

MIGRAZIONI E CONTAMINAZIONI TRA LE SCIENZE

METODI E LINGUAGGI INTERDISCIPLINARI

a cura di
Sara Laureti
Cristina Marras
Davide Peddis

Plurilinguismo e Migrazioni

La collana promuove e divulga studi e progetti di ricerca sui fenomeni di plurilinguismo connessi alle migrazioni (anche di tipo culturale), senza preclusioni temporali e storico-geografiche e tenendo presenti più prospettive disciplinari.

Strutturata in volumi a carattere tematico in formato digitale e *open access*, la collana intende inoltre sviluppare intersezioni tra differenti ambiti di ricerca nazionali e internazionali, con l'obiettivo di estendere conoscenze scientifiche ed elementi di innovazione nelle metodologie di indagine.

The series promotes and disseminates studies and research projects from different disciplinary perspectives and without temporal and historical-geographical restrictions. The subject of these studies is the phenomena of plurilingualism connected to migration in the broad sense, including cultural aspects.

Organized in thematic volumes and available in open access, the series also intends to develop intersections between different areas of research, with the aim of extending scientific knowledge and elements of innovation in the methodologies of investigation.

Migrazioni e contaminazioni tra le scienze. Metodi e linguaggi interdisciplinari

Il quarto volume della collana *Plurilinguismo e Migrazioni* presenta alcuni esempi di dialogo e contaminazione tra scienze umane e "scienze dure" (ora dette anche STEM). L'obiettivo principale è di verificare se, attraverso un uso attento del linguaggio e un confronto con i nuovi media e altre forme di rappresentazione e comunicazione della scienza, sia possibile costruire modelli (concettuali) di lavoro trans e inter-disciplinari. L'intento è di aprire un confronto e attivare contesti sempre più capaci di convergere verso un approccio che può essere definito come un "nuovo umanesimo scientifico". Per questo motivo il volume raccoglie contributi di ricercatrici e ricercatori provenienti da ambiti e tradizioni scientifico-culturali diverse, e tematiche e metodologie a forte carattere esplorativo e applicativo.

The fourth volume in the series Plurilinguismo e Migrazioni presents some examples of dialogue and contamination between the humanities and the "hard sciences" (now also called STEM). The main aim is to test whether it is possible, through a careful use of language and a confrontation with new media and other forms of representation and communication of science, to build (conceptual) models of trans- and inter-disciplinary work. The intention is to open a confrontation and to activate contexts that are increasingly capable of converging towards an approach that can be defined as a "new scientific humanism". For this reason, the volume brings together contributions by researchers from different scientific-cultural fields and traditions, as well as themes and methodologies with a strong exploratory and applied character.

Plurilinguismo e Migrazioni

**Migrazioni e contaminazioni tra le scienze.
Metodi e linguaggi interdisciplinari**

a cura di
Sara Laureti, Cristina Marras e Davide Peddis

IV, 2023

PLURILINGUISMO e MIGRAZIONI

collana del
Consiglio Nazionale delle Ricerche

diretta da
Maria Eugenia Cadeddu e Cristina Marras

contatti
plurimi@cnr.it

comitato scientifico
Corrado Bonifazi, Monia Giovannetti,
Sabine Kösters Gensini, Flocel Sabaté Curull

comitato editoriale
Marco Arizza, Maria Eugenia Cadeddu,
Sara Di Marcello, Cristina Marras

segreteria di redazione
Tiziana Ciciotti

progetto grafico e impaginazione
Marco Arizza, Silvestro Caligiuri

logo e copertina
Silvestro Caligiuri

comunicazione
Tiziana Ciciotti, Sara Di Marcello

© CNR Edizioni 2023
P.le Aldo Moro, 7
00185 Roma
www.edizioni.cnr.it
bookshop@cnr.it

ISBN 978 88 8080 626 4
ISSN 2724-1033
DOI <https://doi.org/10.36173/PLURIMI-2023-4>



