere tra realtà fisica e società vive dell'indotto costituito da diverse forme di conoscenza come co-costruzione di naturale e sociale (Irwin, 2001), nel nostro caso di costruzione parallela di nucleare e di ciò che noi sappiamo del nucleare.

Campi di studio come quelli sulla percezione pubblica della scienza (PUS) e la costruzione sociale della tecnologia (SCOT) andrebbero collegati, in quanto cosa sappiamo del mondo è intimamente collegato al nostro senso di di ciò che possiamo farne del mondo (cfr. Jasanoff, 1999, p.14).

L'esplorazione dei *boundaries* porta a problematizzare anche la relazione tra scienza, teoria sociale e conoscenza pubblica che “non può essere limitata ad un ristretto campo di ricerca accademica ma piuttosto attraversa le scienze sociali e, quindi, la barriera convenzionale tra le scienze sociali e naturali” (Irwin e Michael, 2003, p.xiii).

Studi sulla standardizzazione delle pratiche scientifiche nel mondo quotidiano (Bowker e Star, 1999), il ruolo di agenti materiali nella produzione di conoscenza stabile (Galison, 1987, 1996; Pickering, 1992, 1995), lo sviluppo di pratiche generali della conoscenza in contesti sociopolitici (Jasanoff e Wynne, 1998; Jasanoff, 1986) hanno già ampiamente problematizzato il rapporto tra scienza e società riconvertendo il tema della percezione pubblica della scienza e della tecnologia come fattore all'interno dei processi politici e sociotecnici.

Tali processi di carattere costitutivo sono, secondo Pickering, paralleli nelle loro forme d'azione e di “intervento” nel loro costituirsi (cfr. Pickering, 1995, p.15).

Ciò che abbiamo messo in discussione nei due capitoli precedenti è proprio l'inossidabilità delle categorie del mondo scientifico, la necessità di coglierle nel loro costituirsi in rapporto sia al sociale che al materiale.

Proprio tale costituzione parallela, questa co-produzione, renderebbe sovrapponibili i due processi informativi con cui il mondo ci costruisce mentre noi lo costruiamo come “intreccio costitutivo e reciproca interdefinizione dell'agenzia umana e materiale” (Pickering, 1995, p.26).

Non solo tutte queste *outformation* si intrecciano e si ricombinano quotidianamente, ma le rendono ancora più staccate dal mondo sociale.

L'ipotesi da cui muoviamo quindi è che il nucleare si è, come d'altronde altre pratiche percepite come rischio per la società, radicato nella storia del XX secolo e costituisce una pratica discorsiva<sup>94</sup> che con le

---

<sup>94</sup> cfr.cap.I.

sue reti, le sue istituzioni, i suoi luoghi e, non da ultimi, gli studi critici a riguardo rappresenta una realtà sociale contemporanea.

Ulrick Beck parlando di conoscenza tecnica e scientifica legata alla probabilità e non alla certezza (cfr. Beck, 2007, p.61) riprende il pensiero di Wolf Haefele, consigliere dell'industria nucleare tedesca, il quale già nel 1974 si preoccupava della dimensione incircoscivibile del laboratorio e del margine di incertezza insito nei progetti che si propaga a livello pubblico (cfr. Haefele, 1974, p.247)

Crisi energetica, *black-out*, riscaldamento globale, sommergibili sovietici in avaria, il terremoto in Giappone del 16 luglio scorso che ha danneggiato la centrale atomica di Kashiwazaki-Kariwa sono alcuni tra gli esempi-eventi che fanno tornare di continuo alla ribalta più il tema dell'energia nucleare.

Ultimamente, sono stati riaperti i dibattiti interrotti dopo Chernobyl, con nuovi elementi, nuovi scenari, nuove ipotesi di tecnologie (la generazione IV dei reattori) se non altro dal momento che l'emergenza rappresentata dal riscaldamento globale porta a vedere il nucleare con "riluttante accettazione" (Bickerstaff et al., 2008) un male minore e rischio secondario e locale paragonato a quello del clima del pianeta.

Nel 2001 nasce il *GIF (Generation IV International Forum)*, un'associazione internazionale che ha come obiettivo quello di promuovere lo sviluppo e la ricerca nell'ambito delle tecnologie nucleari innovative, cioè di IV generazione. "Prepararsi oggi ai fabbisogni energetici di domani" è il suo slogan. Lo studio di questi nuovi tipi di reattori va visto in un ottica più ampia rispetto alle precedenti evoluzioni: la sicurezza e i vantaggi dell'energia nucleare del futuro (i reattori di IV generazione saranno realmente utilizzabili non prima del 2030) vanno analizzati in un contesto globale di sostenibilità e di uso esclusivamente pacifico in tutte le realtà politiche ed economiche del mondo e quindi



dovranno essere messi a punto nuovi modelli di studio che tengano conto nel suo insieme di questo complicato e sfaccettato quadro. Mentre il passaggio tra le generazioni precedenti è stato prevalentemente un'evoluzione di tipo tecnico, il salto tra la III e la IV generazione risulta dunque enormemente più impegnativo.

Dopo i rilevamenti del 1998 e 2001 i rilevamenti d'opinione sui rifiuti radioattivi in Europa nel 2005 hanno indicato che solo il 37% degli europei sarebbero favorevoli, a seguito anche dell'adesione dei PECO, cioè dei nuovi dieci membri nell'Unione Europea. Nonostante uno schiacciante orientamento contrario, Mark Johnson, esperto di Greenpeace per le politiche energetiche dell'UE ha commentato: “come atteso, la maggioranza della popolazione in Europa è ancora contro il nucleare, ciò malgrado l'industria nucleare continua ad autopromuoversi”<sup>95</sup>

In Italia, dal primo reattore costruito a Ispra, in provincia di Varese, fino ai referendum abrogativi<sup>96</sup> del novembre 1987 riguardanti il finanziamento pubblico e gli incentivi alla costruzione di centrali nucleari portarono al blocco della parte del programma energetico nazionale che prevedeva la realizzazione di nuove centrali sul territorio nazionale.

La vittoria dei Sì fu schiacciante (rispettivamente l'81%, l'80% e il

---

<sup>95</sup> Mark Johnston “Wrong answer from Eurobarometer” in Nuclear Engineering, 3 ottobre 2005; <http://www.neimagazine.com/home.asp>

<sup>96</sup>I quesiti furono i seguenti:

1. "Volete che venga abrogata la norma che consente al Cipe (Comitato interministeriale per la programmazione economica) di decidere sulla localizzazione delle centrali nel caso in cui gli enti locali non decidono entro tempi stabiliti"? (la norma a cui si riferisce la domanda è quella del comma 13 dell'articolo unico legge 10/1/1983 nr.8 riguardante "la procedura per la localizzazione delle centrali elettronucleari, la determinazione delle aree suscettibili di insediamento")
2. Volete che venga abrogato il compenso ai comuni che ospitano centrali nucleari o a carbone"? (i commi a cui si fa riferimento sono gli 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 riguardanti "l'erogazione di contributi a favore dei comuni e delle regioni sedi di centrali alimentate con combustibili diversi dagli idrocarburi", della stessa legge del primo quesito)
3. "Volete che venga abrogata la norma che consente all'Enel di partecipare ad accordi internazionali per la costruzione e la gestione di centrali nucleari all'estero"? (questa norma è contenuta nella legge nr.856 del 1973, che modificava l'articolo 1 della legge istitutiva dell'Enel)

72%) e in pratica si decretò l'abbandono da parte dell'Italia del ricorso al nucleare come forma di approvvigionamento energetico. La chiusura di tutte le centrali si è conclusa nel 1990, ma ad oggi restano ancora da effettuare il completamento delle cosiddette operazioni di *decommissioning*, cioè il totale smantellamento, la rimozione e la decontaminazione delle componenti degli ex-impianti nucleari in Italia.

### 3.5 Mappare la percezione del rischio

Abbiamo già accennato al fatto che avvicinandoci ai temi del rischio ci avviciniamo anche ai *boundaries*, ai confini tra scienza e società.

Cosa è scientifico e cosa è sociale? Che ruolo hanno gli esperti e che ruolo “deve” ricoprire il pubblico?

Gli strumenti utilizzati dalle scienze sociali nel rilevare cosa il cittadino pensi che lo scienziato stia facendo e come viva situazioni che rientrano nella sfera del rischio e dell'incertezza sono principalmente due:

1. Ricerche etnografiche: con questa espressione si considerano gli studi sul campo condotti presso piccole comunità.
2. Survey: sondaggi sulla percezione e comunicazione della scienza: è un ambito di studi che si dedica a rintracciare le modalità di ricezione della scienza da parte del grande pubblico.

Tra le classiche *survey* e l'approccio etnografico rimane però un *gap* da colmare sulla comprensione della percezione dei cittadini sulle controversie ed incertezze che derivano dal mondo della scienza (Nisbet e Goidel, 2007).

Le difficoltà che derivano ad esempio dal cambio di programma di fronte all'opzione nucleare comportano un complicato cambiamento di “status quo tecnologico” assai resistente ai cambiamenti. I fattori che giocano questo passaggio da un'opzione nucleare allo smantellamento, o

viceversa l'adozione e la progettazione di centrali non sono di carattere esclusivamente tecnologico, ma riguardano risorse, politiche, persone, contesti sociale e storici, non da ultime posizioni di carattere etico (van Vugt, 2004), anzi, va considerato che i non utilizzatori stessi configurano la tecnologia quanto chi la utilizza (Oudshoorn e Pinch, 2003).

Sulla base della sesta relazione sulla situazione della "Gestione dei rifiuti radioattivi e del combustibile esaurito nell'Unione europea" la Commissione europea ad esempio, dopo la comunicazione del 10 gennaio 2007 "Una politica dell'energia per l'Europa"<sup>97</sup>, si è pronunciata in tema di rifiuti radioattivi e del combustibile esaurito sostenendo la necessità di affrontare il problema<sup>98</sup> con uno sforzo oltre che nazionale anche comunitario<sup>99</sup>. La posizione attuale dell'Europa verso una possibile soluzione del problema dei rifiuti radioattivi sarebbe nel deposito geologico<sup>100</sup>.

Inoltre, tale opzione andrebbe secondo la Commissione "incoraggiata e facilitata", nella consapevolezza del fatto che "le politiche e pratiche degli Stati membri in materia di gestione dei rifiuti radioattivi e del combustibile esaurito rispecchiano il loro sviluppo storico, scientifico e tecnologico" (*ibidem*).

Harry Collins e Trevor Pinch hanno analizzato il tema della

---

<sup>97</sup>COM (2007) 1 definitivo.

<sup>98</sup> "fondamentalmente, i rifiuti costituiscono un problema per l'ambiente e per la salute; di conseguenza, la gestione e lo smaltimento dei rifiuti radioattivi devono essere soggetti ai medesimi controlli applicati a tutti i progetti tali da comportare conseguenze per la salute umana e per l'ambiente" e il dibattito dovrebbe essere soprattutto volto a "assicurare che gli Stati membri attuino piani nazionali di gestione dei rifiuti radioattivi".

<sup>99</sup> Cfr. Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio - -Sesta relazione sulla situazione della gestione dei rifiuti radioattivi e del combustibile esaurito nell'Unione europea SEC(2008)2416 /\* COM/2008/0542 def. \*/

<sup>100</sup> "Dopo 30 anni di ricerca, è sufficientemente dimostrato che il deposito geologico rappresenta attualmente l'opzione più sicura e sostenibile per la gestione a lungo termine dei rifiuti ad alta attività e del combustibile esaurito soggetti a uno smaltimento diretto; tuttavia è necessario che le attività di ricerca e sviluppo orientate alle soluzioni pratiche proseguano negli ambiti indicati dai principali organismi di ricerca del settore e che siano coordinate nell'ambito del Settimo programma quadro Euratom" (COM/2008/0542 def\*/).

percezione della sicurezza con un *case-study* relativo alla dimostrazione pubblica della resistenza dei fusti destinati a contenere scorie radioattive rendendo esplicito il complesso rapporto tra istituzioni, industria, massmedia e pubblico in Gran Bretagna (cfr. Collins e Pinch, 1998, cap.3).

Nel distinguere l'esperimento dalla dimostrazione gli autori considerano che “non si eseguono esperimenti sulle questioni incontrovertibili, bensì si eseguono dimostrazioni” (ibidem, p.82); a differenza dell'esperimento, la dimostrazione viene preparata per funzionare in un determinato modo, come appunto ci si aspetta.

In breve, a riprova della sicurezza dei fusti destinati a contenere scorie radioattive una locomotiva con tre vagoni è stata fatta impattare contro un vagone aperto delle *British Railways* rovesciato sui binari con ancorati dei fusti per le scorie radioattive. La scena è stata ripresa dalle telecamere e trasmessa dalla BBC. I contenitori hanno resistito, riportando solo poche ammaccature. Gli osservatori di Greenpeace hanno ribaltato la questione sostenendo piuttosto che la ferrovia non fosse un mezzo sicuro di trasporto per le scorie, che il tipo di locomotore aveva una carrozzeria frontale meno resistente rispetto alla media dei locomotori in dotazione alle *BR*, che il fusto costruito con un unica colata di acciaio spessa 35 centimetri era diverso dalla maggiorparte dei contenitori in uso, dalla corazza più sottile e di piombo (cfr. ibidem, p.85-89). Nelle dimostrazioni il pubblico non avrebbe accesso alle prove necessarie a trarre delle conclusioni. L'ambiguità degli esperimenti permane appunto nelle grandi rappresentazioni pubbliche (ibidem, p 97), come nell'esclusione del pubblico nel dibattito negli Stati Uniti co-costruito, anzi “co-evoluto”, dai geologi e dai politici a proposito dei depositi per le scorie radioattive nella pancia dello Yucca Mountain

(Macfarlane, 2003).

Se l'Europa sta intraprendendo la stessa strada intrapresa ad esempio dagli Stati Uniti, la percezione da parte dell'opinione pubblica è piuttosto articolata. L'ultimo sondaggio europeo in materia di rifiuti radioattivi<sup>101</sup> ha rilevato che:

1. il 93% dei cittadini comunitari è a favore di soluzioni per la gestione a lungo termine dei rifiuti altamente radioattivi;
2. solo il 43%, però, ritiene che i depositi geologici in profondità rappresentino la soluzione più appropriata.

Secondo l'ultima relazione della Commissione tale inchiesta sulla sicurezza nucleare dimostra, insieme all'eurobarometro dell'anno prima e del febbraio dello stesso anno (Speciale Eurobarometro 271, 2007) che la questione irrisolta dei rifiuti radioattivi costituisce una delle paure dei cittadini comunitari in relazione all'energia nucleare e lascerebbe intendere che, essendo la gestione dei rifiuti radioattivi e del combustibile esaurito parte integrante dello sviluppo sostenuto dei programmi nucleari nazionali e in particolare della pianificazione, della costruzione e dello smantellamento degli impianti nucleari, nell'energia nucleare del futuro, la politica di gestione dei rifiuti rivestirà un'enorme importanza” (SEC(2008)2416 /\* COM/2008/0542 def. \*/). L'idea di mappare la percezione di rischio nucleare comporta la descrizione dell'*area geoculturale* in cui una comunità si percepisca come interessata in termini di rischio da un progetto di costruzione di una centrale o di un deposito di scorie. Tale mappa della percezione, o "*risk perception shadow*" (RPS) (Stoffle, et al. 1991), è stata ad esempio adottata per identificare e visualizzare l'area interessata dalla valutazione dell'impatto sociale nella proposta di progetto del SSC (*Superconducting Super Collider*) in Michigan e per individuare un sito per depositare LLRW,

---

<sup>101</sup>Speciale Eurobarometro 297 (2008).

materiale a basso livello radioattivo<sup>102</sup>. Per stabilire i limiti dell' "ombra di percezione del rischio" è stata utilizzata una tecnica di campionamento che ha individuato un'area circolare attorno al luogo previsto nel progetto per il deposito LLRW.

### 3.6 Il rischio nucleare come pratica collettiva

Gli studi culturali della conoscenza scientifica devono molto alla critica interna alla comunità scientifica che dopo Hiroshima ha generato l'ambivalenza politica di chi ha abbracciato il pacifismo e l'impegno non solo scientifico, ad esempio la nascita della rivista *Bulletin of the Atomic Scientists* e l'opposizione alla ricerca scientifica diretta ad applicazioni militari, e chi invece, come ad esempio Edward Teller, padre della bomba H, ha proseguito convinto della necessità del progresso scientifico e tecnologico a baluardo della civiltà.

Secondo Rouse la rotta seguita dagli studi culturali della conoscenza scientifica riesce a superare l'ambivalenza rappresentata dalla posizione degli studi sulla costruzione sociale e dell'etnografia dei laboratori che optano allo stesso tempo per enfatizzare che la ricerca sia "un processo di produzione sociale e di certificazione che deve essere compreso in termini di categorie sociali" (Rouse, 1996, p.240) proseguendo sulla politica della scienza inaugurata da Bernal, mentre, al tempo stesso, seguono la griglia interpretativa del "*tacit knowledge*" di Polanyi.

Il coinvolgimento dello Stato nello sviluppo della conoscenza scientifica e nella sua integrazione come politiche di ricerca e di progettazione e di creazione di infrastrutture ed istituzioni *ad hoc* ebbe luogo nel corso della prima parte del XX secolo. Il primo ottobre 1945 fu fondata la *RAND Corporation* come ente che si occupasse della pianificazione di ricerche nei campi più diversi per la crescita di

---

<sup>102</sup> LLRW: Low-level radioactive waste.

conoscenza. La cultura e la politica della conoscenza scientifica vennero ricostruite secondo le necessità della democrazia occidentale.

In Gran Bretagna alfiere del bisogno di politicizzare la scienza al fine di avere delle ricadute benefiche sulla società fu J. D. Bernal secondo cui la scienza implicava “un controllo cosciente unificato e coordinato dell’intera vita sociale” (Bernal, 1967, p.409). L’idea da cui muoveva Bernal era che la scienza aveva un grandissimo potenziale di liberazione, ma anche di oppressione per l’umanità e che, pertanto, il semplice accostamento della scienza al capitalismo poteva avere effetti sociali deleteri. La scienza come prodotto sociale dell’attività umana andava trasformata in una scienza più umana, consapevole del bisogno di sviluppare una propria etica. Ricerche che hanno approfondito la costruzione sociale della scienza e della tecnologia poggiano sull’idea che l’attività scientifica sia comprensibile secondo un approccio non deterministico ed allargato alle dinamiche sociali (Bijker et al., 1987). Ad esempio in Francia la politica della *Force de frappe* e della promozione dell’industria nucleare diedero luogo anche ad una riconversione dell’identità nazionale (Hecht, 1998).

Al tempo stesso la natura delle pratiche epistemiche è stata analizzata mettendo in risalto non solo il carattere implicito della conoscenza scientifica, propria solo di determinate azioni e forme di pensiero, ma anche della località di queste presso determinati ambienti (i laboratori, gli osservatori astronomici, *et cetera..*) e del carattere elitario delle comunità di riferimento di tali pratiche. L’asserzione di Michael Polanyi secondo cui la conoscenza sia tacita (Polanyi, 1958) e collegata alle pratiche locali e della comunità che la detiene, secondo Rouse, andrebbe rivista, in quanto renderebbe tale conoscenza inaccessibile all’osservazione esterna in contraddizione con una prospettiva culturale e materiale della pratica scientifica (cfr. Rouse, 1996, p.248). Tale presunta materialità sarebbe in ogni caso inarticolabile, incomprensibile ed

inaccessibile alle pratiche interpretative degli studi culturali; al tempo stesso non “esportabile” nell’universo del senso comune. Il fatto che le pratiche scientifiche siano qualcosa di materiale e localizzabile non comporta, sempre secondo Rouse, l’esclusione dell’adattamento e della standardizzazione di queste e la conseguente creazione e stabilità nel tempo di tali processi di continuità con nuovi ambienti locali (cfr. Rouse, 1987, cap. IV-VII). L’ipotesi di località della pratica scientifica è anche compatibile con la teoria dell’*Actor Network Theory* di Bruno Latour nello sviluppo e stabilizzazione di reti connesse a centri di calcolo che sostengono i processi di credibilità della conoscenza scientifica nell’alleanza di attori umani e non umani (cfr. Latour, 1987, cap. VI).

Paradossalmente i bombardamenti di Hiroshima e Nagasaki per quanti terribili, e per numero di vittime come quelli di Dresda e Tokio, sono “rientrati” nel quadro generale della Seconda Guerra mondiale, sono stati considerati la soluzione migliore per evitare che la guerra proseguisse. Il rischio rappresentato dal nucleare rimaneva parte di un micromondo controllato dalla strategia del SAC, dalla diplomazia della Guerra fredda che non includeva incidenti, ma strategie e programmi di ricerca e di prevenzione; le bombe sganciate sulle due città giapponesi facevano parte di un progetto in cui l’amministrazione statunitense aveva investito due milioni di dollari dell’epoca.

Nel marzo 1954 durante i test nucleari “Castle Bravo” all’isola di Eniwetok alcuni marinai di un peschereccio giapponese, il *Fukuryu Maru* (Drago volante), furono esposti alle radiazioni prodotte dal test atomico.

Nel novembre dello stesso anno, due anni dalla fine dell’occupazione alleata in Giappone, fu prodotto il film *Gojira* (Godzilla), prima produzione dell’industria dell’intrattenimento giapponese ad ottenere un grande successo di pubblico (cfr. Tsutsui, 2006). Dopo la fine della censura statunitense, l’incidente del *Fukuryu*



*Maru* ed il film “furono due delle prime occasioni pubbliche con cui il popolo giapponese cominciò a scoprire i fatti di Hiroshima e Nagasaki” (Anderson, 2004, p.22). Durante tutto il periodo di occupazione le forze armate statunitensi obbligarono il Giappone ad un “silenzio rappresentazionale in tema di bombardamenti nucleari” (Nornes, 1996, p.152). Le bombe e le radiazioni non avevano solo colpito il territorio e la popolazione, ma anche la cultura, le tradizioni, l’identità giapponese.

Se gli effetti delle due bombe atomiche sganciate sul Giappone avevano meritato l’attenzione di campi isolati ed esclusivi come quello della radiologia o della politica internazionale, la notizia che accidentalmente dei pescatori fossero stati esposti alle radiazioni avvicinava tale rischio all’uomo comune ed al quotidiano. Al tempo stesso l’*escalation* nella corsa agli armamenti e la paura di un conflitto nucleare stavano alimentando il bisogno di coinvolgere i cittadini nella logica della deterrenza e della strategia della rappresaglia, o del secondo colpo. L’idea che pervadeva dai mezzi di informazione è che i russi avrebbero comunque colpito e che dunque bisognava prepararsi. Lo stereotipo di famiglia statunitense degli anni cinquanta era di una famiglia addestrata al *duck & cover*<sup>103</sup>, la campagna d’informazione nelle scuole che rese istituzionale il pericolo nucleare. Prima che gli esperti realizzassero l’entità del rischio rappresentato dal *fallout* gli scienziati ed altri esperti considerarono sufficiente disperdere la popolazione e le industrie sul territorio, come Paul Baran della *RAND Corporation* elaborò un sistema informatico a rete distribuita<sup>104</sup> per proteggere l’efficacia delle comunicazioni e la catena di comando in caso di attacco nucleare. Un costosissimo programma di costruzione di rifugi fu bocciato dal governo, mentre ebbe luogo una campagna d’informazione su come proteggersi in caso di attacco. Tre milioni di copie del fumetto di

---

<sup>103</sup>in inglese: “accucciati e copriti”. Pratica suggerita alla popolazione statunitense negli anni 50 in caso di allarme nucleare, o di un bagliore improvviso.

<sup>104</sup> cfr. <http://www.rand.org/about/history/baran.html>.

“Bert la tartaruga” istruirono i scolari statunitensi sul rischio di un attacco sovietico: di fronte al pericolo Bert si sarebbe accucciato (*duck*) e coperto (*cover*). Filmati con protagonista Bert furono proiettati nelle scuole ed i bambini impararono la filastrocca seguente:

*"Bert ducks and covers. He's smart, but he has his shelter on his back. You must learn to find shelter. In a bus or auto, duck down behind or under the seats." ... "Do it instantly... ..Don't stand and look. Duck and cover!"*<sup>105</sup>

Secondo il *The Bulletin of the Atomic Scientists* non appena fu documentato ed accessibile alla popolazione il pericolo rappresentato dal *fall-out* la tattica *Duck and Cover* mutò in *Run Like Hell* (cfr. Simpson, 1956, p.346). L'idea di evacuare la popolazione si concretizzò nell'*act* per il sistema di *highways* interstatale del 1956 per facilitare la mobilità del traffico automobilistico verso le zone suburbane e lo sfollamento delle città in caso di attacco nucleare<sup>106</sup>.

La partecipazione della popolazione si attuò nella pratica di proteggere fisicamente la cittadinanza, di garantire la sopravvivenza della nazione. Ancora oggi nell'immaginario collettivo il concetto di sopravvivenza collega con un salto di milioni di anni una condizione primitiva con una ipotizzata negli scenari fantascientifici e drammatici del dopo bomba, come nel film *The Day After*.

Come prepararsi? Cresson Henry Kearny ha scritto un manuale di sopravvivenza ad un attacco nucleare dal titolo "*Nuclear War Survival Skills*,"<sup>107</sup> che include istruzioni su come costruire un rifugio atomico ed allestirne gli interni, completo di un misuratore di *fallout*, la pioggia radioattiva, di sua invenzione che può essere costruito con materiali a

105 Bert the Turtle Says Duck and Cover, Box 1, Files of Spencer R. Quick, Harry S.Truman Library, Independence, MP; JoAnne Brown, "AIs for Atom, B Is for Bomb: Civil Defense in American Public Education, 1948-1963, *The Journal of American History* 75 (June 1988), 83-84; Mary E. Meade, "What Programs of Civil Defense Are Needed in Our Schools?" *The Bulletin of the National Association of Secondary-School Principals*

106 cfr. Val Peterson citato in Herbert Roback 1968 "Civil Defense and National Defense," in (a cura di) Eugene P. Wigner *Who Speaks for Civil Defense?*, Charles Scribner's Sons, New York, p. 89.

107 disponibile gratuitamente sul sito: [www.oism.org/nwss](http://www.oism.org/nwss).

disposizione in ogni casa. Il manuale include una prefazione di Edward Teller, il padre della bomba ad idrogeno, ed una nota biografica di Eugene P. Wigner, responsabile negli anni sessanta del Civil Defense Project per l'Oak Ridge National Laboratory nel Tennessee. Aggiornato nel 1987 il manuale spiega come realizzare, in meno di 48 ore, sei diversi progetti di rifugio, a seconda delle diverse condizioni climatiche nelle differenti zone degli Stati Uniti, per cittadini inesperti utilizzando legname e materiali vari disponibili.

In Gran Bretagna fu progettata dal governo nei primi anni ottanta una campagna d'informazione per la difesa civile da attacchi nucleari denominata *Protect and Survive*. Su modello degli opuscoli stampati nel 1938 *The Protection of Your Home Against Air Raids* per difendere la popolazione dai bombardamenti, nel 1963 era seguita una campagna informativa per la difesa della casa "*Advising the Householder on Protection against Nuclear Attack*". Nel 1964 dei filmati dal titolo "*Civil Defence Information Bulletin*" erano stati approntati. In caso di crisi tra le superpotenze, attraverso opuscoli informativi, annunci radiofonici e documentari il governo avrebbe informato la popolazione su come proteggersi da un attacco nucleare.

Thompson dei *cultural studies* in veste critica rispetto al governo britannico nel 1980 pubblicò una raccolta di articoli scritti da esperti dal titolo "*Protect and Survive*" in cui si sosteneva che in realtà il pericolo era costruito e costituito dalle politiche dei governi stessi e che la popolazione dovesse appunto non proteggersi per sopravvivere, ma protestare (Thompson, 1980).

### 3.7 Pecore, esperti e radiazioni

Nel 1985 la *British Royal Society* ha pubblicato un report dal titolo “*Public Understanding of Science*”<sup>108</sup>, ovvero PUS, con cui si esprimeva la necessità di informare il pubblico sugli sviluppi scientifici.

Negli Stati Uniti già negli anni 70 la *NSF (National Science Foundation)* aveva dato luogo con gli *science indicators* ad un approccio quantitativo che considerava gli individui come archivi di conoscenza statica e da verificare, escludendo quindi l’individuo dal contesto (Wynne, 1995). In Gran Bretagna il PUS e le sue riflessioni successive hanno sottolineato la presenza di un sapere alternativo e derivato dai cosiddetti non esperti del pubblico (Irwin, 1995).

Negli anni ottanta il timone degli studi sul rischio ha preso una rotta decisamente orientata verso categorie di carattere culturale. La percezione pubblica del rischio, come i livelli differenti di esposizione ai rischi, sarebbero pertanto non qualcosa di dato, ma prodotto di fattori che vanno ricercati in categorie cognitive e culturali create nelle relazioni sociali.

Mary Douglas e Aaron Wildavsky, in “*Risk and Culture*” del 1982, sostengono una posizione antropologica relativa ai rischi di carattere ambientale e tecnologico. Il rischio in senso universale non esiste, ma va declinato in rapporto a chi percepisce una situazione come tale, non secondo elementi di razionalità probabilistica, ma bensì in chiave culturale, come prodotto collettivo: perciò è possibile parlare di costruzione sociale del rischio<sup>109</sup>. I due autori elaborano un prospetto critico che presenta diversi modi di concepire il rischio relativi a differenti tipi di organizzazioni sociali (Douglas e Wildavsky, 1982, p.187-188); vi deve essere innanzitutto un accordo su quali rischi siano i

---

<sup>108</sup> Bodmer W., 1985 “The Public Understanding of Science”, London: Royal Society,

<sup>109</sup> cfr. Douglas e Wildavsky, 1982, cap. X, ovvero le conclusioni.

più preoccupanti: violenza umana (guerra, terrorismo, atti criminali), rischi derivanti dalla tecnologia (contaminazione radioattiva, inquinamento atmosferico) e rischi derivanti dal mondo dell'economia (traccolli finanziari, crisi economica). Perciò il punto da mettere a fuoco non sarebbe tanto il rischio in sé stesso, ma come i diversi gruppi trovano compatibile con la propria identità un rischio piuttosto che un altro.

E' l'integrazione dell'aspetto sociale e cognitivo che definisce il rischio come tale.

La conoscenza dei rischi non va quindi intesa come qualcosa di staccato, netto e definito rispetto al sociale, ma come un prodotto ed una combinazione dell'attività sociale. Douglas e Wildavsky sostituiscono alla metafora della conoscenza rappresentata da un palazzo, l'idea di aeroporto, struttura sempre in costruzione, sottoposta a tensioni e ristrutturazioni, comunque in espansione; è comparabile ad un *open-ended communal enterprise*, una nave in viaggio verso una destinazione sconosciuta, che mai arriva e mai getta l'ancora (ibidem, p.192-3).

La delega agli esperti di stabilire il cosa e misurare il come del rischio mal si adatta come modello ad un mondo non solo sottoposto a continui riorientamenti, ma a gruppi sociali che vivono stesse realtà fisiche in modi diversi, e vivono nello stesso modo realtà fisiche diverse.

Approfondendo l'aspetto sociale del concetto di rischio tecnologico, in *Normal Accidents* Charles Perrow attribuisce la causa di incidenti alla complessità stessa dei sistemi sviluppati dall'ingegneria nonché alla loro fallibilità all'interno di processi di riconfigurazione tra naturale e culturale. Secondo Perrow sarebbero le stesse pratiche di precauzione a creare nuove categorie di incidenti (Perrow, 1984); infatti va ricordato che l'incidente di Chernobyl è stato causato da un test dei sistemi di sicurezza. Il rischio andrebbe ricondotto alle procedure "normali" sviluppate come pratiche all'interno di organizzazioni

sociotecniche, all'interno di grandi sistemi tecnologici<sup>110</sup>. L'approccio del *deficit model* è entrato definitivamente in crisi con la cosiddetta svolta etnografica degli studi sulla percezione della scienza e tecnologia.

Negli anni novanta alcune ricerche (Michael, 1996; Turner e Michael, 1996) hanno portato l'attenzione sull'analisi di una parte dei questionari normalmente somministrati ai cittadini: le risposte 'non so'. Secondo queste ricerche le risposte 'non so' vanno interpretate ed approfondito il motivo per cui è stato così risposto; è stata fatta una divisione in tre categorie. Da ricerche sulla percezione del radon tra la popolazione di Lancaster, nell'Inghilterra nord occidentale, e tra alcuni lavoratori al polo nucleare di Sellafield è emerso che le risposte 'non so' offrivano un secondo livello di interpretazione che problematizzava i risultati dell'indagine stessa.

Sul tema della percezione del nucleare gli studi condotti da Brian Wynne sugli allevatori di pecore (Wynne, 1991, 1992, 1996) costituiscono una preziosa fonte per la riflessione sul rapporto scienza-società. Superando i pregiudizi del PUS e la conseguente metafora dello specchio sporco (Bucchi, 2002), secondo cui il pubblico sarebbe ignorante di scienza, Wynne ribalta la posizione degli esperti rispetto al pubblico a seguito delle indagini condotte con interviste, osservazioni e descrizioni dense della vita locale nella regione del Cumbria una contea del nord ovest dell'Inghilterra.

Chernobyl è anche collegabile nei processi politici di indipendenza dell'Ucraina. Attribuendo colpe e cause al governo di Mosca i politici e l'opinione pubblica si sono trovati uniti nella fondazione della nazione e dei confini nazionali dell'Ucraina (Petryna, 2002).

Dopo l'incidente di Chernobyl, avvenuto il 26 aprile 1986, le

---

<sup>110</sup>cfr. Il concetto di LTS, Large Technological Systems (Hughes, 1987).

colline rocciose, le tipiche *Cambrian fells*, furono interessate da precipitazioni atmosferiche che depositarono particelle radioattive provenienti dalla Bielorussia. Il governo britannico, ed in particolare gli esperti inviati dal MAFF (*Ministry of Agriculture, Fisheries and Food*) che operarono con criteri statistici e procedure standard di campionamento del terreno, persero, a seguito di evidenti contraddizioni nei comunicati e nelle dichiarazioni, credibilità presso la comunità locale, in larga parte composta da allevatori di pecore. L'importazione di pratiche e conoscenze scientifiche senza adattarle alle condizioni locali fece apparire tra l'altro quelle degli allevatori inadatte e superflue (cfr. Croll e Parkin, 1992) dando luogo a forme di diffidenza verso l'intervento del governo e degli esperti.

L'esperienza "sul campo" degli allevatori a confronto con gli esperimenti in laboratorio suscitò in Wynne l'osservazione che gli scienziati del MAFF operavano raccogliendo indistintamente in vari luoghi campioni sul territorio, mentre gli allevatori conoscevano da sempre i luoghi esatti delle *Cumbrian fells* dove le pecore pascolano; l'atteggiamento "freddo" degli esperti nel non considerare gli aspetti particolari della realtà della zona e dell'allevamento di ovini; inoltre, ebbe come risultato di contribuire al punto di vista critico degli allevatori nei confronti delle istituzioni:

"il senso fondamentale di rischio nella società del rischio, è rischio verso l'identità generata dalla dipendenza sui sistemi esperti che tipicamente operano con tale cecità non riflessiva verso i loro modelli umani inadeguati e culturalmente problematici" (Wynne, 1996, p.68).

Secondo Wynne la scienza del MAFF fu avvertita come minaccia all'identità culturale e locale degli allevatori.

Già abbiamo considerato quanto la sociologia della conoscenza scientifica insista sul carattere locale, culturale e contestuale della

conoscenza. Wynne mette in risalto lo scontro culturale tra attori, istituzioni e comunità, concepiti entrambi come culture locali, come nel caso di Chernobyl.

Un primo rapporto multidimensionale nell'area di Chernobil tra coinvolgimento, danni, percezione ed identità si è avuto nel 1991. In tale studio che ha messo in evidenza lo stress psicologico ed il *deficit* d'informazioni, sono stati considerati indicatori relativi alla percezione soggettiva, autostima della popolazione locale sul proprio *status* di salute, il giudizio sull'informazione disponibile nelle aree ad alto controllo tanto quanto nelle regioni non interessate dal *fallout* (Ferents et al., 1991).

La percezione del rischio radioattivo non è uniforme. La percezione pubblica non è qualcosa di solido quanto non articolato; è determinata dal contesto teatro della presenza di forti radiazioni, come anche dalle reazioni differenti e dalle diverse pratiche di confronto con l'evento radioattivo (Slovic, 1996), ma soprattutto è socialmente costruita sia come rischio che come protezione dal rischio stesso (Jannssen e Leenhouts, 1998).

In uno studio condotto dall'Università di Amsterdam (Havenaar, et al., 2003) è stata invece riscontrato nella popolazione del Gomel, la regione dove si trova Chernobyl, l'aumento della tendenza a vittimizarsi come effetto dello stress psicologico. L'ipotesi dello studio di Havenaar porta a supporre che variabili cognitive come percezione del rischio e senso di controllo giochino un ruolo importante come fattori di mediazione tra le regioni colpite direttamente dal fallout e quelle che non sono state esposte.