Una valutazione tra pari approva i contenuti dei volumi della collana

INDICE

SARA LAURETI, CRISTINA MARRAS, DAVIDE PEDDIS <i>Prefazione</i>	7
I. Metodi	
SARA LAURETI, CRISTINA MARRAS, DAVIDE PEDDIS <i>Dialogo tra le scienze. Linguaggi, metodi e modelli per un "nuovo umanesimo scientifico"</i>	13
PAOLA ATZENI, DARIO COLETTI <i>Contrappunti. Parole, immagini e ricerca nel dialogo tra un'antropologa e un fotografo</i>	27
SELENIA MARINELLI <i>Intrecciare mondi: l'architettura bio-informata come pratica indisciplinata per costruire habitat multispecie</i>	49
RITA BENCIVENGA, SARA LAURETI, CINZIA LEONE, SAWSSEN SLIMANI <i>Metodi di inclusione nella ricerca</i>	65
II. Linguaggi	
GIANFRANCO PACCHIONI <i>Scienza e letteratura. Linguaggi a confronto: le Straordinarie lezioni di Primo Levi</i>	85
EVA PIETRONI, NOEMI ORAZI, BRUNO FANINI <i>Codex4D viaggio interdisciplinare nel manoscritto antico</i>	103
PAOLA CIANDRINI, ELEONORA LATTANZI, ROBERTA MAGGI, MICHELA TARDELLA <i>Archivi e contaminazioni disciplinari: dai linguaggi ai modelli, dai metodi alle tecniche</i>	121
VITTORIO TULLI <i>Alfabeto fotografico</i>	137
III. Schede	
BIANCA BOTTINO <i>Progetto DEMETRA</i>	154

MARIA CRISTINA MARRAS <i>Storie sonore. Podcast per narrare la ricerca scientifica</i>	155
ROBERTO NATALINI, ANDREA PLAZZI <i>Comics & Science: i fumetti nella comunicazione della scienza</i>	156
Autrici, Autori e Abstract	157

SARA LAURETI, CRISTINA MARRAS, DAVIDE PEDDIS

PREFAZIONE

Nelle scienze il metodo di indagine e il linguaggio rappresentano certamente gli elementi caratterizzanti di una disciplina e costituiscono l'ossatura portante dello sviluppo della conoscenza e della formazione di tutti coloro che ne sono coinvolti. Questo quarto volume della collana *Plurilinguismo e Migrazioni*, dal titolo *Migrazioni e contaminazioni tra le scienze. Metodi e linguaggi interdisciplinari*, presenta alcuni esempi di dialogo e contaminazione tra scienze umane e "scienze dure" (ora dette anche STEM¹), tra quelle che nel libro di Charles Percy Snow² sono state definite le "due culture".

L'obiettivo principale di questo volume è di verificare se, attraverso un uso attento del linguaggio e un confronto con i nuovi media e altre forme di rappresentazione e comunicazione della scienza, sia possibile costruire modelli (concettuali) di lavoro *trans* e *inter*-disciplinari. Il focus non è sull'interdisciplinarietà come uno *status* o statuto fisso da raggiungere, quanto sul processo che favorisce, consente e potenzia il dialogo tra le discipline. Gli stessi curatori provengono dalle "due culture", filosofia da un lato, e chimica-fisica dall'altro, e condividono non solo l'obiettivo di sviluppare un modello di lavoro congiunto, ma anche l'intento di aprire un confronto e attivare contesti sempre più capaci di convergere verso un approccio che può essere definito come un "nuovo umanesimo scientifico".³ Per questo motivo nella progettazione del volume sono state sollecitate sia scritture e riflessioni a più mani, di ricercatori e ricercatrici provenienti da ambiti e tradizioni scientifico-culturali diverse, sia tematiche e metodologie a forte carattere esplorativo e applicativo.

Il volume è organizzato in due sezioni, Metodi e Linguaggi, ciascuna con quattro contributi volti a presentare alcuni esempi di confronto e di superamento delle barriere disciplinari e di collaborazioni istituzionali. Le discipline coinvolte sono molteplici: filosofia, chimica-fisica e arte come nel contributo di Sara

¹ STEM Science, Technology, Engineering, Mathematics.

² CHARLES PERCY, SNOW, *The Two Cultures*, Oxford University Press, Oxford, 1959. Si vedano anche PRIMO LEVI e TULLIO REGGE, *Dialogo*, Einaudi, Torino, 1987, CARLO BERNARDINI e TULLIO DE MAURO, *Contare e raccontare*, Editori Laterza, Bari, 2003.

³ L'espressione trae ispirazione dal libro di GIULIA BORINGHERI, *Per un umanesimo scientifico*, Einaudi, Torino, 2010.

Laureti, Cristina Marras e Davide Peddis, antropologia e fotografia nel dialogo tra Paola Atzeni e Dario Coletti, architettura e biotecnologie nelle sperimentazioni presentate nel lavoro di Selenia Marinelli, chimica e letteratura oggetto della riflessione di Gianfranco Pacchioni, archeologia e ingegneria nell'indagine di Eva Pietroni, Bruno Fanini, Noemi Orazi, linguistica, archivistica e scienze computazionali che concorrono allo sviluppo del progetto descritto da Paola Ciandrini, Eleonora Lattanzi, Roberta Maggi, Michela Tardella. Tutti i contributi sono esempi di migrazioni e contaminazioni di metodi e linguaggi e tutti sono sostenuti da un'accurata bibliografia che rappresenta la vivacità e l'importanza del tema nell'attuale dibattito scientifico.