Secondo la teoria culturale i comportamenti e gli atteggiamenti relativi all'ecosostenibilità, nonché le stesse strategie di *environmental management*, andrebbero ricondotti innanzitutto ad un quadro più problematico che comprenderebbe percezioni distinte dei rischi



ambientali come combinazione di miti sulla natura e preferenze per particolari strategie manageriali. La preoccupazione per il rischio ambientale porterebbe ad un minor interesse economico ed orientato al mercato, ma maggiore in termini di cambiamento e di ricerca di soluzioni dove invece la percezione di basso rischio opterebbe per una soluzione che comporta più strategie tecniche che decisionali (Poortinga et al., 2002).

Secondo alcuni studi condotti dalla psicologia la percezione del rischio sarebbe un fenomeno meno cognitivo e culturale di quanto si ritenga e non solo fattori come giudizi e valori morali avrebbero un ruolo non indifferente (Sjöberg, 1998), ma ad essi andrebbero aggiunti fattori come l'acuta sensibilità al rischio e la paura (Sjöberg, 2000).

### *3.9 La teoria degli assemblaggi etno-epistemici*

Una ricerca del 1998 ha portato l'attenzione sulla confezione di questionari come quello dell'Eurobarometro, dove le uniche risposte possibili sono "sì" e "no" ed il taglio con cui viene considerato il cittadino è paragonabile a quello relativo ad un consumatore (cfr. Hill e Michael, 1998).

Secondo un articolo pubblicato su *Science* nel 2002<sup>111</sup> il concetto stesso di rapporto tra pubblico e scienza andrebbe rivisto non più secondo una chiave deficitaria, ma di engagement, di impegno pubblico di scienza e tecnologia, ma Mike Michael e Alan Irwin sembrerebbero voler andare più avanti nel sostenere che siamo di fronte ad un processo simmetrico che coinvolge scienza e società (cfr. Irwin e Michael, 2003, p.158), ad una co-costruzione di singole questioni che non vanno ricondotte come spiegazione ad una sfera tecnica, oggettiva, né devono essere ricombinate nel modo più fedel possibile con gli strumenti, la dotazione del senso

---

<sup>111</sup> "From PUS to PEST", 2002 *Science*, vol. 298, 4 ottobre, p. 49

comune, a disposizione del cittadino.

Su questi cardini tra scienza e società avverrebbero incontri e scontri che alimenterebbero la necessità di ordinare e dare senso di volta in volta a ciò che è di giurisdizione del mondo scientifico e del mondo sociale.

Le dichiarazioni di istituzioni scientifiche, le innovazioni che hanno luogo per i meccanismi di partecipazione alle politiche scientifiche, gli stessi studi sociali sulla percezione della scienza generano il loro pubblico, come al tempo stesso la scienza è il pubblico della società nella responsabilità e nell'autorità che le viene attribuita; se va problematizzato questo rapporto ed inteso come simmetrico si dovrebbe arrivare ad un *PUSSSSUP*, ovvero ad un *public understanding of science and society and science and society'understanding of the public* (Irwin e Michael, 2003, p.158).

Assemblaggi etno-epistemici come modello euristico per comprendere come avviene la divisione di competenze tra sociale e scientifico e come vengono non solo prodotte le demarcazioni tra scientifico e sociale, ma anche come vengono riprodotte (Irwin e Michael, 2003, p.17).

Una prospettiva che tenga conto che la conoscenza è sociale, culturale, materiale e locale viene qui utilizzata nel tentativo di costruire un modello che permetta:

1. di analizzare il rapporto tra scienza e società;
2. spiegare i processi comunemente noti come percezione pubblica della scienza;
3. aumentare la comprensione di cosa sia il rischio tecnologico;
4. tenere conto degli studi culturali nel comprendere l'articolazione attiva tra pratiche discorsive e scelte politiche, nonché i processi di costruzione sociale della scienza e tecnologia;
5. avere un concetto euristico il cui compito sia di esprimere la complessità empirica e l'eterogeneità delle relazioni tra pubblico profano, istituzioni scientifiche e forme

di *governance*;

6. tale prospettiva è propedeutica all'inserimento<sup>112</sup> (*embedding*) reciproco e sfumato del *public understanding of science* nel contesto teorico-sociale di relazioni più ampie ed iniziative di *governance*;
7. offre un meccanismo potenziale con cui rivedere il ruolo dell'analisi scientifica nella riproduzione o produzione di esistenti o emergenti forme di *governance* (Irwin e Michael, 2003, p.146).

La costruzione del discorso sul nucleare, ad esempio, è eterogenea, riconducibile ad esperienze, dati statistici, gruppi d'interesse diversi.

L'assemblaggio deriva dall'assetto trasversale scienza/pubblico che prende ogni discorso intorno a come rendere praticabile il nucleare nella polarizzazione tra favorevole e contrario.

Gli assemblaggi etno-epistemici ci introducono anche ad un importante aspetto della costruzione sociale del rapporto tra scienza e pubblico nel nucleare: l'analisi accademica è parte del produzione di particolari versioni di pubblico e scienza e quindi dell'ibridazione che rende possibili tali assemblaggi. L'ibridazione è un tema introdotto ed affrontato ampiamente da Latour nella costruzione delle reti di alleanze umani-non umani che rendono possibili oggetti scientifici come i microbi (Latour, 1991) che Irwin e Michael estendono ai processi sociali come ricombinazioni di sociale e naturale, di *expertise* e di senso comune, creando “nuovi ibridi” (Irwin e Michael, 2003, p.113) che permettono a loro volta di estendere la problematizzazione delle controversie scientifiche oltre quanto evidenziato da Kuhn (Kuhn, 1962), o dal programma empirico del relativismo della Scuola di Bath (cfr. Collins e Yearley, 1992).

Tali ibridi sono il frutto dello sviluppo di una prospettiva che tiene conto della regolamentazione di scienza e tecnologia in un frame dettato dalla cultura politica di cittadini e scienziati, ovvero come “un tipo di

---

<sup>112</sup>traduzione del termine inglese *embedding*.

narrazione sviluppato da comunità, situate in particolari contesti spazio-temporali, che stanno cercando di far fronte a cambiamenti destabilizzanti e laceranti del loro ambiente” (Jasanoff, 2005, p.39) per “svolgere un’analisi dei legami tra la conoscenza, la tecnologia e il potere nelle democrazie industriali contemporanee, e di mostrare tali legami dal punto di vista di coloro che sono inseriti in specifiche culture di azione e decisione” (Jasanoff, 2005, p.29).

Secondo un approccio che tenga conto della narrazione relativa alla coevoluzione ed integrazione concettuale di materia, conoscenza e società è possibile, ad esempio, condurre una ricerca come quella di Michele Stenehjem Gerber (Gerber, 1992), la quale ha ricostruito la storia della produzione di materiale radioattivo per ordigni atomici degli stabilimenti di Hanford, nello stato di Washington (nella parte nord occidentale degli Stati Uniti), ma anche della contaminazione dei corsi d’acqua e del territorio: “ancora oggi proprio gli esseri umani, senza altra scelta se non quella di vivere la propria vita, devono fare qualcosa con Hanford. Devono trovare soluzioni pratiche per isolare, contenere, compattare, conservare e tenere sotto controllo l’enorme carico (500 milioni di curie) di scorie radioattive e SNM<sup>113</sup> a tutt’oggi nel sito. Il dibattito pubblico acceso e contenzioso imperversa su come condurre il più grande progetto di pulizia mai intrapreso dall’umanità, come assegnare le priorità e spendere i dollari disponibili, e come dar luogo ad una soluzione a lungo termine ad un tavolo negoziatario dominato da interessi a breve termine e fondi crescenti” (Gerber, 1992, p.221).

---

<sup>113</sup> SNM: Special Nuclear Material, soprattutto plutonio ed uranio particolarmente arricchiti.

## Conclusioni

### Gli anelli di Borromeo

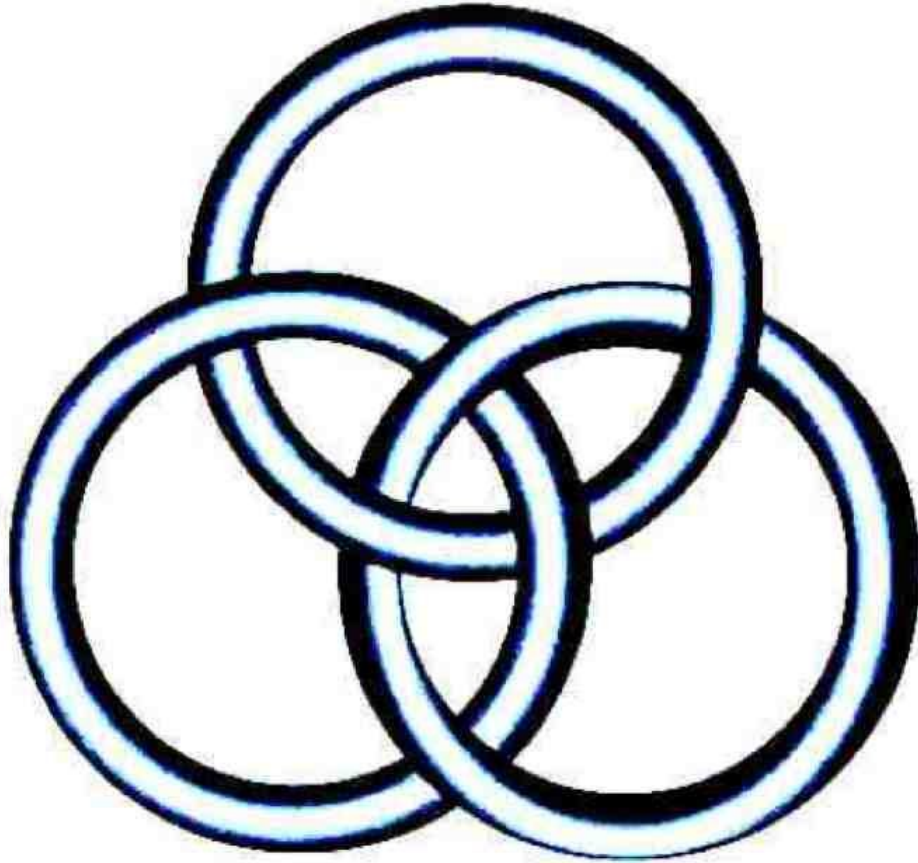
Nel 1970 lo scienziato russo Vitaly Efimov aveva considerato a livello teorico la convergenza di tre particelle a temperature limite come esistenza di un nuovo stato della materia. Il modello di Efimov è stato proposto nel 1999 come esperimento dai fisici teorici Brett Esry e Chris Greene<sup>114</sup>. In seguito, un team internazionale di fisici diretti da Rudolf Grimm, presso l'Università di Innsbruck in Austria, ha osservato in un esperimento il comportamento di tre atomi di cesio, i quali si respingono avvicinandoli singolarmente, mentre si attraggono se combinati tutti e tre insieme. L'articolo, apparso su *Nature* del 16 marzo 2006<sup>115</sup>, descrive l'esperimento di Grimm e dei suoi colleghi come lo stato di Efimov. L'attrazione dei tre atomi dimostra uno stato di *entanglement*, di groviglio, di unità complessa. Ogni atomo risulta collegato agli altri e dividerlo dagli altri due significa dividere anche gli altri due. La comprensione di sistemi che contengono una manciata di particelle è ancora lontana da opportune spiegazioni scientifiche, ma l'adozione di esperimenti *ad hoc* potrà produrre nel futuro anche sistemi di simulazione con poche particelle, come quelle presenti all'interno di un nucleo atomico, che tengano conto dello stato di Efimov.

Proprio questo nuovo stato si comporta come una catena chiusa composta solo da tre anelli, gli anelli di Borromeo, un concetto presente in diverse discipline scientifiche che utilizzano modelli matematici ed

---

<sup>114</sup> **Esry1, B.; Greene, C.** 2006 "Quantum physics: A ménage à trois laid bare" in *Nature*, vol. 440, n.7082, pp. 289-290.

<sup>115</sup> **Grimm, R. et al** 2006 "Evidence for Efimov quantum states in an ultracold gas of caesium atoms" in *Nature*, vol. 440, n. 7082, pp. 315-318.



Gli anelli di Borromeo

interattivi (Thurston, 1997) e che rientra in una concezione *bootstrap*, cioè di sistema che si autosostiene (cfr. Gell-Mann, 1994).

La conclusione che vogliamo trarre da questo esempio è la possibilità di uno stato *entangled* anche per sistemi complessi, eterogenei e macro, nonché l'irriducibilità della complessità del groviglio in cui abbiamo ipotizzato che avvenga la riconfigurazione di corpi, idee e relazioni.

L'*entanglement* tra materia, conoscenza e società consiste proprio in ciò, ed è analizzabile solo navigando attraverso la riconfigurazione continua di fenomeni di inclusione ed esclusione nella conseguente creazione dei *boundaries* all'interno/esterno della bottiglia di Klein.

Nel caso del primo capitolo la fisica-filosofia di Niels Bohr

comporta due osservazioni rilevanti:

- 1) la realtà è costituita e si rende possibile nell'intreccio di agenzie;
- 2) le diverse agenzie di osservazione, strumentali ed osservate appartengono alla stessa realtà che viene di volta in volta riconfigurata sotto forma di fenomeni.

Il concetto di materia è stato interpretato nel corso dei secoli e declinato volta per volta secondo i paradigmi della conoscenza di ogni epoca e cultura. Materia e conoscenza non sono immutabili e fisse, ma dipendono dal loro grado di interdipendenza, dalle embricature con le quali trovano degli assetti più o meno stabili che ne configurano i *boundaries* di riferimento. Inoltre il rapporto che la comunità scientifica ha costruito con la materia all'interno di paradigmi e con *performances* sperimentali e dimostrative hanno reso possibile non la semplice descrizione dei fenomeni, ma l'iscrizione ed informazione della materia stessa da parte di pratiche sociali. Non è da trascurare il fatto che al tempo stesso le comunità epistemiche sono raccolte attorno ai fenomeni e si identificano con essi (Knorr-Cetina, 1999) fino a non distinguere ciò che a volte emerge con la *serendipity* dei risultati inattesi.

Ad esempio, con la scoperta di Miller e Bednorz nel 1986<sup>116</sup> su fenomeni legati alla super conduttività, ci si è domandati come riformulare il sistema scienza al fine di assorbire scoperte inaspettate all'interno di essa, come addirittura facilitare tali scoperte:

“la scienza moderna con la sua modalità altamente pianificata, finanziata pubblicamente ed amministrata è diventata quasi interamente dipendente su ciò che può essere atteso o previsto. La questione è se ci sono migliori strutture rispetto alle presenti per permettere di pianificare successi scientifici oppure se la *serendipity* o le

---

<sup>116</sup> **Bednorz, G. J.; K. A. Müller** 1986 “Possible high Tc superconductivity in the Ba-La-Cu-O system” in *Zeitschrift für Physik B.*, n. 64, pp.189-93; **Bednorz, G. J.; K. A. Müller** 1987 *Perovskite-type oxides: The new approach to high Tc superconductivity*, Nobel lecture, Stockholm, pp. 63-98; **Bednorz, G. J.; K. A. Müller** 1988 “La découverte de la supraconductivité a haut temperature” in *La recherche*, n. 19, pp. 53-60.

scoperte come quella di Miller e Bednorz rimarranno così tanto imprevedibili” (Felt e Nowotny, 1992, p.528 corsivo mio).

L’indagine e la manipolazione della materia, poi, si presentano come attività dai contorni diffusi. Non solo assistiamo ad una convergenza tra scienza e tecnologia -non a caso Bruno Latour ha coniato il termine tecnoscienza (Latour, 1987)- ma è possibile parlare di processi di innovazione sia all’interno della ricerca di base che nel campo delle applicazioni tecnologiche stesse (cfr. Felt e Nowotny, 1992, p.525); le stesse nanotecnologie sono un esempio di tale convergenza crescente e di addomesticamento della materia. Nel caso degli SQUID assistiamo ad una interazione tra micro e macrofisica, tra mondo quantistico e mondo percepibile; le applicazioni si stanno moltiplicando, creando sistemi macro chiusi per permettere quindi le dovute misurazioni a livello micro.

Nel secondo capitolo, al fine di esplorare l’*entanglement* tra materia e società, abbiamo seguito lo sviluppo della radiologia e dell’uso e controllo della materia radioattiva mettendo in risalto il ruolo dei laboratori nella costruzione dei fatti sociali inerenti la materia radioattiva. Se il concetto durkheimiano di fatto sociale continua ad essere indagato e può essere utilizzato come riferimento per parlare delle pratiche sociali relative alla materia ed al suo traffico, secondo Jules Monnerot non sarebbe possibile considerare i fatti sociali come semplici cose, in quanto la sociologia si occuperebbe di stati-vissuti di società (cfr. Monnerot, 1946), ma tali stati hanno comunque profonde ripercussioni sulle forme materiali, etiche e politiche della società stessa; infatti nel caso delle pratiche tecnoscientifiche “non sarebbe completamente folle di scrivere la storia politica del ventesimo secolo nei termini delle sue principali imprese tecnoscientifiche: la scoperta dell'atomo e la bomba, i geni e la loro manipolazione, le comunicazioni radio, la televisione, il volo a motore, il computer, i microcircuiti e la medicina scientifica” (Jasanoff, 1999, p.14).



Nel caso del rapporto tra politica e tecnoscienza la relazione stessa tra scienza, teoria sociale e conoscenza comune, già esplorato sovente con la teoria delle rappresentazioni sociali, va rivista alla luce delle più recenti ricerche ed ipotesi che hanno prodotto concetti che coniugano pensiero sociologico e pratica della democrazia. Secondo la stessa Sheila Jasanoff è necessario iniziare a parlare l'idioma della co-produzione e separare la letteratura degli STS in due filoni- costitutivo ed interazionale (Jasanoff, 2004, p.18)- concentrandosi non tanto sull'aspetto descrittivo, quanto su quello normativo e politico delle pratiche epistemiche.

Il problema delle rappresentazioni sociali ad opera della scienza è stato ad esempio considerato da Karin Knorr-Cetina a proposito dell'interrelazione e reciproca interdipendenza di fatti di natura storica e sociale (cfr. Knorr-Cetina, 1981b). In particolare, una nozione relativa alle conseguenze inattese diventerebbe ridondante, tenuto conto delle conseguenze sociali "se l'interrelazione delle scene d'azione create e destinate agli agenti costruite attraverso rappresentazioni di mutua conoscenza, intenzioni, progetti, interessi, etc.. sono prese con le dovute considerazioni" (Knorr-Cetina, 1981b, p.33).

Per la definizione della situazione da parte degli agenti è possibile non solo esplorare il carattere relazionale degli stessi secondo un approccio macroscopico e "procedere a ricostruire il network di affari interrelati che emerge da queste definizioni" (ibidem). Infatti Knorr-Cetina considera un altro aspetto disponibile partendo dalle rappresentazioni con cui gli agenti (come i sociologi stessi) costruiscono queste interrelazioni come qualcosa di concreto e definito. Ciò che è macro va considerato nell'emergenza non di una semplice somma delle conseguenze di micro episodi, nè come loro aggregazione in network di interrelazioni, ma piuttosto come una *rappresentazione sommaria* attivamente costruita e perseguita all'interno di micro situazioni:

“il macro appare non più come come uno *strato particolare* di realtà sociale *in cima* a dei micro episodi composti delle loro interrelazioni (macrosociologie), le loro aggregazioni (ipotesi d’aggregazione), o i loro effetti inattesi (ipotesi delle conseguenze inattese). Piuttosto, va visto risiedere *all’interno* di questi micro episodi come risultato delle pratiche strutturanti degli agenti” (Knorr-Cetina, 1981b, p.34).

Il risultato di queste pratiche sarebbero quindi delle rappresentazioni/costituzioni che corrispondono a ciò che rappresentano, ma che allo stesso tempo possono essere viste come costruzioni situate al di sopra degli agenti che comprendono diversi livelli di interpretazione e selezione.

Sono le agenzie che trasformano nel loro co-agire eventi micro situati in rappresentazioni sommarie nel riferimento continuo alle pratiche, attraverso le quali si rappresentano esse stesse attraverso l’intra-azione<sup>117</sup> tra le agenzie materiali, della conoscenza e umane nel loro senso inteso comunque collettivo<sup>118</sup>.

Al fine di rintracciare le origini dei processi di classificazione, e di ciò che oggi chimeremmo costruzione sociale dei *boundaries*, Emile Durkheim proponeva di indagare i principi totemici a base delle credenze, i sistemi cosmologici, le religioni e conseguentemente della scienza:

“ci si spiega a questo punto la causa dell’ambiguità che le forze religiose presentano al momento in cui appaiono nella storia; esse sono fisiche e in pari tempo umane, morali e in pari tempo materiali. Sono potenze morali perché sono costruite interamente dalle impressioni che questo essere morale che è la collettività risveglia in quegli altri esseri morali che sono gli individui; esse traducono non già il modo in cui le forze fisiche impressionano i nostri sensi, ma il modo in cui la coscienza collettiva agisce sulle coscienze individuali. La loro autorità non è che una forma

---

<sup>117</sup> Per approfondire il concetto di intra-azione cfr.: Barad, K. 2001 “Re(con)figuring space, time and matter” in (a cura di) Dekoven, M. *Feminist Locations: Global and Local, Theory and Practice*, Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey and London, pp. 75–109; Barad, 2003; Barad, 2007.

<sup>118</sup> “come sistema di rappresentazione e di azione” (Durkheim, 1893, p.102).

dell'ascendente morale che la società esercita sui suoi membri. Ma d'altra parte, essendo concepite in forme materiali, esse non possono non essere considerate strettamente parenti delle cose materiali” (Durkheim, 1912, p.281).

La rilevanza materiale delle pratiche collettive non si ferma alla riproduzione della coesione morale, ma agisce dinamicamente nella formazione di nuove azioni e nuovi significati, nonché sui limiti concettuali e materiali; è proprio “la natura materiale dei simboli che determina il limite di questa forza creatrice” (Paoletti, 2004, p.19).

Il sociologo francese aggiunge che “alla base di questa concezione c'è, d'altronde, un senso ben fondato e persistente. La scienza moderna tende sempre più, essa stessa, ad ammettere che il dualismo dell'uomo e della natura non elude la loro unità; che le forze fisiche e le forze morali, pur essendo distinte, sono strettamente apparentate. Di questa unità e parentela ci facciamo certamente una idea diversa da quella del primitivo; ma sono simboli differenti, il fatto affermato è identico in entrambi i casi” (Durkheim, 1912, p.281, n.18). D'altronde come fa notare Paoletti “i simboli sono distinti sia dalla rappresentazione nel senso ampio del termine che dai sistemi di segni. Ciò che caratterizza i simboli è la loro componente materiale” (Paoletti, 2004, p.19).

La componente simbolica della materia manipolata dagli scienziati è fondamentale.

I concetti di traffico della materia e di laboratorio mondo propongono di combinare la prospettiva sviluppata dall'etnografia di laboratorio e quella esternalista dei fattori sociali che influenzano il fatto scientifico. Nel caso della materia radioattiva e fissile, essa ha vissuto dentro e fuori i laboratori fin dall'inizio, inscrivendo su di essa non solo forme e strutture della scienza che abbiamo ereditato dal secolo scorso, ma influenzando e definendo ambiti sociali di natura politica come l'ordine mondiale post bellico (la guerra fredda), le politiche energetiche e le pratiche del rischio, come della medicina radiologica e dell'indagine della costituzione della materia nel passaggio dalla *big science* alla

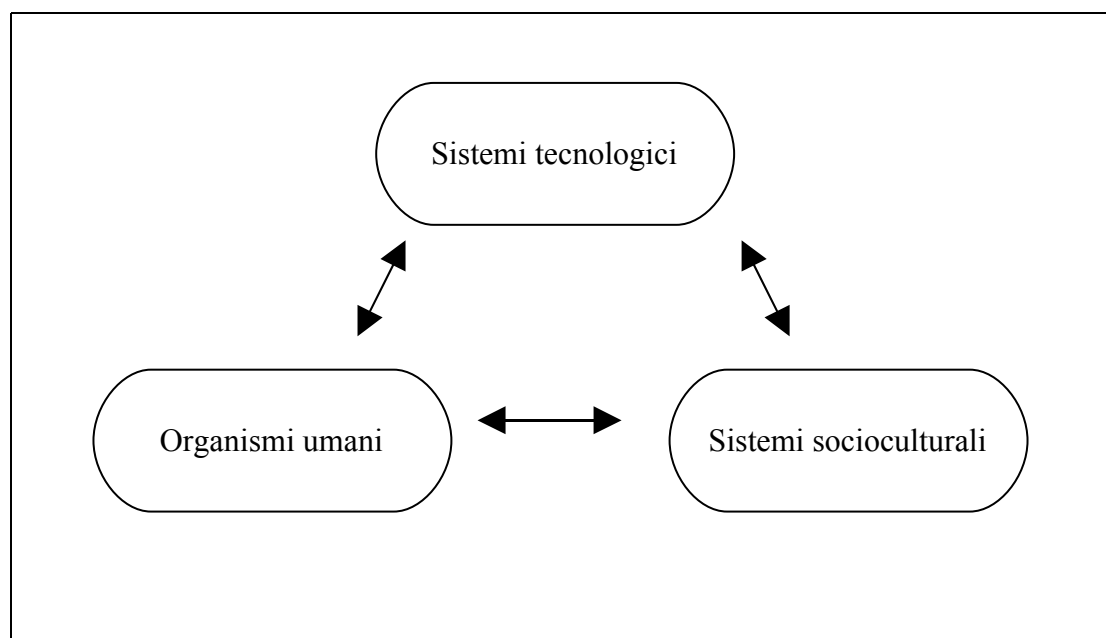
scienza post accademica (Pickering, 1984).

Il terzo capitolo riprende il concetto di rappresentazione collettiva di Durkheim (Durkheim, 1898), che Josephine Klein richiamava come concetto per spiegare il rapporto tra società e le sue trasformazioni a proposito delle dinamiche dei gruppi, facendo quindi coincidere sistema di valori con il sistema di rappresentazioni collettive di una società che include, oltre i valori morali e religiosi, quelli culturali e personali:

“è il sistema di valori che determina le scelte fra tecniche, o persone” (Klein, 1956, p. 197).

Il sistema di valori non è però, secondo Josephine Klein, sufficiente; va integrato con la struttura sociale ed il sistema tecnologico:

“presi assieme, questi tre sistemi hanno un carattere di esaustività, cioè non c'è fenomeno sociale che non sia suscettibile di analisi nei loro termini” (ibidem), dove “il sistema tecnologico è il sistema della cultura materiale” e per struttura sociale si intendono “persone e gruppi in interazione” (ibidem).



Dopo cinquant'anni e con un modello molto simile Luciano Gallino espone una ipotesi coevolutiva di tre ordini di popolazioni

distinte: organismi umani, sistemi tecnologici e sistemi socioculturali (Gallino, 2007, p.100).

Secondo questo processo di coevoluzione “le dinamiche dei tre ordini di popolazioni rimangono così strettamente intrecciate, in un circuito coevolutivo che di per sé non presenta punti di ingresso preferenziali, né un senso rotatorio predeterminato” (Gallino, op. cit., p.101) in una “evoluzione congiunta, durante la quale ogni tipo di popolazione ha condizionato, in un intricato circuito di retroazioni amplificatrici e riduttrici, e di proazioni (*feedforwards*), la morfologia, le strutture interne, il comportamento, la densità e la distribuzione degli altri due” (Gallino, op. cit., p.100).

I sistemi tecnologici sono rappresentazioni ed adattamento della materia ricostituita in oggetti più adatti alla nostra comprensibilità e da cui di conseguenza dipendiamo:

“non possiamo vivere senza rappresentarci il mondo che ci circonda, gli oggetti d’ogni tipo che lo riempiono. Ma per il solo fatto che noi ce li rappresentiamo, entrano in noi, divengono così parte di noi stessi; in conseguenza noi ne dipendiamo, ci attacchiamo ad essi nello stesso tempo che a noi stessi” (Durkheim, 1914, p. 347).

Tale contraddizione interna va però estesa alla percezione della materializzazione come qualcosa di fisso e all’impossibilità di esaurire il processo di conoscenza:

“la realtà sensibile non è fatta per entrare spontaneamente nel quadro dei nostri concetti. Essa vi resiste, e per piegarla, è necessario violentarla in qualche modo, sottometterla a ogni tipo d’operazione laboriosa che la altera fino a renderla assimilabile allo spirito, e mai riusciamo a trionfare completamente sulle sue resistenze. Ma i nostri concetti riuscirebbero a dominare le nostre sensazioni e a tradurle integralmente in termini comprensibili. Esse assumono una forma concettuale solo perdendo ciò che hanno di più concreto in sé, ciò che fa che esse parlino alla nostra sensibilità e spingano all’azione; diventano allora qualcosa di morto e di fisso. Non possiamo dunque comprendere le cose senza rinunciare a comprenderla. Senza dubbio noi sogniamo a volte una scienza capace di esprimere adeguatamente il reale.

Ma questo è un ideale cui possiamo indefinitamente avvicinarci, ma che ci è impossibile raggiungere” (Durkheim, op.cit., p.348).

Sul modo di concepire gli oggetti tecnici il filosofo della tecnica Andrew Feenberg sostiene che, quando i vincoli sociali sono interiorizzati attraverso la traduzione in processi tecnici, che riguardano la modifica stessa degli artefatti tecnologici “si ha la tendenza a perderli di vista. I dispositivi tecnici sono allora considerati privi di influenze sociali, concepite essenzialmente come esterne, alla stregua dei valori, delle ideologie, delle regole. Si interpretano i vincoli sociali interiorizzati, realizzati nella progettazione, come l’inevitabile destino tecnico del dispositivo modificato” (Feenberg, 1999, p.263).

I dispositivi in realtà non solo incarnano il sociale, ma costituiscono essi stessi i fenomeni (cfr. Barad, 2007) che viviamo e dei quali facciamo parte:

“Abbiamo immaginato di poter vivere e pensare fra noi, mentre le cose obbedienti dormivano, tutte schiacciate sotto il nostro potere: la storia degli uomini godeva di sé in un acosmismo dell’inerte e degli altri esseri viventi” (Serres, 1990, p.56).

Nel passaggio dalla rappresentazione alla diffrazione (Barad, 2007; cfr. capitolo primo) operato a partire da Ian Hacking (Hacking, 1983), l’idea di *entanglement* (Bohr, 1935) e di *mangle* (Pickering, 1993;1995) possono tornare utili per comprendere i processi non riducibili di ristrutturazione reciproca dell’umano, del sociale, del cognitivo e del materiale in un processo circolare ed emergente: “l’agenzia materiale, la conoscenza scientifica e l’agenzia umana ed i suoi contorni sociali sono tutti contemporaneamente riconfigurati” (Pickering, 1993, p.585).

Negli anelli di Borromeo vengono prodotti e riconfigurati nel contempo corpi, pratiche e possibilità (cfr. Barad, 2007, p.388) in una ontologia relazionale che Barad definisce realismo agenziale (cfr. Barad, 2007, p.389), teoria secondo la quale, a differenza del costruzionismo, è possibile considerare il ruolo dell’agenzia d’osservazione dei fenomeni

come attivo e come parte integrante del processo eterogeneo di costituzione dei *boundaries* e del senso dell'*entanglement*.

Dalla combinazione dei tre concetti chiave che danno il titolo ai paragrafi finali di ciascun capitolo (il passaggio dalla rappresentazione alla diffrazione, il laboratorio mondo e la teoria degli assemblaggi etno-epistemici) diventa forse possibile comprendere meglio i fenomeni che integrano materia, conoscenza e società.

Concludendo, nel caso degli studi sociali sulla scienza e la tecnologia, ciò che si può sostenere è che il ruolo dei ricercatori STS va, secondo l'approccio di Hans-Jörg Rheinberger, orientato a sovvertire la problematica della rappresentazione (Rheinberger, 2006) “mostrandoci i rilevatori di radiazioni nella ricerca biologica come oggetti material-teoretico-semiotici, come operatori ibridi che si inseriscono in parallelo tra cose e rappresentazioni. Questo approccio tattico sovverte il problema della rappresentazione dissolvendolo. Non dobbiamo preoccuparci della rappresentazione come di un'oscura corrispondenza tra la teoria e gli oggetti (come nella tradizionale filosofia della scienza) perchè ora sappiamo che sono incollate insieme” (Pickering, 2006, p.233).

Tale capacità, di cui sembrano dotati gli studiosi STS, oltre che creare dissidi ed attriti con le discipline delle cosiddette scienze dure, le *science wars* ad esempio, li rende però capaci di fare ricerca sui *boundaries* della scienza e sugli assemblaggi di scienza e società, e soprattutto di comunicare con entrambe le parti in causa: gli scienziati ed i cittadini. Diversi appellativi sono stati già proposti, come quello di *Science advisers* (Jasanoff, 1990), o di *Public intellectuals* (Bijker, 2003), alludendo al ruolo che gli studiosi STS si stanno costruendo come portavoce sia per la scienza che per il pubblico.

In altra occasione Sheila Jasanoff parla esplicitamente di accesso privilegiato per gli studiosi STS ai centri di potere che amministrano la

scienza:

“Nello studiare la scienza e la tecnologia dal di fuori, ci siamo inoltrati su di un sentiero che i sociologi amano chiamare *studying up*. L'autorità sociale e cognitiva delle scienze è molto più grande di quella degli accademici, storici o scienziati sociali, che scelgono di studiare dal vicino queste istituzioni. Ma attraverso le nostre ricerche, abbiamo ottenuto l'accesso privilegiato ai centri di potere che rimangono distanti alla maggiorparte dei nostri colleghi accademici” (Jasanoff, 2000, p.628).

Proprio con lo *studying up* “diventa un obbligo riportare la nostra conoscenza duramente conquistata ad altri i quali possono beneficiarne. Il nostro campo ha tutte le carte per contribuire alla comprensione pubblica della scienza e della tecnologia” (ibidem).

Se il rischio rappresentato dalla scienza è globale (Beck, 2007) la scienza stessa si presenta però come un bene pubblico globale (Gallino, 2007) che va gestito ed amministrato consapevolmente e direttamente nel suo farsi: occorrono dei negoziatori che si pongano al centro dell'*entanglement* tra materia, conoscenza e società, in quanto “le nostre armi e tecniche a portata globale si ripercuotono sulla totalità del mondo, le cui ferite, da esse inflittegli, si ripercuotono di rimando sull'insieme degli uomini. La politica ha ormai per oggetti queste tre totalità connesse” (Serres, 1990, p.59).



## Bibliografia

- Abelson, P. H.; Kruger, P. G.** 1949 “Cyclotron-induced cataracts” in *Science*, n. 110, pp. 655-657.
- Achinstein, P.** 1968 *Concepts of Science. A Philosophical Analysis*, Johns Hopkins Press, Baltimore.
- Adorno, T.; Horkheimer, M.** 1947 *Dialektik der Aufklärung, Philosophische Fragmente*, Querido Verlag, Amsterdam (trad.it. 1974 *Dialettica dell'illuminismo*, Einaudi, Torino).
- Alexander, J.** 1988 *Durkheimian sociology: cultural studies*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Allen, B.** 1922 “A new radium applicator for the treatment of cataracts” in *American Journal of Roentgenology*, n.9, p. 755.
- Anderson, P. W.** 1972 “More Is Different” in *Science*, n. 177, pp. 393-396.
- Anderson, P. W.** 1995 “Historical Overview of the Twentieth Century Physics” in (a cura di) Brown, L.M.; Pais, A.; Pippard, B. *Twentieth Century Physics*, American Institute of Physics Press, New York, pp. 2017-2032.
- Andolfo, M.** (a cura di) 2001 *Atomisti antichi. Testimonianze e frammenti*, Bompiani, Milano.
- Andrä, W.; Nowak, H.** 2007 *Magnetism in Medicine: A Handbook*, Wiley-VCH, Berlin.
- Arnheim, R.** 1969 *Visual Thinking*, Regents University of California, Berkeley (trad.it. 1974 *Il pensiero visivo - La percezione visiva come attività conoscitiva*, Einaudi, Torino).
- Atran, S.** 2005 “Strong versus weak adaptationism in cognition and language” in (a cura di) Carruthers, P.; Laurence, S.; Stich, S. *The Innate Mind: Structure and Contents*, Oxford University Press, New York.
- Bachelard, G.** 1932 *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*, Vrin, Paris.
- Bachelard, G.** 1940 *La Philosophie du Non*, Puf, Paris (trad. it. 1978 *La filosofia del non*, Pellicano libri, Catania).
- Balz, V.; Schwerin, A.; Stoff, H.; Wahrig, B.** (a cura di) 2008, *Precairous Matters / Prekäre Stoffe. The History of Dangerous and Endangered Substances in the 19th and 20th Centuries*. PREPRINT 356.  
[<http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/Preprints/P356.PDF>]
- Barad, K.** 2003 “Posthumanist performativity: toward an understanding of how

matter comes to matter” in *Signs*, vol. 28, n.3, pp. 801-831.

**Barad, K.** 2007 *Meeting The Universe Halfway – Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*, Duke Press, Durham.

**Bardas, D. et al.** 1986 “Hardware Development for Gravity Probe-B” in *Proceedings of SPIE (International Society for Optical Engineering)*, vol. 619.

**Barnes, B.** 1982 *T.S. Kuhn and Social Science*, Macmillan Press, London (trad.it. 1985 *T.S. Kuhn: la dimensione sociale della scienza*, Il Mulino, Bologna).

**Barnes, B.** 1983 “Social Life as Bootstrapped Induction” in *Sociology*, n. 17, pp. 524-45.

**Barry, A.** 2001 *Political Machines: Governing a Technological Society*, Athlone Press, London.

**Beck, U.** 1986 *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*, Frankfurt am Main (trad. it. 2000 *La società del rischio*, Carocci, Roma).