A completamento della corralità della discussione, c'è il contributo sui linguaggi e i metodi di inclusione nella scienza di Rita Bencivenga, Sara Laureti, Cinzia Leone, Sawssen Slimani. L'attenzione è per gli aspetti legati all'equità di genere nel contesto delle discipline STEM nello scenario della normativa europea: nella ricerca scientifica, qualsiasi contaminazione, perché sia foriera di innovazione, creatività e condivisione, deve necessariamente adottare prospettive di equità e inclusione.

Parte integrante di questa esplorazione di diversi linguaggi è la fotografia. Come nel vol. II della collana *Migrazioni di virus. Numeri e linguaggi*⁴ così in questo *Migrazioni e contaminazioni tra le scienze*, alla fotografia è riservato uno spazio di rilievo. La fotografia è certamente un aspetto fondamentale della ricerca scientifica,⁵ è strumento e ausilio, ma è anche una forma di argomentazione integrata alla parte testuale, senza dimenticare che il linguaggio fotografico è esso stesso oggetto di riflessione e di ricerca.⁶ In tutti i diversi casi la fotografia arriva a rappresentare il nostro sguardo sul mondo e il nostro modo di raccoglierne l'osservabile e l'inosservabile con i sensi, là dove avvertiamo non solo l'intraducibilità delle parole, ma anche proprio là dove vogliamo tradurre le parole in altri linguaggi. Tutti questi temi ed elementi convergono nel contributo di Vittorio Tulli, e nell'alfabeto di concetti che è nato a partire dalle sue foto scattate a Ny-Ålesund.

Il volume è poi completato da 3 schede con la descrizione di progetti interdisciplinari sia applicativi che teorici che hanno messo la fotografia (scheda di Chiara Bottino), il fumetto (scheda di Roberto Natalini e Andrea Plazzi) e i podcast (scheda di Maria Cristina Marras), al centro della ricerca scientifica nella e per la comunicazione della scienza.

Anche *Migrazioni e contaminazioni tra le scienze*, quarto volume di "Plurilinguismo e Migrazioni", in linea con i caratteri editoriali e gli obiettivi della

⁴ Cfr. CORRADO BONIFAZI, MARIA EUGENIA CAEDDU, CRISTINA MARRAS, *Migrazioni di virus. Numeri e linguaggi*, CNR Edizioni, Roma, 2020, <https://www.cnr.it/it/news/allegato/2130>

⁵ EDOARDO BONCINELLI, *Vedere il mondo. Cinque lezioni su scienza e fotografia*, Contrasto, Roma, 2019.

⁶ Si veda VITTORIO TULLI, *Ny-Ålesund Colors*, Cnr Edizioni, Roma, 2016.

collana, si apre, accoglie e "pratica" prospettive disciplinari diverse, anche inusuali, le fa dialogare e contaminare, collega e confronta metodologie, e cerca di offrire possibilità di lettura e di comunicazione e informazione scientifica sia a un pubblico di esperti sia a un pubblico di non specialisti per favorire nuove cittadinanze scientifiche.⁷

⁷ Intervento di Pietro Greco, in *Minerva Web*, n. 44 (Nuova Serie), aprile 2018, Speciale: Scienza e umanesimo. I seminari della Biblioteca, https://www.senato.it/4800?newsletter_item=1933&newsletter_numero=186

U

O E MIGRAZIONI

M

II. Linguaggi

GIANFRANCO PACCHIONI

SCIENZA E LETTERATURA. LINGUAGGI A CONFRONTO: LE STRAORDINARIE LEZIONI DI PRIMO LEVI

1. Introduzione

Quando nel 1632 Galileo Galilei decise di affidare alle stampe le sue rivoluzionarie concezioni cosmologiche in cui confutava il sistema tolemaico-aristotelico a favore di un sistema copernicano, lo fece attraverso un libro strutturato come un dialogo fra tre personaggi: Simplicio, Giovanni Sagredo e Filippo Salviati. Nel libro Salviati e Simplicio rappresentano i due scienziati, mentre il nobile veneziano Sagredo interviene nelle discussioni chiedendo spiegazioni, ponendo le domande che oggi diremmo fa l'uomo della strada. Come ben sappiamo, il libro ebbe da subito un enorme successo, ma la Chiesa, che dapprima ne aveva concesso l'*imprimatur*, lo inserì nell'Indice dei libri proibiti nel 1633 dando poi luogo a uno dei processi più famosi della storia. Il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* rappresenta un passo fondamentale di quella che diverrà poi la rivoluzione scientifica, e concilia concetti importanti e rivoluzionari con semplicità divulgativa essendo al tempo stesso un'opera filosofica e un trattato scientifico-astronomico. La scienza, all'epoca, non aveva ancora sviluppato un linguaggio proprio e parlava alla gente (comunque colta e in grado di leggere) in modo piano e comprensibile.