**Beck, U.** 2007 *Weltrisikogesellschaft. Auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Mein (trad.it. 2008 *Conditio humana. Il rischio nell'età globale*, Laterza, Bari).

**Becker, H.** 1982 *Art Worlds*, University of California Press, Berkeley/Los Angeles (trad. it. 2004 *I mondi dell'arte*, Il Mulino, Bologna).

**Begley, S.** 1997 “The Science Wars” in *Newsweek*, 21 aprile, pp.54-56.

**Bernal, J. D.** 1967 *The Social Function of Science*, MIT Press, Cambridge.

**Bernardi, J.** 2006 “Teaching Godzilla: Classroom Encounters with a Cultural Icon” in (a cura di) Tsutsui, M.; Ito, M. *In Godzilla's Footsteps. Japanese Pop Culture Icons on the Global Stage*, Palgrave Macmillan, New York, pp.111-125.

**Biagioli, M.** 1996 “From Relativism to Contingentism”, in (a cura di) Galison, P.; Stump, D. *The Disunity of Science-Boundaries, Contexts and Power*, Stanford University Press, Stanford, pp.189-206.

**Bickerstaff, K.; Lorenzoni, I.; Pidgeon, N. F.; Poortinga, W.; Simmons, P.** 2008 “Reframing nuclear power in the UK energy debate: nuclear power, climate change mitigation and radioactive waste” in *Public Understanding of Science*, vol. 17, n. 2, pp. 145-169.

**Bijker, W.; Hughes, T.; Pinch, T.** 1987 *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, MIT press, Cambridge (MA).

**Bijker, W.** 1995 “Democratisering van de Technologische Cultuur”, intervento alla *Rijksuniversiteit*. Maastricht, 24 marzo.

- Bijker, W.** 2003 “The Need for Public Intellectuals: A Space for STS” in *Science, Technology, & Human Values*, vol. 28, n. 4, pp. 443-50.
- Bijker, W.** 2004 “Sustainable Policy? A Public Debate About Nature Development in the Netherlands” in *History and Technology*, vol. 20, n.4, pp. 371–391 (trad.it. “Ambiente, ricerca scientifica e consenso, Processi politici sostenibili? Un dibattito pubblico sullo sviluppo della natura nei Paesi Bassi” in *Conoscenza e innovazione*, rivista elettronica del CERFE sulla responsabilità tecnologica n.3 Marzo 2007. [<http://www.conoscenzaeinnovazione.org/>]
- Bijker, W.** 2006 “The Vulnerability of Technological Culture” in (a cura di) H. Nowotny, H. *Cultures of Technology and the Quest for Innovation*, Berghahn Books, New York, pp. 52-69.
- Blackmore, S.** 1999 *The Meme Machine*, Oxford University Press, Oxford (trad. it. 2002 *La macchina dei memi*, InstarLibri, Torino).
- Bloor, D.** 1976 (1991) *Knowledge and Social Imagery*, University of Chicago Press, Chicago (trad.it. 1994 *La dimensione sociale della conoscenza*, Raffaele Cortina, Milano).
- Bloor, D.** 1997 ‘Collective Representations’ in Gabor Forrai (a cura di) *Images and Reality*, Proceedings of the 1996 Miskolc Conference, Miskolc: University of Miskolc, pp.157-166.
- Bohr, N.** 1935 "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?" in *Physical Review*, n. 48, p. 696.
- Bohr, N.** 1937 “Causality and Complementarity” in *Philosophy of Science*, vol. 4, n. 3, pp. 289-298.
- Bohr, N.** 1958 *Atomic Physics and Human Knowledge*, John Wiley & Sons, New York.
- Borgna, P.** 2001 *Immagini pubbliche della scienza*, Einaudi, Torino.
- Bourdieu, P.** 2001 *Science de la science et réflexivité*, Raisons d'agir, Paris (trad.it. 2003 *Il mestiere di scienziato*, Feltrinelli, Milano).
- Bowker, G.** 2006 *Memory Practices in the Sciences*, MIT Press, Cambridge.
- Bowker, J.; Star, S.** 1999 *Sorting Things Out – Classification and Its Consequences*, MIT Press, Cambridge.
- Brecher, R.; Brecher, E.** 1969 *The Rays. A History of Radiology in the United States and Canada*, Williams & Wilkins, Baltimore.
- Bremer Maerli, M.; Johnston, R. G.**, 2002 "Safeguarding This and Verifying That: Fuzzy Concepts, Confusing Terminology, and Their Detrimental Effects on Nuclear

Husbandry" in *The Nonproliferation Review* , vol. 9, n.1.

**Brooks, E. D.** 1911 "Further uses of the x-ray flash" in *J. Ophthalmol. Otol. Laryngol.* n.17, pp. 412-415.

**Brooks, H. L.** 1925 "Radium treatment of immature and incipient cataracts" in *J. Ophthalmol. Otol. Laryngol.*, n. 29, pp. 349-357.

**Brown, D.** 1991 *Human Universals*, Temple University Press, Philadelphia.

**Bucchi, M.** 2002 *Scienza e società*, Il Mulino, Bologna.

**Bunge, M.** 1991 "A Critical Examination of the New Sociology of Science: Part 1" in *Philosophy of the Social Sciences*, vol. 21, n. 4, pp. 524-560.

**Bunge, M.** 1992 "A Critical Examination of the New Sociology of Science: Part 2" in *Philosophy of the Social Sciences*, vol. 22, n.1, pp. 46-76.

**Butler, J.** 1990 *Gender Trouble*, Routledge, New York.

**Butler, J.** 1993 *Bodies That Matter*, Routledge, New York.

**Calder, J. F.** 2001 *The History of Radiology in Scotland, 1896–2000*, Dunedin Academic Press, Edinburgh.

**Calder, R.** 1951 *Profile of Science*, George Allen and Unwin Ltd., London.

**Callon, M.; Latour, B.** 1992 "Don't Throw the Baby out with the Bath School! A reply to Collins and Yearley" in (a cura di) Pickering, A. *Science as Practice and Culture*, University of Chicago, Chicago (trad.it. 2001 "Non gettate il bambino con l'acqua sporca di Bath! Una risposta a Collins e Yearley" in *La scienza come pratica e cultura*, Edizioni di Comunità, Torino, pp. 249-279).

**Cao, T. Y. and Schweber, S. S.** 1993 "The Conceptual Foundations and the Philosophical Aspects of Renormalization Theory" in *Synthese.* n, 97, pp. 33-108.

**Cat, J.** 1998 'The physicists' debates on unification in physics at the end of the 20th century' in *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, vol. 28 (2a parte), pp. 253-300.

**Cartwright, N.** 1983 *How the Laws of Physics Lie*, Clarendon Press, Oxford.

**Cartwright, N.** 1989 *Nature's Capacities and Their Measurement*, Clarendon Press, Oxford.

**Cartwright, N.** 1999a "The Limits of Exact Science, from Economics to Physics" in *Perspectives on Science*, vol. 7, n.3, pp. 318-336.

**Cartwright, N.** 1999b *The Dappled World - A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge University Press, New York.

- Chang, H.** 1995 “The Quantum Counter-Revolution: Internal Conflicts in Scientific Change” in *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics*, n.26, pp.121-136.
- Chuang, I. L.; La Flamme, R.; Shor, P. W.; Zurek, W.** 1995 ‘Quantum computers, factoring, and decoherence’ in *Science*, n.270, pp. 1633–1635.
- Clark, C.** 1997 *Radium Girls*, University of North Carolina Press, Chapel Hill.
- Clarke, J.; Koch, R.** 1988 “The Impact of High Temperature Superconductivity on SQUID Magnetometers” in *Science*, n.242, pp.217-223.
- Clarke, J. ; Braginski, A.** 2004 *The SQUID Handbook*, Wiley-VCH, Weinheim.
- Cochran, T; McKinzie, M.** 2008 “Detecting Nuclear Smuggling Radiation monitors at U.S. ports cannot reliably detect highly enriched uranium, which onshore terrorists could assemble into a nuclear bomb” in *Scientific American*, 24 marzo.
- Cochran, T.; Paine, C.** 1994 "The Amount of Plutonium and Highly Enriched Uranium Needed for Pure Fission Nuclear Weapons" in *Natural Resources Defense Council*, 22 agosto, Washington, D.C.
- Codman, E. A.** 1901 “No practical danger from the x-ray” in *Boston Med. Surg. J.*, n. 144, p.197.
- Cohen, B. L.** 1995 “Test of the Linear No-Threshold theory of radiation carcinogenesis in the low dose, low dose rate region” in *Health Physics* n. 68, pp.157-174.
- Cogan, D. G.; Martin, S. F.; Kimura, S. J.** 1949 “Atom bomb cataracts” in *Science*, n. 110, pp. 654-655
- Cogan, D. G.; Donaldson, D. D.** 1951 “Experimental radiation cataracts, I: cataracts in the rabbit following single x-ray exposure” in *Arch. Ophthalmol.*, n. 45, pp. 508-522.
- Cogan, D. G.; Dreisler, K. K.** 1953 “Minimal amount of x-ray exposure causing lens opacities in the human eye” in *Arch. Ophthalmol.*, n. 50, pp. 30-34.
- Collins, C.; Frantz, D.** 2007 *The Nuclear Jihadist: The True Story of the Man Who Sold the World's Most Dangerous Secrets...And How We Could Have Stopped Him*, Twelve, New York.
- Collins, H.** 1981a “Son of Seven Sexes” in *Social Studies of Science*, n.11, pp.33-62.
- Collins, H.** 1981b “Stage in the Empirical Programme of Relativism” in *Social Studies of Science*, n.11, pp.3-10.
- Collins, H.** 1990 *Artificial Experts. Social Knowledge and Intelligent Machines*, MIT

Press, Cambridge (trad.it. 1994 *Esperti artificiali. Conoscenza sociale e macchine intelligenti*, Il Mulino, Bologna).

**Collins, H.** 2001 “Tacit Knowledge, Trust and the Q of Sapphire” in *Social Studies of Science*, vol. 31, n. 1, pp. 71-85.

**Collins, H; Pinch, T.** 1998 *The Golem: What everyone should know about science*, Cambridge University Press, Cambridge trad.it. 2000 *Il golem tecnologico*, Edizioni di Comunità, Torino).

**Collins, H.; Yearley, S.** 1992 “Epistemological chicken” in (a cura di) Pickering, A. *Science as Practice and Culture*, University of Chicago, Chicago (trad.it. 2001 “Polli epistemologici” in *La scienza come pratica e cultura*, Edizioni di Comunità, Torino, pp. 220-248).

**Collins, R.** 1992 “Replies and objections” in *Social Epistemology*, vol. 6, n.3, pp. 267-272.

**Commissione Europea** 2007 *Speciale Eurobarometro 271. Europeans and Nuclear Safety Special Eurobarometer 271 / Wave 66.2 – TNS Opinion & Social.*

**Commissione Europea** 2008 *Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio -Sesta relazione sulla situazione della gestione dei rifiuti radioattivi e del combustibile esaurito nell'Unione europea SEC(2008)2416 /\* COM/2008/0542 def. \*/*

**Croll, E.; Parkin, D.** (a cura di) 1992 *Bush Base: Forest Farm. Culture, Environment and Development*, Routledge, London.

**Cromwell, P. R.; Beltrami, E.; Rampichini, M.** 1998 ‘The Borromean Rings’ in *Mathematical Intelligencer*, vol. 20, n.1, pp. 53-62.

**Darrigol, O.** 1999 “Baconian bes in electromagnetic fields: Experimenter-theorists in nineteenth-century electrodynamics” in *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, n. 30, pp. 307-345.

**Daston, L.** (a cura di) 2000 *Biographies of Scientific Objects*, Chicago University Press, Chicago.

**Dawkins, R.** 1976 *The Selfish Gene*, Oxford University Press, Oxford (trad.it. 1995 *Il gene egoista*, Mondadori, Milano).

**Dean, M.** 1999 *Governmentality: Power and Rule in Modern Society*, SAGE, London.

**Dennis, M.** 2004 “Reconstructing sociotechnical order. Vannevar Bush and US science policy” in (a cura di) Jasanoff, S. *States of Knowledge. The co-production of science and social order*, Routledge, New York, pp.225-253.

**Despeignes, V.** 1896 “Observation concernant un cas de cancer de l’estomac traite

par les rayons Roentgen” in *Lyon Med.*, pp. 428-430.

**Dosi, G.** 1982 “Technological Paradigms and Technological Trajectories” in *Research Policy*, n. 11, pp.147-162.

**Douglas, M.** 1986 *How Institutions Think*, Syracuse University Press, New York (trad.it. 1990 *Come pensano le istituzioni*, Il Mulino, Bologna).

**Douglas, M.; Wildavsky, A.** 1982 *Risk and Culture. An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*, University of California Press, Berkeley/Los Angeles.

**Durkheim, É.** 1893 (1902) *De la division du travail social*, F. Alcan, Paris (trad.it. 1971 *La divisione del lavoro sociale*, Edizioni di Comunità, Milano).

**Durkheim, É.** 1894 (1960) *Les règles de la méthode sociologique*, PUF, Paris (trad. it. 1963 *Le regole del metodo sociologico ; sociologia e filosofia*, Einaudi, Torino).

**Durkheim, É.** 1897 (1960) *Suicide*, PUF, Paris (Trad.it. 1969 *Il suicidio*, UTET, Torino).

**Durkheim, É.** 1898 “Représentations individuelles et représentations collectives” in *Revue de Métaphysique et de Morale*, VI tomo in (a cura di) Izzo, A. 1982 *Antologia di scritti sociologici / Emile Durkheim*, Il Mulino, Bologna.

**Durkheim, É.** 1907 “Lettres au Directeur de la Revue néo-scholastique” in *Revue néo-scholastique*, n. 14.

**Durkheim, É.** 1912 *Les formes élémentaires de la vie religieuse*, F. Alcan, Paris (trad.it. 2005 *Le forme elementari della vita religiosa*, Meltemi, Roma).

**Durkheim, É.** 1913 «Le problème religieux et la dualité de la nature humaine» in *Extrait du Bulletin de la Société française de philosophie*, vol.13, pp. 63-100.

**Durkheim, É.** 1914 “Le dualisme de la nature humaine et ses conditions sociales” in *Scientia*, vol.XV, pp.206-222, ora in Durkheim, E. 1970 *La science sociale et l’action*, PUF, Paris (trad.it 1972 *La scienza sociale e l’azione*, Il Saggiatore, Milano, pp.343-361).

**Durkheim, É.** 1955 *Pragmatisme et sociologie. Cours inédit prononcé à la Sorbonne en 1913-14 et restitué par A. Cuvillier d’après des notes d’étudiants*, Vrin, Paris (trad.it. 1986 *Pragmatismo e sociologia*, IANUA, Roma).

**Eamon, W.** 1994 *Science and the Secrets of Nature*, Princeton University Press, Princeton (trad.it. 1999 *La scienza e i segreti della natura*, ECIG, Genova).

**Edwards, P.** 1996 *The Closed World: Computers and the Politics of Discourse in Cold War America*, MIT Press, Cambridge.

**Edwards, P.** 2003 *Thinking Globally: Computers, Networks, and the Construction of*

"Global" Spaces, public lecture presso il "Piet Zwart Institute", Rotterdam, tenuta il 3 dicembre.

**Edwards, P.** (in corso di pubblicazione) *The World in a Machine: Computer Models, Data Networks, and Global Atmospheric politics*, MIT Press, Cambridge.

**Einstein, A.; Podolsky, B.; Rosen, N.** 1935 "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?" in *Physical Review*, n. 47, p. 777.

**Elkana, Y.** 1981-1987 scritti vari (trad.it. 1989 *Antropologia della conoscenza*, Laterza, Bari).

**Emerton, N.** 1984 *The Scientific Reinterpretation of Form*, Cornell University Press, London.

**Evans, R.** 1986 "Translations from Drawing to Building" in *A. A. Files*, n. 12.

**Feenberg, A.** 1999 *Questioning Technology*, Routledge, London (trad.it. 2002 *Tecnologia in discussione*, Etas, Torino).

**Felt, U.; Nowotny, H.** 1992 "Striking Gold in the 1990s: The Discovery of High-Temperature Superconductivity and Its Impact on the Science System" in *Science, Technology, & Human Values*, vol. 17, n. 4, pp. 506-531.

**Ferents, V. P.; Prilipko, V. A.; Blizniuk, I. D.** 1991 "The perception of the radiation situation and assessment of their own health status by the population living in an area under strict radiation control" in *Zh Nevropatol Psikhiatr Im S S Korsakov*, vol.91, n. 2, pp. 49-52.

**Feynman, R.; Leighton, R.** 1985 *Surely you Are Joking, Mr. Feynman!*, W.W.Norton & Company, New York (trad.it. 1988 *Sta scherzando, Mr. Feynman!*, Zanichelli, Bologna).

**Filloux, J. C.** 1970 "Introduzione" in Durkheim, E. *La science sociale et l'action*, PUF, Paris (trad. it. 1972 *La scienza sociale e l'azione*, Il Saggiatore, Milano, pp.7-80).

**Fisher, R.** 1953 *Design of Experiments*, Oliver and Boyd, London.

**Fleck, J.** 1988 "Innofusion or Diffusiation? The Nature of Technological Development in Robotics" *Edinburgh PICT Working Paper 7*, Edinburgh.

**Flower, M.** 1994 "A Native Speaks for Himself: Reflections on Technoscientific Literacy" paper letto all' *American Anthropological Society Meeting*, 30 novembre-3 dicembre, Washington, D.C.

**Flower, M.** "Technoscientific Liberty" intervento non pubblicato, *University Honors Program*, Portland State University.

**Forman, P.** 1971 "Weimar Culture, Causality, and Quantum Theory, 1918--27:"



Adaption by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment" in *Historical Studies in the Physical Sciences*, n. 3, pp. 1-116.

**Forman, P.** 1978 "The Reception of an Acausal Quantum Mechanics in Germany and Britain" in (a cura di) Mauskopf, S. *The Reception of Unconventional Science*, American Association for the Advancement of Science, Washington D.C.

**Foucault, M.** 1970, *L'ordre du discours*, Gallimard, Paris (trad. it. 1972 *L'ordine del discorso*, Einaudi, Torino).

**Foucault, M.** 1976, *La volontà de savoir*, Gallimard, Paris (trad. it. 1978, *La volontà di sapere*, Feltrinelli, Milano).

**Frame, P.** 1989 "Radioactive curative devices and spas" in *Oak Ridger newspaper*, 5 November 1989 [<http://www.orau.org/PTP/articlesstories/quackstory.htm>].