Già pochi anni dopo, e siamo nel 1665, facevano la comparsa le prime riviste scientifiche, il *Journal des Sçavans* in Francia, e i *Philosophical Transactions* della Royal Society in Inghilterra. Nascevano per favorire lo scambio di informazioni tra coloro che si diletavano di ricerca scientifica, evitando la duplicazione di risultati e ponendo le basi per una chiara attribuzione della priorità di una scoperta. Con la nascita di riviste specializzate iniziava a cambiare radicalmente il processo della comunicazione accademica, sino a quel momento legata a corrispondenza personale, presentazioni presso società scientifiche, o pubblicazione di libri, spesso in forma letteraria.

Ancora due secoli dopo, e siamo a metà Ottocento, per la precisione nel 1859, Charles Darwin, dopo aver raccolto per 30 anni le prove fondanti della sua incredibile teoria evolutivista, decise di narrarla non come un saggio specialistico, ma come un racconto, dando vita così a quel romanzo della natura che è *L'origine delle specie*, un libro che ciascuno di noi ancora oggi può leggere e comprendere nelle sue linee fondamentali.

Più o meno negli stessi anni, il grandissimo scienziato scozzese James Clerk Maxwell elaborava la teoria moderna dell'elettromagnetismo unificando, mediante le famose equazioni che presero il suo nome, precedenti osservazioni ed esperimenti. Maxwell dimostrò che il campo elettrico e magnetico si propagano attraverso lo spazio sotto forma di onde alla velocità della luce nel vuoto. Il suo lavoro, *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*, pubblicato nel 1865, è ricco di equazioni ed è considerato uno dei più grandi risultati della fisica del XIX secolo e forse di tutti i tempi. Siamo negli stessi anni della pubblicazione dell'*Origine della specie*, ma le equazioni di Maxwell e il corrispondente trattato sono scritti in un linguaggio specializzato, per addetti ai lavori, incomprensibile ai più. La scienza già a metà Ottocento comincia a sviluppare modi propri per comunicare i risultati della ricerca, e da allora lo farà creando sempre più conoscenza talmente specialistica che occorrono anni di lavoro e studio per comprenderne il linguaggio. È come leggere un testo scritto in ebraico o in arabo: sono incomprensibili a chi non conosce questi idiomi, ma con applicazione e studio possono diventare perfettamente intelleggibili.

La scienza contemporanea si è sempre più specializzata in numerosissime branche al punto tale che anche chi lavora in un determinato settore fatica a seguire gli acronimi, i neologismi, e in generale le espressioni usate anche in campi affini per riportare risultati scientifici di rilievo. Tutto questo rende più complesso il dialogo tra discipline differenti e ha contribuito ad acuire il divaricarsi tra le cosiddette "due culture", per il semplice motivo che il linguaggio scientifico, super-specializzato, è divenuto accessibile solo a pochi addetti. Ciò ha prodotto anche un progressivo scollamento della ricerca scientifica e delle sue ricadute dalla percezione della gente comune, che non potendo accedere direttamente ai progressi della scienza, se ne sente esclusa sviluppando spesso sentimenti di timore quando non di vera e propria repulsione. D'altra parte, proprio dal progresso scientifico e dall'incrocio tra approcci culturali diversi provengono i cambiamenti sociali, economici, comportamentali più profondi. Per questo è diventato sempre più importante il ruolo della divulgazione scientifica che ha proprio lo scopo di "tradurre" in linguaggio comprensibile a tutti concetti, espressioni, teorie matematiche che altrimenti resterebbero chiuse all'interno delle comunità che le hanno generate. Ma la divulgazione scientifica non è cosa per tutti: occorre saper coniugare capacità di narrare con rigore scientifico e abilità letterarie con conoscenze tecniche, cose che non è facile condensare in una sola persona.

Ci sono innumerevoli casi di ottimi divulgatori, così come ci sono tantissimi esempi di superbi romanzieri e narratori. Ma è molto meno facile trovare esempi di persone capaci di fare alta letteratura e al tempo stesso trasmettere concetti scientifici avanzati. Tra questi va sicuramente annoverato Primo Levi.

Non è certo questo l'aspetto più noto del grande scrittore torinese divenuto celebre per *Se questo è un uomo* (1947) e *La tregua* (1963) in cui viene narrata la sua tragica esperienza di deportato nei lager nazisti. Tra gli scritti di Primo Levi, ci sono anche racconti fantastici raccolti in *Storie Naturali* e *Vizio di forma*. Non si tratta di opere molto note al grande pubblico, furono scritti da Levi in un arco di tempo anche molto esteso, poi raccolti nei due volumi sopra citati pubblicati rispettivamente nel 1966 e nel 1971. Tra l'altro, la prima edizione di *Storie naturali*, che consiste di 15 racconti, non fu firmata da Levi con il suo nome ma con lo pseudonimo di Damiano Malabalia dato che Levi non voleva che la sua immagine di narratore dell'olocausto e testimone di terribili eventi vissuti in prima persona si mescolasse a quella di autore leggero, fantasioso, a volte irriverente e scherzoso.