**Franklin, W. S.; Cordes, F. C.** 1920 "Radium for cataract" in *American Journal of Ophthalmology*, n. 3, pp. 643-647.

**Franklin, W. S.; Cordes, F. C.** 1921 "Radium applicator for cataracts" in *American Journal of Ophthalmology*, n. 4, pp. 431-432.

**Fuller, S.** 1996 "Talking Metaphysical Turkey About Epistemological Chicken, and the Poop on Pidgins" in (a cura di) Galison, P. e Stump, D. *The Disunity of Science-Boundaries, Contexts and Power*, Stanford University Press, Stanford.

**Fuller, S.** 1997 "Constructing the High Church-Low Church Distinction in STS Textbooks" in *Technoscience*, vol. 10, n.3, pp. 10-11.

**Galison, P.** 1987 *How Experiments End*, University of Chicago Press, Chicago.

**Galison, P.** 1997 "Three Laboratories" in *Social Research*, vol. 64, n. 3, pp. 1127 – 1155.

**Galison, P.** 1998 *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*, University of Chicago Press, Chicago.

**Galison, P.** 2003 *Einstein's Clocks, Poincaré's Maps. Empires of Time*, W.W. Norton & Company, New York (trad.it. 2004 *Gli orologi di Einstein, le mappe di Poincaré : imperi del tempo*, Raffaele Cortina, Milano).

**Galison, P.; Stump, D.** 1996 *The Disunity of Science: Boundaries, Contexts, and Power*, Stanford University Press, Stanford.

**Galli, I; Nigro, A.** 1992 "La rappresentazione sociale. La questione nucleare tra guerra e pace" in (a cura di) Ponzo, E.; Tanucci, G. 1992 *La guerra nucleare. Rappresentazioni sociali di un rischio*, Franco Angeli, Milano, pp. 59-75.

**Gallino, L.** 2007 *Tecnologia e democrazia. Conoscenze tecniche e scientifiche come beni pubblici*, Einaudi, Torino.

**GAO** 1998 *Nuclear Nonproliferation: Uncertainties With Implementing IAEA's Strengthened Safeguards System*, GAO/NSIAD/RCED-98-184, Washington, D.C.

**Goudsmit, S. A.** 1947 (1996) *Alsos*, AIP Press, New York.

**Geertz, C.** 1973 *The Interpretation of Cultures*, Basic Books, New York (trad. it. 1987 *Interpretazione di culture*, Il Mulino, Bologna).

**Gell-Mann, M.** 1994 *The Quark and the Jaguar. Adventures in the simple and the complex*, Little Brown, London (trad. it. 1996 *Il quark e il giaguaro. Avventure nel semplice e nel complesso*, Bollati Boringhieri, Torino).

**Gerber, M. S.** 1992 (2007) *On the Home Front. The Cold War Legacy of the Hanford Nuclear Site*, University of Nebraska Press, Lincoln.

**Giere, R.** 1988 *Explaining Science: A Cognitive Approach*, Chicago University Press, Chicago (trad.it. 1996 *Spiegare la scienza*, Il Mulino, Bologna).

**Giere, R.** 1994 "No Representation without Representation" in *Biology and Philosophy*, n.9, pp. 113-120.

**Giere, R.** 2004 "How Models Are Used to Represent Reality" in *Philosophy of Science* (Symposia), n.71, pp. 742-752.

**Giere, R.** 2006 *Scientific Perspectivism*, University of Chicago Press, Chicago.

**Giere, R.** 2008 "Cognitive Studies of Science and technology" in (a cura di) Jasanoff, S. *Handbook of Science and Technology Studies* (III ed.), pp. 259-278.

**Gieryn, T.** 1999 *Cultural Boundaries of Science*, University of Chicago Press, Chicago.

**Ginsparg, P.** 1994 "First steps toward electronic research communication" in *Computers in Physics*, n.8, luglio/agosto [<http://arXiv.org/blurb/>].

**Ginsparg, P.** 1996 "Winners and Losers in the Global Research" in (a cura di Shaw, D; Moore, H.) *Electronic Publishing in Science* UNESCO HQ, Paris [<http://arXiv.org/blurb/pg96unesco.html>].

**Ginsparg, P.; Luce, R.; Van de Sompel, H.** 1999a *Call for participation in the UPS initiative aimed at the further promotion of author self-archived solutions*, [<http://www.openarchives.org/ups-invitation-ori.htm>].

**Ginsparg, P.; Luce, R.; Van de Sompel, H.** 1999b *The Open Archives initiative, July*. [<http://www.openarchives.org/>].

**Gittinger, J., W.** 2001 "Radiation and Cataracts - Cause or Cure?" in *Arch. Ophthalmol.* n. 119, pp.112-116.

- Goldschmidt, P.** 1999 “The IAEA Safeguards System Moves into the 21<sup>st</sup> Century” in *Supplement to the IAEA Bulletin*, vol.41, n.4/Dicembre.
- Goldschmidt, P.** 2000 “IAEA Safeguards: Evolution or Revolution?” (Opening Plenary Address at the 41<sup>st</sup> Annual Meeting of the Institute of Nuclear Materials Management, New Orleans, LA, 16-20 luglio 2000) in *Journal of Nuclear Materials Management*, n. 29, pp.10-16.
- Gorman, D.** 1992 *Simulating Science: Heuristics, Mental Models and Technoscientific Thinking*, Indiana University Press, Bloomington.
- Grigg, E. R.** N.1965 *The Trail of the invisible Light*, Springfield.
- Gross, P.; Leavitt, N.** 1994 *Higher Superstition: The Academic Left and the Quarrels with Science*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Gutting, G.** 1979 “Husserl and Scientific Realism” in *Philosophy and Phenomenological Research*, n. 39, pp. 42-56.
- Haas, P.** 1992 "Introduction: Epistemic Communities and International Policy Coordination" in (a cura di) Haas, P. *International Organization*, vol. 46, n. 1.
- Hacking, I.** 1983 *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, Cambridge (trad.it. 1987 *Conoscere e sperimentare*, Laterza, Bari).
- Hacking, I.** 1999 *The Social Construction of What?*, Harvard University Press, Cambridge (trad.it. 2000 *La natura della scienza*, Mc Graw Hill, Milano).
- Hackel, E.** 2000 “Implementation Safeguards in Weak and Failed States” in (a cura di) Hackel, E. ; Stein, G. *Tightening the Reins*, Springer, New York.
- Haefele, W.** 1974 “Hypotheticality and the New Challenges: The Pathfinder Role of Nuclear Energy” in *Minerva*, vol.12, n.1, pp.313-321.
- Hall, S.** 1997 “The work of representation” in (a cura di) Hall, S. *Representation: Cultural Representation and Signifying Practices*, SAGE, London, pp. 13-64.
- Hameroff, S.; Penrose, R.** 1996 “Conscious events as orchestrated space-time selections” in *Journal of Consciousness Studies*, vol.3, n.1, pp. 36–53.
- Hanson, R. H.** 1958 *Patterns of Discovery. An Inquiry into Conceptual Foundations of Science*, Cambridge University Press, England (trad.it. 1978 *I modelli della scoperta scientifica-Ricerca sui fondamenti concettuali della scienza*, Feltrinelli, Milano).
- Haraway, D.** 1988 “Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective” ripubblicato nel 2001 in (a cura di) Lederman, M.; Bartsch, I. *The Gender and Science Reader*, Routledge, London, pp.169-188.
- Haraway, D.** 1989 *Primate Visions: Gender, Race and Nature in the World of*

*Modern Science*, Routledge, New York.

**Haraway, D.** 1991 *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*, Routledge, Chapman & Hall, New York (trad.it. 1995 *Manifesto cyborg. Donne, tecnologie e biopolitiche del corpo*, Feltrinelli, Milano).

**Haraway, D.** 1997 *Modest-Witness@Second-Millennium.Femaleman-Meets-Oncomouse: Feminism And Technoscience*, Routledge, New York (trad.it. 2000 *Testimone - modesta @ femaleman - incontra - Oncotopo. Femminismo e tecnoscienza*, Feltrinelli, Milano).

**Harding, S.** 2001 "Feminist Standpoint Epistemology" in (a cura di) Lederman, M.; Bartsch, I. *The Gender and Science Reader*, Routledge, London, pp. 145-168 (articolo pubblicato originariamente nel 1991; in questa raccolta compare in versione ridotta).

**Harnad, S.** (senza data) "Integrating and navigating e-print archives through citation linking" [<http://www.cogsci.soton.ac.uk/~harnad/citation.html>].

**Harnad, S.** 1995 "A Subversive Proposal" in (a cura di) Okerson, A.; O'Donnell, J. *Scholarly Journals at the Crossroads; A Subversive Proposal for Electronic Publishing*, Washington, DC., Association of Research Libraries, June 1995, [<http://www.arl.org/scomm/subversive/toc.html>] (originally posted June 27 1994: <http://www.arl.org/scomm/subversive/sub01.html>).

**Harnad, S.** 1999 "Free at last: the future of peer-reviewed journals" in *D-Lib Magazine*, vol.5, n.12 [<http://www.dlib.org/dlib/december99/12harnad.html>].

**Havenaar, J. M.; de Wilde, J.; van den Bout, B. M.; Drottz-Sjöberg W.; van den Brink, W.** 2003 "Perception of risk and subjective health among victims of the Chernobyl disaster" in *Social Science & Medicine*, vol. 56, n.3, pp. 569-572.

**Healey, R.** 1991 "Holism and nonseparability" in *Journal of Philosophy*, n. 88, pp. 393-421.

**Hecht, G.** 1998 *The Radiance of France. Nuclear Power and National Identity after World War II*, MIT, Cambridge (MA).

**Herzig, R.** 1999 "Removing Roots: 'North American Hiroshima Maidens' and the X-Ray" in *Technology and Culture*, vol.40, n.4, pp.723-745; ristampato nel 2003 come "Situated Technology: Meanings" in (a cura di) Lerman, N.; Oldenzel, R.; Mohun, A. *Gender and Technology. A Reader*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp.72-97.

**Hiddinga, A.** 1992 "X-ray Technology in Obstetrics: Measuring Pelves at the Yale School of Medicine" in *Medical Innovations in Historical Perspective*, Pickstone, London.

**Hill, A.; Michael, M.** 1998 "Enginnering acceptance: representations of 'the public' in debates on biotechnologies" in (a cura di) Wheale, P.; von Schonberg, R.; Glasner, P. *The Social Management of Genetic Engineering*, Aldershot, Ashgate, pp. 201-217.

**Howard, D.** 2003 "Reduction and Emergence in the Physical Sciences: Some Lessons from the Particle Physics-Condensed Matter Physics Debate"  
[<http://www.nd.edu/~7Edhoward1/Reduction%20and%20Emergence.pdf>]

**Hoyt, P.** 2006 *Not Even Wrong. The Failure of String Theory and the Continuing Challenge to Unify the Laws of Physics*, Basic Books, New York (trad.it. 2007 *Neanche sbagliata. Il fallimento della teoria delle stringhe e la corsa all'unificazione delle leggi della fisica*, Codice, Torino).

**Howe G. R., McLaughlin J.** 1996 "Breast cancer mortality between 1950 and 1987 after exposure to fractionated moderate-dose-rate ionizing radiation in the Canadian fluoroscopy cohort study and a comparison with breast cancer mortality in the atomic bomb survivors study" in *Radiat. Res.*, n.149, pp. 694-707.

**Humphreys, P.** 1997, "How properties emerge" in *Philosophy of Science*, n.64, pp.1-17.

**Hurd, J. M.** 1996 "High energy physics" in (a cura di Crawford, S.Y.; Hurd, J.M.; Weller, A.C. *From Print to Electronic: The Transformation of Scientific Communication Information Today*, Inc., Medford.

**Hutchins, E.** 1995 *Cognition in the Wild*, MIT Press, Cambridge.

**IAEA** 1987 *Safeguards Glossary*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

**Irwin, A.** 1995 *Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development*, Routledge, London.

**Irwin, A.** 2008 "STS Perspectives on Scientific Governance" in (a cura di Hackett, E.; Amsterdamska, O.; Lynch, M.; Wajcman, J.) *The Handbook of Science and Technology Studies*, 3a ed., pp. 583-607.

**Irwin, A.; Michael, M.** 2003 *Science, Social Theory and Public Knowledge*, Open University Press, Philadelphia.

**Ito, T.** 1994 "The Communication of Ideas" *GA Document* n. 39.

**Ito, T.** 1995 "The Transparent Urban Forest" in *The Japan Architect*, n.19, pp. 77-78.

**Ito, T.** 1997 "Image of architecture in electronic age", in *The virtual architecture*, University Digital Museum, Tokyo, pp. 38-45.

**Ito, T.** 2000 "The Lessons of the Sendai Mediatheque" in *The Japan Architect*, n. 41.

**Jacchia, E.** 1975 "La non proliferazione ed i controlli di sicurezza nucleare" in *La proliferazione delle armi nucleari*, Il Mulino, Bologna.

**Jahoda, G.** 1988 "Critical notes and reflections on 'social representations' in *European Journal of Social Psychology*, Vol.18, pp.195-209.

- Jannssen, M. P. M.; Leenhouts, H. P.** 1998 “Radiation Risk, Risk Perception and Social Constructions, Radiation Protection and Dosimetry” in *Radiation Physics and Chemistry*, Vol. 53, n. 5, pp. 587-588(2).
- Jasanoff, S.** 1990 *The Fifth Branch: Science Advisers as Policymakers*, Harvard University Press, Cambridge.
- Jasanoff, S.** 2000 “Reconstructing the past, Constructing the Present: Can Science Studies and the History of Science Live Happily Ever after?” in *Social Studies of Science*, vol. 30, n. 4., pp. 621-631.
- Jasanoff, S.** (a cura di) 2004a *States of Knowledge- The co-production of Science and the Social Order*, Routledge, London.
- Jasanoff, S.** 2004b “The Idiom of Co-Production” in (a cura di Jasanoff, S.) *States of Knowledge-The Co-production of Science and Social Order*, Routledge, London, pp.1-12.
- Jasanoff, S.** 2004c “Ordering Knowledge, Ordering Society”, in (a cura di) Jasanoff, S. *States of Knowledge-The Co-production of Science and Social Order*, Routledge, London.
- Jasanoff, S.** 2005 *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*, Princeton University Press, Princeton (trad.it. 2008 *Fabbriche della Natura. Biotecnologie e democrazia*, Il Saggiatore, Milano).
- Jawarowski, Z.** 1995 “Beneficial radiation” in *Nukleonika*, n. 40, pp. 3-12.
- Jenkins, T.** 1994 “Fieldwork and the perception of everyday life” in *MAN*, vol.29, n.2, pp.433-455.
- Johnston, R. G.** 2001a “Tamper-Indicating Seals for Nuclear Disarmament and Hazardous Waste Management” in *Science & Global Security*, n. 9, pp 93-112.
- Johnston, R. G.** 2001b "Tamper Detection for Safeguards and Treaty Monitoring: Fantasies, Realities, and Potentials" in *The Nonproliferation Review* vol. 8, n. 102.
- Kaiser, D.** 2002 “Nuclear Democracy: Political Engagement, Pedagogical Reform, and Particle Physics in Postwar America” in *Isis*, vol. 93, n. 2, pp. 229-268.
- Kathren R.** 1964 “William H. Rollins (1852-1929): x-ray protection pioneer” in *J. Hist. Med. Allied Sci.*, n.19, pp. 287-294.
- Klein, J.** 1956 *The Study of Groups*, Routledge & Kegan Paul (trad.it. 1968 *Sociologia dei gruppi*, Einaudi, Torino).
- Klein, U; Lefèvre, W.** 2007 *Materials in Eighteenth-Century Science: A Historical Ontology*, MIT Press, Cambridge (MA).

- Kling, R.; McKim, G.; Spector, L.** 2002 “Locally Controlled Scholarly Publishing via the Internet: The Guild Model” in *Journal of Electronic Publishing* 8, no. 1 , August. [<http://www.press.umich.edu/jep/08-01/kling.html>]
- Knapp, P.** 1985 “The Question of Hegelian Influence on Durkheim's Sociology” in *Sociological Inquiry*, n.55, pp. 1-15.
- Knorr-Cetina, K.** 1981a *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Pergamon Press, Oxford.
- Knorr-Cetina, K.** 1981b “Introduction” in (a cura di) Knorr-Cetina, K.; Cicourel, A. *Advances in Social Theory and Methodology. Towards an Integration of Micro-and Macro-Sociologies*, Routledge & Kegan, Boston, pp.1-47.
- Knorr-Cetina, K.** 1999 *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
- Knorr-Cetina, K.** 2001 "Objectual Practice" in Schatzki, T; Knorr-Cetina, K.; von Savigny, E. (a cura di) *The Practice Turn in Contemporary Theory*, Routledge, London-New York, pp. 175-188.
- Kogelnik, H.** 1997 “Inauguration of radiotherapy as a new scientific speciality by Leopold Freund 100 years ago” in *Radiotherapy and Oncology*, vol. 42, n.3, pag. 203-211.
- Kondo, S.** 1993 *Health Effects of Low-Level Radiation*, Kinki University Press, Osaka, Japan - Medical Physics Publishing, Madison (WI).
- Koyré, A.** 1957 *From the Closed World to the Infinite Universe*, John Hopkins Press, Maryland (trad.it. 1970 *Dal mondo chiuso all'universo infinito*, Feltrinelli, Milano).
- Kramer, R.** 1985 “The role of the preprint in communication among scientists”, paper prepared according to the requirements for Library Science 571, Northern Illinois University, Department of Library Science, ED 261685.
- Krige, J.** 2008 “The Peaceful Atom as Political Weapon: Euratom and American Foreign Policy in the Late 1950s” in *Historical Studies in the Natural Sciences*, vol. 38, n. 1, Pages 5–44.
- Kuhn, T.** 1962 (1970) *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago University Press, Chicago (trad.it 1978 *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino).
- Lakatos, I.** 1978 *The Methodology of Scientific Research Programmes*, Cambridge University Press (tr.it. *La metodologia dei programmi di ricerca scientifica*, 1996, Il Saggiatore, Milano).
- Larkin, G.** 1978 “Medical Dominance and Control: Radiographers in the Division of Labour” in *Sociological Review*, vol.26, n.4, pp.843-858.