Molti dei racconti presenti nelle due raccolte hanno come filo conduttore l'impronta dell'uomo sul mondo moderno, il ruolo della tecnologia e dell'industrializzazione, le conseguenze della crescita demografica e dello sfruttamento del pianeta. Ma tutto questo non segue un percorso accademico e dogmatico, quanto piuttosto è analizzato con uno sguardo tra l'ironico e il preoccupato per le conseguenze che lo sviluppo di un mondo sempre più tecnologico potrebbe avere sull'umanità.

Ho letto i racconti di Levi quando ero studente universitario, e ne fui subito affascinato. Ma la vera sorpresa è avvenuta col passare del tempo quando, di tanto in tanto, mi rendevo conto che le sue narrazioni divertenti e graffianti nascondevano in realtà una capacità di vedere nel futuro assolutamente straordinaria. Nel corso degli anni ho dovuto prendere atto di come alcune cose argutamente descritte nei suoi testi, e al momento della pubblicazione classificabili come pura e semplice fantasia, si stavano in realtà realizzando concretamente una dopo l'altra. E così, ho cominciato a rileggere i "vecchi" racconti di Levi con occhio diverso, trovando in alcuni dei passaggi e delle descrizioni una capacità mirabile e direi quasi unica di intravedere, accanto ai portentosi progressi portati dalle tecnologie, anche alcune delle inquietudini e degli interrogativi su cui ora cominciamo a dibattere e a interrogarci.

A quel punto ho deciso di dare forma e dimensioni più solide alle mie percezioni e sensazioni e ho deciso di scrivere un libro in cui, senza pretese, richiamare semplicemente alcuni passi dei racconti di Levi per poi descrivere, su base concreta e documentale, direi scientifica, la prova di quanto si è poi puntualmente verificato. Una sorta di contrappasso in cui alla presunta narrazione divertente ma profonda di Levi ho fatto seguire i balzi concreti e reali che scienza e tecnologia hanno compiuto e stanno compiendo sino a portare a un insieme talmente dirimpante di tecnologie e strumenti a disposizione dell'uomo contemporaneo da configurare, per il prossimo futuro, la sua evo-

luzione in qualcosa di diverso e di nuovo. Non un'estinzione dei *sapiens* come li conosciamo, ma una trasformazione inevitabile verso individui con capacità individuali, esistenze, connessioni personali e sociali mai sperimentate prima. Una sorta di nuova specie umana, al cui cospetto quella che abbiamo conosciuto sino ad ora sembrerà decisamente diversa, e persino un po' obsoleta. Da qui il nome del volume, *L'ultimo sapiens*, dove gli ultimi *sapiens* siamo noi, dato che cambiamenti profondi porteranno a mutare piuttosto radicalmente gli umani del futuro (PACCHIONI 2019). Non tutti ovviamente, quelli che avranno accesso a queste dirompenti tecnologie spesso molto costose, e che io chiamo i "Tecnosapiens", a cui si opporranno gli altri, i "Vetersapiens", i più probabilmente, che da queste super-tecnologie saranno irresistibilmente attratti ma irrimediabilmente esclusi. Sono convinto che Levi abbia in qualche modo avuto queste percezioni, e abbia compreso molto prima di altri come lo sviluppo esponenziale delle tecnologie esponesse l'uomo a sfide mai affrontate in precedenza.

Nei paragrafi che seguono proverò a fornire qualche spunto su questa riflessione partendo da una selezione di alcuni significativi racconti di Levi.

2. *A fin di bene*

Se alla fine degli anni Sessanta del Novecento aveste chiesto a chiunque quale scenario futuribile si sarebbe realizzato entro la fine del secolo, molti, se non tutti, avrebbero risposto "la colonizzazione dello spazio". Viceversa, nessuno avrebbe nemmeno lontanamente immaginato l'avvento di internet e dell'intelligenza artificiale. Come sappiamo, sulla Luna non ci sono colonie di umani mentre in internet siamo pienamente immersi. Nel racconto *A fin di bene*, scritto tra il 1968 e il 1970 e pubblicato in *Vizio di forma*, Levi anticipò con una lucidità sorprendente i temi della rete globale, dell'intelligenza artificiale, delle macchine che auto-apprendono. Ispirato agli scritti *Artificial Intelligence* di Marvin Minsky e *The Transmission of Computer Data* di John Pierce apparsi su *Scientific American* nel settembre del 1966, *A fin di bene* propone la storia di una rete telefonica che, una volta collegata ad altre reti internazionali, comincia ad assumere una dimensione tale da conferirle una certa autonomia decisionale:

Aveva raggiunto una consistenza numerica tale da comportarsi da centro nervoso. Non come un cervello, certo: o almeno, non come un cervello intelligente, tuttavia era in grado di eseguire qualche scelta elementare, e di esercitare una minuscola volontà [...]. La Rete, nel varcare la soglia della coscienza, o forse solo quella dell'autonomia, non aveva rinnegato le sue finalità originarie, per le quali era stata progettata: permettere, agevolare ed accelerare le comunicazioni tra gli abbonati.¹

È incredibile la modernità di questo passo, come dei successivi:

¹ LEVI 1971, p. 117.

La Rete avrebbe potuto trasformarsi in un vasto e rapido organo di relazione, una specie di sterminata agenzia che [...] avrebbe potuto soppiantare tutti i piccoli annunci di tutti i giornali d'Europa, combinando con velocità fulminea vendite, matrimoni, accordi commerciali e rapporti umani d'ogni sorta.²

Siamo nel 1971, ma questa è la fedele e semplice descrizione di quel fenomeno che oggi chiamiamo commercio elettronico e che sta assumendo via via importanza crescente nella nostra società. Ma nel racconto di Levi si va ben oltre, e si immagina una rete la cui complessità diviene tale da consentirle un passo ben più importante, quello dell'autoapprendimento:

Parlava ormai correttamente tutte le lingue ufficiali e vari dialetti; evidentemente attingendo lessico, sintassi e inflessioni dalle innumerevoli conversazioni che essa intercettava senza sosta. Si intrometteva dando consigli non richiesti anche sugli argomenti più intimi e riservati; riferiva a terzi dati e fatti casualmente appresi.³

È il concetto fondamentale alla base dell'intelligenza artificiale, quello di *machine learning*, algoritmi complessi in grado di migliorarsi, perfezionarsi, e apprendere sino a fornire indicazioni e risposte in tempi ultrarapidi grazie a potenti sistemi di elaborazione dei dati.

Il termine intelligenza artificiale fu coniato da John McCarthy, uno scienziato informatico, nel 1955 ma fu solo tra gli anni Sessanta e Settanta che i ricercatori cominciarono a usare il computer per riconoscere immagini, tradurre le lingue e comprendere e decifrare un comando vocale. Si trattava di codici molto rudimentali, poco efficienti e malfunzionanti. Ma sono tutte cose che oggi si fanno in modo standard e con ottimi risultati. Oggi si parla di intelligenza artificiale "ristretta" o "debole", quando questa è progettata per svolgere un compito limitato (ad esempio una ricerca su Internet, la guida autonoma di un'auto, il riconoscimento di un volto), mentre l'intelligenza artificiale "generale" o "forte" potrebbe un giorno superarci praticamente in tutti i compiti cognitivi. Con quali conseguenze, resta da vedere.

In questo viaggio verso lo sviluppo dell'intelligenza artificiale si possono riconoscere due momenti particolarmente significativi sul piano simbolico. Il primo risale alla mitica sfida tra il campione mondiale di scacchi Gary Kasparov e il computer IBM *Deep Blue*. La prima partita si tenne a Filadelfia nel 1996 e fu vinta da Kasparov. Ma la seconda sfida, che si svolse l'anno dopo a New York, fu vinta sorprendentemente dal computer. Era la prima volta che una macchina batteva un umano in una partita a scacchi. In realtà *Deep Blue* non era stato più "intelligente" di Kasparov, ma semplicemente più veloce. Il supercomputer di IBM infatti analizzava il risultato di ogni possibile mossa dell'avversario e le sue conseguenze in un tempo rapidissimo, prevenendole.

² LEVI 1971, p. 118.

³ LEVI 1971, p. 120.

Vent'anni dopo, nella settimana tra il 9 e il 15 marzo del 2016, il campione mondiale di un antico gioco cinese chiamato *Go*, Lee Sedol, ha sfidato a Seul il supercalcolatore *AlphaGo* di Google, appositamente sviluppato, perdendo la partita. Questo antichissimo gioco cinese prevede che i due concorrenti piazzino alternativamente le loro pedine bianche e nere su una griglia circondando i pezzi dell'avversario. Il gioco ha un numero astronomico di possibilità, 10^{172} , più degli atomi di cui è fatto l'intero l'universo. È un numero di combinazioni che nessun computer è in grado di elaborare. Inoltre, *Go* è un gioco altamente intuitivo, e per giocare occorre una intelligenza "umana". *AlphaGo* è un sistema di intelligenza artificiale che simula le reti neurali del cervello umano (SILVER et alii 2016). Ad *AlphaGo* sono state mostrate circa centomila partite da cui imparare per migliorarsi ed è poi stato allenato a giocare milioni di partite contro sé stesso sino al punto in cui il supercomputer è divenuto in grado di sviluppare strategie proprie. E ha vinto.