- Latour, B.; Woolgar, S.** 1979 *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts* Princeton University Press, Princeton.
- Latour, B.** 1987 *Science in action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Harvard University Press, Cambridge (trad.it. 1998 *La scienza in azione*, Edizioni di Comunità, Torino).
- Latour, B.** 1990 "Drawing Things Together", in (a cura di) Lynch, M.; Woolgar, S. *Representation in Scientific Practice*, MIT Press, Cambridge, pp. 19-68.
- Latour, B.** 1984 *Les Microbes, guerre et paix suivi de irreductions*, A.M. Metailie, Paris (trad.it. 1991, *I microbi. Trattato scientifico e politico*, Editori Riuniti, Torino).
- Latour, B.** 1991 "Technology Is Society Made Durable" in (a cura di) Law, J. *A Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology and Domination*, Routledge and Kegan Paul, London, pp. 101-131.
- Latour, B.** 1995 "The 'Pédofil' of Boa Vista: A Photo-Philosophical Montage" in *Common Knowledge*, vol. 4, n.1, pp.144-187.
- Latour, B.** 2000 "When Things Strike Back-A Possible Contribution of Science Studies to the Social Sciences" in *British Journal of Sociology*, n. 51, pp. 107-123.
- Lazo, T.** 2003 "The evolution of the international system of radiological protection: food for thought from the Nuclear Energy Agency Committee on Radiation Protection and Public Health" in *J. Radiol. Prot.*, n. 23, pp. 241-246.
- Lévi-Strauss, C.** 1950 "Introduction à l'oeuvre de Marcel Mauss" in Mauss, M. *Sociologie et Anthropologie*, PUF, Paris (trad.it. 1965 *Teoria generale della magia e altri saggi*, Einaudi, Torino).
- Lévi-Strauss, C.** 1964 *Anthropologie Structurale*, Plon, Paris (tr.it. *Antropologia strutturale* NET, Milano, 2002).
- Lévi-Strauss, C.** 1983 *Le regard éloigné*, Plon, Paris (trad.it. 1984 *Lo sguardo da lontano*, Einaudi, Torino).
- Lewicki, A. M.** 2002 "Marie Sklodowska Curie in America, 1921" in *Radiology*, n. 223(2), pp. 299-303.
- Linnell, E. H.** 1911 "A final word in regards to the Roentgen ray flash treatment" in *J Ophthalmol Otol. Laryngol.* n.17, pp. 416-420.
- Leszczynski, K. ; Boyko, S.** 1997 "On the controversies surrounding the origins of radiation therapy" in *Radiotherapy and Oncology*, vol. 42, n.3, pp. 213 – 217.
- Lindee, S.** 1994 *Suffering Made Real: American Science and the Survivors at Hiroshima*, University of Chicago Press, Chicago.
- Linnell, E. H.** 1911 "A final word in regards to the Roentgen ray flash treatment" in



*J Ophthalmol Otol. Laryngol.*, n.17, pp. 416-420.

**Lidz, V.** 1981 "Transformational theory and the internal environment of action systems" in (a cura di) Knorr-Cetina, K.; Cicourel, A. *Advances in Social Theory and Methodology. Towards an Integration of Micro-and Macro-Sociologies*, Routledge & Kegan, Boston, pp.205-233.

**Longino, H.** 2002 *The Fate of Knowledge*, Princeton University Press, Princeton.

**Lucrezio**, *De rerum natura* (trad.it. 1986 *La natura*, Rizzoli, Milano).

**Luzi, D.** 1998 "E-print archives: a new communication pattern for grey literature" in *Interlending & Document Supply*, vol. 26 n. 3, pp. 130-139.

**Lynch, M.** 1985 "Discipline and the Material Form of Image: An Analysis of Scientific Visibility" in *Social Studies of Science*, n. 15, pp. 37-66.

**Lynch, M.** 1990 "The Externalized Retina: Selection and Mathematization in the Visual Documentation of Objects in Life Sciences", in (a cura di) Lynch, M.; Woolgar, S. *Representation in Scientific Practice*, MIT Press, Cambridge, pp. 153-186.

**Lynch, M.; Woolgar, S.** 1990 "Introduction: Sociological Orientations to Representational Practice in Science" in (a cura di) Lynch, M.; Woolgar, S. *Representation in Scientific Practice*, MIT Press, Cambridge, pp. 1-18.

**Macfarlane, A.** 2003 "Underlying Yucca Mountain: The Interplay of Geology and Politics in Nuclear Waste Disposal" in *Social Studies of Science*, vol. 33, n.5, pp. 783-807.

**Mach, E.** 1906 *Erkenntnis und Irrtum: Skizzen zur Psychologie der Forschung*, Leipzig (trad.it. 1982 *Conoscenza ed errore, Abbozzi per una psicologia della ricerca*, Einaudi, Torino).

**MacKenzie, D; Spinardi, G.** 1995 "Tacit Knowledge, Weapons Design and the Uninvention of Nuclear Weapons" in *American Journal of Sociology*, vol.101, n. 1, pp.44-99.

**Macklis, R. M.** 1990 "Radithor and the era of mild radium therapy" in *JAMA*, n. 264, pp. 614-618.

**Macklis, R. M.; Bellerive, M. R.; Humm, J. L.** 1990 "The radiotoxicology of Radithor: analysis of an early case of iatrogenic poisoning by a radioactive patent medicine" in *JAMA*, n. 264, pp. 619-621.

**Macilwain, C.** 1997 "Campuses Ring to a Atormy Clash over Truth and Reason" in *Nature*, n. 387, 22 maggio, pp.331-333.

**Mannheim, K.** 1952 *Essays in the Sociology of Knowledge*, Routledge & Kegan Paul, London.

**Matanoski, G. M.** 1991 Health effects of low-level radiation in the shipyard workers final report. Report No. DOE DE-AC02-79 EV10095. Washington: US Department of Energy.

**Mattice, A. F.** 1914 Report of the successful treatment of a corneal tumor with radium, with remarks on radium in ophthalmology. *Arch Ophthalmol.*, n. 43, pp. 237-253.

**Mauss, M.** scritti vari (trad.it. a cura di Donato, R. 1997 *I fondamenti di un'antropologia storica*, Einaudi, Torino).

**McClelland, J. ; Rumelheat, D. & the PDP Research Group** (a cura di) 1986 *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, 2 vol., MIT Press, Cambridge.

**McKiernan, G.** 2000 “ArXiv.org: the Los Alamos National Laboratory e-print server” in *The International Journal on Grey Literature*, vol. 1, n. 3, pp. 127-138.

**McMullin, E.; Cushing, J. T.** 1989, *Philosophical Consequences of Quantum Theory: Reflections on Bell's Theory*, University of Notre Dame Press, Notre Dame.

**Merton, R. K.** 1949 (1968) *Social Theory and Social Structure*, The Free Press, New York (trad.it. 1970 *Teoria e struttura sociale*, Il Mulino, Bologna).

**Michael, M.** 1992 “Lay Discourses of Science: Science-in-General, Science-in-Particular, and Self” in *Science, Technology, & Human Values*, vol. 17, n.3, pp. 313-333.

**Michael, M.** 1996 “Ignoring science: discourses of ignorance in the public understanding of science” in (a cura di) Irwin, A.; Wynne, B. *Misunderstanding Science? The Public Reconstruction of Science and Technology*, Cambridge University Press, Cambridge, pp.105-125.

**Michael, M.** 2002 “Comprehension, Apprehension, Prehension: Heterogeneity and the Public Understanding of Science” in *Science, Technology, & Human Values*, vol.27, n.3, pp. 357-378.

**Miller, A. B.; Howe, G. R.; Sherman, G. J.; Lindsay, J. P.; Yaffe, M. J.; Dinner, P. J.; Risch, H. A.; Preston, D. L.** 1989 “Mortality from breast cancer after irradiation during flurosopic examination in patients being treated for tuberculosis” *New England Journal of Medicine*, vol. 321, pp.1285-1289.

**Monaco, F.** 2007 “A caccia di bombe. Il lavoro degli ispettori IAEA come costruzione socio-cognitiva” working paper presentato al II Workshop Nazionale STS-Italia *Istituzioni e Processi della Tecnoscienza* Unical, Campus di Arcavacata di Rende, 25 e 26 maggio.

**Monaco, F.** 2008 “Stile e culture del preprint” paper presentato al II Convegno nazionale STS Italia: *Catturare Proteo. Tecnoscienza e società della conoscenza in Europa*, Università di Genova, 19-21 Giugno.

[[http://www.stsitalia.org/papers2008/7\\_2\\_monaco.pdf](http://www.stsitalia.org/papers2008/7_2_monaco.pdf)]

**Mongili, A.** 2007 *Tecnologia e società*, Carocci, Roma.

**Monnerot, J.** 1946 *Les faits sociaux ne sont pas des choses*, Gallimard, Paris.

**Montmollin (de), J. M.; Weinstock, E. V.** 1984 "IAEA Safeguards: Perceptions, Goals and Performance" in *Workshop on International Safeguards*, Cornell University, Ithaca.

**Moscovici, S.** 1988 "Notes towards a description of Social Representations" in *European Journal of Social Psychology*, Vol.18, pp. 211-250.

**Moscovici, S.** 1997 "Des représentations collectives aux représentations sociales: éléments pour une histoire" in (a cura di) Jodelet, D. *Les représentations sociales*, Presses Universitaires de France, Paris, pp. 79–103.

**Mott, M.** 2002 *Building the Trident Network. A Study of the Enrollment of People, Knowledge and Machines*, MIT Press, Cambridge.

**Mould, R. F.,** 1980 *A history of X-rays and radium*, IPC Business Press Ltd, Sutton.

**Mould, R. F.** 1998 "The discovery of radium in 1898 by Maria Sklodowska-Curie (1867-1934) and Pierre Curie (1859-1906) with commentary on their life and times" in *The British Journal of Radiology*, vol. 71, n. 852, pp. 1229-1254.

**Mount, H. A.** 1920 "The Story of Radium" in *Scientific American*, n. 122, pp. 454-468.

**Mynatt, C.; Doherty, M.; Tweeny, R.** 1977 "Confirmation bias in a simulated research environment: an experimental study of scientific inference" in *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol. 29.

**NCRPM (National Council on Radiation Protection and Measurements)** 1995 *Principles and Application of Collective Dose in Radiation Protection*. NCRP Report, N. 121, Bethesda.

**Nelson, D. R.** 2002 *Defects and Geometry in Condensed-matter Physics*, Cambridge: Cambridge University Press.

**Nersessian, N.** 1984 *Faraday to Einstein: Constructing Meaning in Scientific Theories*, Nijhoff, Dordrecht.

**Nicolini, D.; Gherardi, S.; Yanow, D.** (a cura di) 2003 *Knowing in Organizations*, M. E. Sharpe, Armonk.

**Nisbet, M.; Goidel, R.** 2007 "Understanding citizen perceptions of science controversy: bridging the ethnographic–survey" in *Public Understanding of Science*, vol. 16, n. 4, p. 421-440.

**Nisbet, R.** 1971 “The Impact of Technology on Ethical Decision-Making” in Douglas J. *The Technological Threat*, Prentice Hall.

**Nornes, A. M.** 1996 “The Body at the Center- The Effects of the Atomic Bomb on Hiroshima and Nagasaki” in (a cura di) Broderick, M. *Hibakusha Cinema*, Kegan Paul International, London.

**Nucleonics Week** 1996 *Linear nonthreshold model said vindicated by new data*, n. 37, pp.1-3.

**Odlyzko, A.** 1995 "Tragic loss or good riddance? The impending demise of traditional scholarly journals" in *Intern. J. Human-Computer Studies* (già *Intern. J. Man-Machine Studies*), n. 42, pp. 71-122.

**Odlyzko, A.** 1997 “The slow evolution of electronic publishing” in (a cura di) Meadows, A. J.; Rowland, F. *Electronic Publishing '97: New Models and Opportunities*, ICC Press, pp. 4-18 (versione preprint disponibile : <http://www.research.att.com/~amo/doc/eworld.html>).

**OTA (Office of Technology Assessment)** 1984 *Nuclear Power in an Age of Uncertainty* - OTA-E-216, U.S. Congress, Washington, D. C.

**Otake, M.; Neriishi, K.; Schull, W.J.** 1996 “Cataract in atomic bomb survivors based on a threshold model and the occurrence of severe epilation” in *Radiat Res.* n. 146, n.3, p. 339-348.

**Paoletti, G.** 2004 “Durkheim and the Problem of Objectivity: a Reading of *Les Formes élémentaires de la vie religieuse*” in *Revue française sociologique*, n. 45 supplemento, pp.3-25.

**Paton, L.** 1909 “Cases of posterior cataract commencing subsequent to prolonged exposure to x-rays” in *Trans. Ophthamol. Soc. U. K.*, n. 29, pp. 37-38.

**Pels, D.** 1996 “Karl Mannheim and the Sociology of Scientific Knowledge: Toward a New Agenda” in *Sociological Theory*, vol.14, n.1, pp.30-48.

**Penrose, R.** 1997 *The Large, the Small and the Human Mind*, Cambridge University Press, Cambridge (trad.it. 1998 *Il grande, il piccolo e la mente umana*, Cortina, Milano).

**Perovic, S.** 2008 “Why Were Two Theories Deemed Logically Distinct, and Yet, Equivalent in Quantum Mechanics?” in (a cura di) Joas, C.; Lehner, C.; Renn J. *HQ-1: Conference on the History of Quantum Physics*, pp.211-228 Preprint 350 (<http://www.mpiwgberlin.mpg.de/Preprints/P350.PDF>)

**Perrow, C.** 1984 (1999) *Normal Accidents – Living with High-Risk Technologies*, Princeton University Press, Princeton.

**Petryna, A.** 2002 *Life Exposed. Biological Citizenship after Chernobyl*, Princeton University Press, Princeton.

- Pfaffenberger, B.** 1988 “Fetished objects and humanised nature: towards an anthropology of technology” in *MAN*, vol. 23, n.2, pp.236-252.
- Piaget, J.** 1964 *Six études de Psychologie*, Editions Gonthier (trad.it. 1967 *Lo sviluppo mentale del bambino e altri studi di psicologia*, Einaudi, Torino).
- Pickering, A.** 1980 “The Role of Interests in High-Energy Physics: the Choice between Charm and Colour” in *Sociology of the Sciences Yearbook*, vol. 4, pp.107-138.
- Pickering, A.** 1981 “The Hunting of the Quark” in *Isis*, vol.72, n.2, pp.216-236.
- Pickering, A.** 1984 *Constructing Quarks. A Sociological History of Particle Physics*, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Pickering, A.** (a cura di) 1992 *Science as Practice and Culture*, University of Chicago, Chicago (trad.it. parziale 2001 *La scienza come pratica e cultura*, Edizioni di Comunità, Torino).
- Pickering, A.** 1993 “The Mangle of Practice: Agency and Emrgency in the Sociology of Science” in *American Journal of Sociology*, vol.99, n.3, pp.559-589.
- Pickering, A.** 1995 *The Mangle of Practice*, University of Chicago Press, Chicago.
- Pickering, A.** 2006 “Commentary on the Shape of Experiments” in (a cura di) Rheinberger, H.J. *The Shape of Experiment*, conferenza a Berlino, 2 – 5 giugno 2005, *Max Planck Institute for the History of Science*, pp.233-235.  
(PREPRINT 318 <http://www.mpiwgberlin.mpg.de/Preprints/P318.PDF>)
- Pickering, W. S.** 2000a “Introduction” in Pickering, W.S. (a cura di) *Durkheim and Representations*, Routledge, New York, pp.2-8.
- Pickering, W. S.** 2000b “Representations as understood by Durkheim” in *Durkheim and Representations*, Routledge, New York, pp.11-23.
- Pierce, D. A.; Shimizu, Y.; Preston, D. L.; Vaeth, M.; Mabuchi, K.** 1996 “Studies of the mortality of the atom bomb survivors” Report 12, parte prima in *Cancer: 1950-1990. Radiat. Res.*, n.146, pp. 1-27.
- Pitkin, H.** 1967 *The Concept of Representation*, University of California Press, Berkeley.
- Polanyi, M.** 1958 *Personal Knowledge. Towards a post- critical philosophy*, Routledge & Kegan Paul, London.
- Pollycove, M.** 1998a “The Rise and Fall of the Linear No-Threshold (LNT) Theory of Radiation Carcinogenesis” intervento al *Congresso annuale del South African Radiation Protection Association*, Kruger national park, South Africa, 12-15 maggio.

**Pollycove M.** 1998b “Low dose ionizing radiation; human biology and non linearity” intervento al *Congresso annuale del South African Radiation Protection Association*, Kruger national park, South Africa, 12-15 maggio.

**Poe, E. A.** 1844 “Mesmeric revelation” in *Columbian Magazine*, n. 2, pp. 67-70 (trad.it. 1969 “Rilevazione mesmerica” in *Tutti i racconti*, Bietti, Milano, pp.370-378).

**Ponzo, E.; Tanucci, G.** (a cura di) 1992 *La guerra nucleare. Rappresentazioni sociali di un rischio*, Franco Angeli, Milano.

**Poortinga, W.; Steg, L.; Vlek, C.** 2002 “Environmental Risk Concern and Preferences for Energy-Saving Measures” in *Environment and Behavior*, vol.. 34, n. 4, pp. 455-478.

**Prendergast, C.** 2000 *The Triangle of Representation*, Columbia University Press, New York.

**Prosser, D.** 2003 “From here to there: a proposed mechanism for transforming journals from closed to open access” in *Learned Publishing*, n. 16, pp. 163–166.

**Rabinow, P.** 1992 “Artificiality and Enlightenment: From Sociobiology to Biosociality” in *Incorporations*, Zone Books, New York, pp.23-32.

**Radder, H.** 1983. "Kramer and the Forman Thesis" in *History of Science*, n. 21, pp. 165-182.

**Radder, H.** (a cura di) 2003 *The Philosophy of Scientific Experimentation*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh.

**Rasmussen, N.** 1997 "The Midcentury Biophysics Bubble: Hiroshima and the Biological Revolution in America, Revisited" in *History of Science* n. 35, pp. 245-293.

**Rayner Steve** 1984 *Radiation Hazards in Hospital: A Cultural Analysis of Occupational Risk Perception*, n. 60, pp. 10-12.

**Rawls, A. W.** 1996 “Durkheim’s Epistemology: The Neglected Argument” in *The American Journal of Sociology*, vol. 102, n.2, pp. 430-482.

**Rawls, A. W.** 2004 *Epistemology and Practice. Durkheim’s The Elementary Forms of Religious Life*, Cambridge University Press, Cambridge.

**Reichenbach, H.** 1951 *The Rise of Scientific Philosophy* (trad.it. 1961 *La nascita della filosofia scientifica*, Il Mulino, Bologna).

**Rentetzi, M.** 2007 *Trafficking Materials and Gendered Experimental Practices: Radium Research in Early Twentieth Century Vienna*, Columbia University Press [e-book <http://www.gutenberg-e.org>].