Oggi il dibattito sul ruolo dell'intelligenza artificiale è in pieno svolgimento. Sono in via di sviluppo le reti neurali artificiali che elaborano le informazioni in modo concettualmente simile al cervello umano. La rete è composta da un gran numero di elementi di elaborazione altamente interconnessi, proprio come nel racconto di Levi, che lavorano in parallelo per risolvere un problema specifico. Rispetto ai computer classici, le reti neurali imparano con l'esempio. Il pericolo evidente è che, poiché la rete impara a risolvere i problemi da sola, il suo funzionamento diventi imprevedibile e sfugga al nostro controllo.

Questo è il tema sviluppato nel libro *Superintelligence* dal filosofo svedese Nick Bostrom (BOSTROM 2017). Bostrom sostiene che se il cervello di una macchina superasse il cervello umano questa nuova superintelligenza potrebbe sostituire gli umani come forma di vita dominante sulla Terra. Macchine sufficientemente intelligenti potrebbero migliorare le proprie capacità e auto-apprendere più velocemente degli scienziati informatici, con risultati devastanti per la nostra specie. Forse sono scenari eccessivamente catastrofisti, magari la superintelligenza non arriverà mai. Questo è un aspetto che Levi ha appena sfiorato nel suo racconto: messa alle strette, la super-rete telefonica di *A fin di bene* preferirà auto-distruggersi che tornare ai comandi dei suoi gestori.

3. *L'ordine a buon mercato*

Tra i racconti fantastici scritti da Primo Levi negli anni Sessanta, ce ne sono due, uno legato all'altro, che mi hanno sempre affascinato in modo particolare, *L'ordine a buon mercato* e *Alcune applicazioni del Mimete*, scritti nel 1964 e pubblicati nel 1966 in *Storie naturali*. Protagonista dei racconti è una macchina, il Mimete, uno degli ultimi ritrovati della NATCA, la ditta americana che nei racconti di Levi sforna novità tecnologiche a raffica. Il signor Simpson è il

rappresentante italiano della NATCA, e illustra il funzionamento del Mimete a Gilberto, un potenziale cliente. Il Mimete a prima vista assomiglia a una banale fotocopiatrice, ma è stato progettato per replicare un documento, farne una copia perfetta:

Il principio stesso su cui si fonda è una novità rivoluzionaria, di estremo interesse non solo pratico, ma concettuale. Non imita, non simula: ma riproduce il modello, lo ricrea identico, per così dire dal nulla ... Beh non proprio dal nulla, intendo dire dal caos, dal disordine assoluto. Ecco, questo fa il Mimete: crea ordine dal disordine.⁴

Pescando atomi e frammenti molecolari da un serbatoio di alimentazione, spiega Simpson, il Mimete esegue preliminarmente una scansione dell'oggetto da duplicare per poi riprodurlo fedelmente:

Durante il processo di duplicazione, nella esatta posizione di ogni singolo atomo del modello viene fissato un atomo analogo estratto dalla miscela di alimentazione: carbonio dov'era carbonio, azoto dov'era azoto e così via. [...] Si trattava veramente di una tecnica rivoluzionaria: la sintesi organica a bassa temperatura e pressione, l'ordine dal disordine in silenzio, rapidamente e a buon mercato: il sogno di quattro generazioni di chimici.⁵

Gilberto si fa lasciare in visione lo strumento, e comincia a verificarne il funzionamento, duplicando quello che gli capita a tiro: un dado da gioco, una zolletta di zucchero, un orario ferroviario. Poi passa a un uovo sodo la cui replica presenta però un guscio sottile e inconsistente per via della mancanza di calcio. Ma la curiosità di Gilberto non può essere soddisfatta dalla riproduzione di oggetti inanimati, e da lì a poco si rivolge a qualcosa di assai più complesso: ricreare la vita. Catturata una lucertola, Gilberto la mette nel duplicatore: "Il suo doppio era esteriormente normale, ma si muoveva con grande difficoltà. Morì in poche ore, e potei constatare che il suo scheletro era assai debole: in specie le ossa lunghe delle zampe erano flessibili come la gomma" (LEVI 1966, p. 87). Sempre più coinvolto dalla grande novità, Gilberto decide di migliorare e ingrandire il Mimete. Scende in garage, smonta e trasforma il modello standard da un litro in uno molto più grande. Intanto scrive alla casa madre e si fa inviare alcune bombole di elementi chimici meno comuni. Ora è pronto per il grande salto, duplicare un umano, non resta che trovare la "cavia". La scelta, di comodo, cade sull'inconsapevole moglie Emma. Una mattina Gilberto la addormenta, la porta in garage, la infila a sua insaputa nel cuore del nuovo macchinario e in qualche ora di processo sintetico ne crea una copia perfetta, identica all'originale. Nasce così Emma II, il primo essere umano replicato e assemblato per via sintetica, partendo dai singoli atomi. Ha così inizio un curioso ménage a tre tra Gilberto, Emma I e Emma II, una convivenza inizialmente felice che con il passare del tempo si complica sino

⁴ LEVI 1966, p. 81.