- Renouvier, C.** 1906 *Critique de la doctrine de Kant*, F. Alcan, Paris.
- Resnick, L.; Levine, J.; Yeasley, S.** (a cura di) 1991 *Perspectives on Socially Shared Cognition*, American Psychological Association, Washington D.C.
- Rheinberger, H. J.** 1997 *Toward a History of Epistemic Things*, Stanford University Press, Stanford.
- Rheinberger, H. J.** (a cura di) 2006 *The Shape of Experiment*, conferenza a Berlino, 2 – 5 giugno 2005, *Max Planck Institute for the History of Science*, PREPRINT 318. [<http://www.mpiwgberlin.mpg.de/Preprints/P318.PDF>]
- Robertson Smith** 1887 *Lectures on the Religion of the Semites, First Series: The Fundamental Institutions* (Edinburgh: Adam and Charles Black, 1889; new rev. ed., London: A. & C. Black, 1894; 3d rev. and enlarged ed. by Stanley A. Cook, London: A. & C. Black, 1927).
- Rogers, E.** 1983 *Diffusion of innovations*, The Free Press, New York.
- Rollins, W.** 1901 “X light kills” in *Boston medical Surgery Journal* febbraio 14, p.144-173.
- Rollins W.** 1903 Notes on x-light: the effect of x-light on the crystalline lens. *Boston Med Surg J.*;148:364-365.
- Rollins, W.** 1904 *Notes on X-Light*, University Press, Cambridge, MA.
- Rouse, J.** 1987 *Knowledge and Power*, Cornell University Press, Ithaca.
- Rouse, J.** 1992 “What are the Cultural Studies of Science” in *Configurations*, n.1, pp. 57-94.
- Rouse, J.** 1994 “Engaging Science through Cultural Studies” in *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, Vol. II: Symposia and Invited Papers, pp.396-401.
- Rouse, J.** 1996 *Engaging Science-How to Understand Its Practices Philosophically*, Cornell University Press, Ithaca.
- Rowe, R.** 2003 “Röntgen rays revealed” in *Drug Discovery Today*, vol. 8, n.2, pag. 60-61.
- Rowland, R. E.** 1994 *Radium in Humans: A Review of U.S. Studies*. Argonne National Laboratory: Environmental Research Division. [<http://www.ustur.wsu.edu/Radium/files/RaInHumans.pdf>].
- Russo, L.** 1996 (2001, ed. aggiornata ed ampliata) *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Feltrinelli, Milano.
- Ryle, G.** 1949 *The concept of mind*, Hutchinson, London (trad.it. 2007 *Il concetto di*

mente, Laterza, Roma).

**Salarelli, A.; Tammaro, A. M.** 2000 *La biblioteca digitale*, Ed. Bibliografica, Milano.

**Sasaki, M.** 2005 *Flux Structure*, Toto, Tokyo.

**Sasaki, M.** (a cura di) 2008 *From Control to Design. Parametric / Algorithmic Architecture*, Actar D., New York-Barcelona.

**Sassen, S.** 2007 *A Sociology of Globalization*, W.W. Norton & Company, (trad.it. 2008 *Una sociologia della globalizzazione*, Einaudi, Torino).

**Sawyer, R. K.** 1999 “The Emergence of Creativity” in *Philosophical Psychology*, n.12, pp. 445-470.

**Sawyer, R. K.** 2001 “Emergence in Sociology: Contemporary Philosophy of Mind and Some Implications for Sociological Theory” in *American Journal of Sociology*, vol. 107, n. 3, pp. 551-585.

**Sawyer, R. K.** 2002 “Durkheim's Dilemma: Toward a Sociology of Emergence” in *Sociological Theory*, vol. 20, n. 2, pp. 227-247.

**Scheler, M.** 1926 *Probleme einer Soziologie des Wissens*, Francke Verlag, Bern (trad.it. 1966 *Sociologia del sapere*, Edizioni Abete, Roma).

**Scheler, M.** 1927 *Formalismus in der Ethik und die materiale Wertehik. Neuer Versuch der Grundlegung eines ethisches Personalismus*, Verlag Hans Niemeyer, Halle (trad. it. 1996 *Il formalismo nell'etica e l'etica materiale dei valori*, Edizioni San Paolo, Cinisello Balsamo).

**Schmaus, W.** 1994 *Durkheim's Philosophy of Science and the Sociology of Knowledge*, The University of Chicago Press, Chicago.

**Schmaus, W.** 2000 “Meaning and representation in the social sciences” in (a cura di) Pickering, W.S. *Durkheim and Representations*, Routledge, Abingdon, pp.139-156.

**Schroedinger, E.** 1970 *Scienza e umanesimo. Che cos'è la vita?*, Sansoni, Firenze.

**Schweber, S. S.** 1993 “Physics, Community and the Crisis in Physical Theory” in *Physics Today*, nov., pp. 34-40.

**Scott, A.** 1996 “On quantum theories of the mind” in *Journal of Consciousness Studies*, vol. 3, nn.5-6, pp. 484-491.

**Scott, A.** 2003, *Nonlinear Science: Emergence and Dynamics of Coherent Structures*, Oxford University Press, Oxford.

**Searle, J.** 1995 *The Construction of Social Reality*, The Free Press, New York (trad.it. 1996, *La costruzione della realtà sociale*, Einaudi, Torino).



- Serres, M.** 1990 *Le contrat naturel*, Flammarion, Paris (trad.it. 1991 *Il contratto naturale*, Feltrinelli, Milano).
- Serwer, D.** 1976 *The Rise of Radiation Protection: Science, Medicine and Technology in Society, 1896-1935*, Tesi di dottorato, Princeton University.
- Shamos, M. H.** 1995 *The Myth of Scientific Literature*, Rutgers University Press, New Brunswick.
- Shapin, S.** 1989 "The Invisible Technician" in *American Scientist*, vol. 77, n. 6, p.554-563.
- Shapin, S.; Schaffer, S.** 1985 *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the experimental life*, Princeton University Press, Princeton (trad.it. 1994 *Il Leviatano e la pompa ad aria: Hobbes Boyle e la cultura dell'esperimento*, La Nuova Italia, Firenze).
- Shera, J.** 1970 *Sociological Foundations of Librarianship*, Asia Publishing House, New York.
- Simon, H.** 1966 "Scientific Discovery and the Psychology of Problem Solving" in (a cura di) Colodny, R. *Mind and Cosmos*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh.
- Simon, H.** 1973 "Does Scientific Discovery has a Logic" in *Philosophy of Science*, n.49, pp.471-80.
- Simpson, M.** 1956 "A Long Hard Look at Civil Defense" in *Bulletin of the Atomic Scientists*, 12 novembre.
- Sismondo, S.** 1996 *Science without Myth: On Constructions, Reality and Social Knowledge*, SUNY Press, Albany, NY.
- Sjöberg, L.** 1998 "Risk perception: Experts and the public" in *European Psychologist*, vol. 3, n.1, pp. 1-12.
- Sjöberg, L.** 2000 "Factors in Risk Perception" in *Risk Analysis*, vol. 20, n.1, p.1-12.
- Slovic, P.** 1996 "Perception of Risk from Radiation" in *Radiation Protection Dosimetry*, n. 68, pp.165-180.
- Slezak, P.** 1989 "Scientific Discovery by Computer as Empirical Refutation of the Strong Programme" in *Social Studies of Science*, vol. 19, n. 4, pp. 563-600.
- Smith, B.; Varzi, A.** 1999 "The Niche" in *Noûs*, vol. 33, n. 2, pp. 214-238.
- Sokal, A.** 1996a "Transgressing the Boundaries: Towards a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity" in *Social Text*, n.14, pp. 217-252.
- Sokal, A.** 1996b "A Physicist Experiments with Cultural Studies" in *Lingua Franca*,

n. 6, pp. 62-64.

**Sperber, D.** 1985 “Anthropology and Psychology: Towards an Epidemiology of Representations” in *Man*, vol.20, n.1, pp.73-89.

**Srivastava, Y.; Widom, A.** 1987 “Quantum electrodynamic processes in electrical engineering circuits” in *Physics Reports*, vol.148, n.1, pp. 1–65.

**Stannard, J. N.** 1988 *Radioactivity and Health: A History*, DOE/RL/01830-T59. Battelle Memorial Institute.

**Stapp, H.** 1996 “The hard Problem: a quantum approach” in *Journal of Consciousness Studies*, vol. 3, n.3, pp. 194–210.

**Star, S; Griesemer, J.** 1989 “Institutional ecology, "translations" and boundary objects: amateurs and professionals in Berkeley's museum of vertebrate zoology” in *Social Studies of Science*, n. 19, pp. 387-420.

**Stedman Jones, S.** 2000a “Representation, reality and the question of science” in (a cura di) Pickering, W.S. *Durkheim and Representations*, Routledge, New York, pp. 37-58.

**Stedman Jones, S.** 2000b “Representation and logic” in (a cura di) Pickering, W.S. *Durkheim and Representations*, Routledge, New York, pp. 59-79.

**Stoeltzner, M.** 2008 “The Causality Debates of the Interwar Years and their Preconditions: Revisiting the Forman Thesis from a Broader Perspective” in (a cura di) Joas, C.; Lehner, C.; Renn, J. *HQ-1: Conference on the History of Quantum Physics* pp.113-126. PREPRINT 350  
<http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/Preprints/P350.PDF>

**Stoffle, R. W.; Traugott, M. W.; Stone, J. V.; McIntyre, P. D.; Jensen, F. V.; Davidson C. C.** 1991 “Risk Perception Mapping: Using Ethnography to Define the Locally Affected Population for a Low-Level Radioactive Waste Storage Facility in Michigan” in *American Anthropologist*, vol. 93, n. 3, pp. 611-635.

**Stone, G.; Faberman, H.** 1970 *Social Psychology Through Symbolic Interaction*, John Wiley & Sons, New York.

**Strauss, A.** 1978. “A Social World Perspective” in *Studies in Symbolic Interaction*, n.1, 119-128.

**Stump, D.** 1992 “Naturalized Philosophy of Science with a Plurality of Methods Author(s)” in *Philosophy of Science*, vol. 59, n. 3, pp. 456-460.

**Stump, J.** 1996 “From Epistemology and Metaphysics to Concrete Connections” in (a cura di) Galison, P.; Stump, D. *The Disunity of Science*, Stanford University Press, Stanford.

**Suchman, L.** 1987 *Plans and situated actions : the problem of human-machine*

*communication*, Cambridge University Press, New York.

**Thagard, P.** 1989 “Welcome to the Cognitive Revolution” in *Social Studies of Science*, vol. 19, n. 4., pp. 653-657.

**Thomas, A.** 2007 “The first 50 years of military radiology 1895–1945” in *European Journal of Radiology*, vol. 63, n. 2, pp. 214-219.

**Thomson, E.** 1898 “Roentgen ray burns” in *Am X-ray Journal*, n.3, pp.451-453.

**Thorndike, A.** 1967 “Summary and future outlook” in (a cura di) Shutt, R. *Bubble and Spark Chambers: Principles and Use*, Academic Press, New York.

**Thurston, W.** 1997 *The Geometry and Topology of Three-Manifolds*, Princeton University Press, Princeton.

**Till, J.** 2001 “Predecessors of preprint servers” in *Learned Publishing*, n. 14, n.1, pp. 7-13.

**Timmermans, S.** 1999 “Closed-Chest Cardiac Massage: The Emergence of a Discovery Trajectory” in *Science, Technology, & Human Values*, Vol. 24, n. 2, pp. 213-240.

**Toffler, A.** 1980 *The Third Wave*, Morrow, New York (trad.it. 1987 *La terza ondata*, Sperling & Kupfer, Milano).

**Tooby, J.; Cosmides, L.** 1992 “The Psychological Foundations of Culture” in (a cura di) Barkow, J.; Cosmides, L.; Tooby, J. *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*; Oxford University Press, Oxford, pp.19-136.

**Traweek, S.** 1992 “Border Crossing: Narrative Strategies in Science Studies and among Physicists in Tsukuba Science City, Japan” in (a cura di) Pickering, A. 1992 *Science as Practice and Culture*, University of Chicago Press, Chicago, pp.429-465 (trad.it. 2001 “Attraversare i confini: le strategie narrative negli studi sulla scienza e tra i fisici nella Città della Scienza di Tsukuba, Giappone” in *La scienza come pratica e cultura*, Edizioni di Comunità, Torino, pp. 329-371).

**Tsutsui, W.** 2006 “Introduction” in (a cura di) Tsutsui, W.; Ito, M. *In Godzilla's Footsteps. Japanese Pop Culture Icons on the Global Stage*, Palgrave Macmillan, New York, pp.1-8.

**Turnbull, D.** 1993 “The Ad Hoc Collective Work of Building Gothic Cathedrals with Templates, String, and Geometry” in *Science, Technology, & Human Values*, vol. 18, n. 3, pp. 315-340.

**Turner, J.; Michael, M.** 1996 “What do we know about don't knows? Or, contexts of ‘Ignorance’” in *Social Science Information*, n.35, vol.1, pp.15-37.

**Ulman, Y.; Livadas, G.; Yildirim, N.** 2005 “The pioneering steps of radiology in Turkey (1896–1923)” in *European Journal of Radiology*, vol. 55, n.3, pp. 306 - 310.

US DOE (Department of Energy), OSTI Office of Scientific and Technical Information "PrePRINT network" (<http://www.osti.gov/eprints/>)

**Vaihinger, H.** 1911 *Die Philosophie des Als Ob*, Reuther & Reichardt, Berlin.

**van Vugt, F.** 2004 *De hardheid van de nucleaire optie in Nederland. Een onderzoek naar de doorgang van een verguisde technologie*, ECN-I--04-001, Energy Research Center of the Netherlands [<ftp://ftp.ecn.nl/pub/www/library/report/2004/i04001.pdf>]

**Varzi, A.** 1997 "Boundaries, Continuity, and Contact" in *Nouûs*, vol. 31, n. 1, pp. 26-58.

**Venter, C.** et al. 2001 "The Sequence of the Human Genome" in *Science*, n.291, pp.1304-51.

**Yalow, R. S.** 1990 "Concerns with low level ionizing radiation: rational or phobic?" in *Journal of Nuclear Medicine*, vol.31, pp.17-18.

**Yokota, L.** 1999 "Simulation" in (a cura di) Ito, T. *Blurring Architecture*, Charta, Milano.

**Wartenberg, T.** 1990 *The Forms of Power: From Domination to Transformation*, Temple University Press, Philadelphia.

**Webster, A.** 1991 *Science, Technology and Society: New Directions*, Macmillan.

**Wetmore, J.** 2004 "Redefining Risks and Responsibilities: Building Networks to Increase Automobile Safety" in *Science, Technology & Human Values*, vol.29, n.3, pp.377-405.

**Whittemore, G.** 1986 *The National Committee on Radiation Protection, 1928-1960: From Professional Guidelines to Government Regulation*, tesi di dottorato, Harvard University.

**Winsberg, E.** 2001 "Simulations, Models, and Theories: Complex Physical Systems and Their Representations" in *Philosophy of Science*, Vol. 68, No. 3, Supplement: *Proceedings of the 2000 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. Part I: Contributed Papers, pp. S442-S454.

**Wohlstetter, A.** 1958 "The Delicate Balance of Terror" *P-1472*, 6 novembre, RAND Corporation, Santa Monica (CA). [<http://www.rand.org/about/history/wohlstetter/P1472/P1472.html>]

**Woit, P.** 2006 *Not Even Wrong. The Failure of String Theory and the Continuing Challenge to Unify the Laws of Physics*, Jonathan Cape, England (trad.it. 2007 *Neanche sbagliata. Il fallimento della teoria delle stringhe e la corsa all'unificazione delle leggi della fisica*, Codice, Torino).

**Woods, A., C.** 1959 Cyclotron cataracts. *Am J Ophthalmol.*, vol. 44, n.5, parte

seconda, pp. 20-28.

**Woolgar, S.** 1988a "Reflexivity is the Ethnographer of the Text" in (a cura di Woolgar, S.) *Knowledge and Reflexivity – New Frontiers in the Sociology of Knowledge*, Sage, London, pp. 14-34.

**Woolgar, S.** 1988b *Science: The Very Idea*, Tavistock, London.

**Wynne, B.** 1995 "The public understanding of science" in (a cura di Jasanoff, S; Markle, G.; Petersen, J.; Pinch, P. *Handbook of Science and Technology Studies*, Sage, Thousands Oaks (CA), pp. 361-388.

**Wynne, B.** 1996 "May the sheep safely graze? A reflexive view of the expert-lay divide" in (a cura di Lash, S.; Szerszynski, B; Wynne, B. *Risk, Environment and Modernity*, SAGE, London, pp. 44-83.

**Wynne, B.** 1991 "Knowledges in context" in *Science, Technology and Human Values*, n.16, pp. 111-121.

**Wynne, B.** 1992 "Misunderstood misunderstanding: social identities and public uptake of science" in *Public Understanding of Science*, n. 1, pp. 281-304.

**Ziman, J. M.** 1968 *Public Knowledge: An Essay Concerning the Social Dimension of Science* Cambridge University Press, Cambridge.

**Zimmerman, C.; Bisanz, G.; Bisanz, J.; Klein, J.; Klein, P.** 2001 "Science at the supermarket: A comparison of what appears in the popular press, experts' advice to readers, and what students want to know" in *Public Understanding of Science*, n. 10, pp. 37-58.

**Zotev, V.; Volegov, P.; Matlashov, A.; Espy, M.; Mosher, J.; Kraus R.** 2008 "Parallel MRI at microtesla fields" in *Journal of Magnetic Resonance*, vol. 192, n. 2, pp. 197-208.



## Indice

<b>Introduzione – La bottiglia di Klein</b>	5
<b>Capitolo Primo – Conoscenza e materia</b>	
1.1 La materia come pratica discorsiva	13
1.2 Vedere come atomi	28
1.3 Classificare la materia, classificare la conoscenza	38
1.4 La smaterializzazione della conoscenza: <i>Science wars</i> e archivi digitali	46
1.5 Produzione di conoscenza e stati della materia	66
1.6 Dalla rappresentazione alla diffrazione	73
<b>Capitolo Secondo – Materia e società</b>	
2.1 La produzione sociale delle radiazioni	81
2.2 I raggi X come pratica medica	87
2.3 L'effetto Hiroshima	91
2.4 Gruppi sociali e contaminazione radioattiva: le “ <i>Radium Girls</i> ”	94
2.5 Trafficare la materia	99
2.6. La soglia di rischio radioattivo come negoziazione collettiva	103
2.7 Prima e dopo Chernobyl	105
2.8 Il controllo sociale del materiale radioattivo	108
2.9 Sigilli di verifica nucleare utilizzati dagli ispettori IAEA	122
2.10 Il Laboratorio mondo	127
<b>Capitolo Terzo – Società e conoscenza</b>	
3.1 La comunicazione di idee	135
3.2 Il concetto di rappresentazione negli studi sociali sulla scienza	149
3.3 Gli studi cognitivi sulla pratica scientifica	159

3.4 Il nucleare come problema collettivo di conoscenza	163
3.5 Mappare la percezione del rischio	170
3.6 Il rischio nucleare come pratica collettiva	174
3.7 Pecore, esperti e radiazioni	180
3.8 La teoria degli assemblaggi etno-epistemici	185
<b>Conclusioni – Gli anelli di Borromeo</b>	189
<b>Bibliografia</b>	201