⁵ LEVI 1966, p. 82.

a trasformarsi in un inferno da cui Gilberto si libera nell'unico modo possibile: duplicando anche sé stesso.

Questo racconto è stato scritto in un'epoca in cui il personal computer non aveva ancora fatto la sua comparsa e fare una telefonata internazionale richiedeva di passare da una centralinista. Le fotocopiatrici non esistevano, figuriamoci parlare di scansione di un oggetto. Ma se pensiamo al mondo contemporaneo, e a una stampante 3D ecco che troviamo realizzato qualcosa che assomiglia molto al Mimete. La cosa sorprendente è che la prima stampante 3D è stata concepita nel 1984, vent'anni dopo il racconto. Erano macchine costose, ingombranti, e poco efficienti. Le sostanze di partenza erano care o poco pratiche: non atomi certo, ma sostanze plastiche, resine liquide, miscele di colle, gesso o polveri di varia natura. Non ancora uno strumento sofisticato come il Mimete quindi, ma un primo rudimentale passo. Ma lo sviluppo delle stampanti 3D è stato costante, e dagli inizi di questo secolo addirittura tumultuoso, arrivando a trasformare il modo in cui si producono gli oggetti. L'idea di fondo è che il progetto, lo schema, può viaggiare sui fili invisibili di internet da una parte all'altra del mondo, semplicemente inviando un file elettronico, e che questo verrà tradotto in un oggetto di utilizzo pratico da una macchina in loco, dove serve. Se poi si guarda a come funziona una stampante 3D, si scoprono analogie sorprendenti con il Mimete. Raggi laser e videocamere effettuano una scansione tridimensionale cogliendo ogni dettaglio dell'oggetto da riprodurre e lo traducono in informazione digitale, un file di dati, pronto per essere spedito. Quando arriva alla stampante, questa comincia a depositare la plastica, il metallo, il gesso, il vetro o loro combinazioni usando un ugello che spalma il prodotto destinato poi a solidificarsi e tradursi in un pezzo con forma ben definita. Leggiamo ora un brano del racconto originale, quello in cui Gilberto duplica un dado:

Introdussi il dado nella cella A, ed attraverso il vetro osservai con attenzione quanto avveniva nella cella B durante la duplicazione. Avveniva qualcosa di estremamente interessante: il dado si formava gradualmente, a partire dal basso, per sottilissimi strati sovrapposti, come se crescesse dal fondo della cella.⁶

Siamo decenni prima che l'idea di stampante 3D prenda forma, ma la descrizione del funzionamento del Mimete è esattamente quella di una stampante 3D.

Ma c'è un altro aspetto nei racconti di Levi sul Mimete che merita attenzione in quanto a preveggenza. Quando il Mimete finisce nelle mani inesperte del curioso e intraprendente Gilberto, inizialmente le cose che si diverte a riprodurre sono inanimate: un dado da gioco, un orario ferroviario. Ma non ci vuole molto perché Gilberto passi alla materia animata, a quella biologica, alla vita. È

⁶ LEVI 1966, p. 85.

la parabola dell'uomo sapiens, un animale culturale sempre alla ricerca di nuove verità, di nuove frontiere da abbattere e superare. E cosa è accaduto nello sviluppo scientifico recente che ci ricorda una macchina come il Mimete? Se la stampante 3D sta rapidamente entrando nel mondo produttivo industriale, già si parla di qualcosa di molto più ambizioso, rivoluzionario, e tecnicamente assai più complesso: la biostampante 3D, quella che ci consentirà di produrre per questa via la materia biologica, organi vitali o parti di essi. Negli anni Novanta del secolo scorso un ricercatore giapponese, Makoto Nakamura, intraprese la sua carriera come medico presso l'Università Kanazawa dove iniziò ad occuparsi di organi artificiali. Presto si rese conto delle limitazioni e dei problemi connessi con gli aspetti meccanici degli organi artificiali. Ma c'era un'alternativa. Si chiama ingegneria tissutale o anche medicina rigenerativa. L'obiettivo è quello di ricostruire i tessuti, creare organi artificiali completamente biologici attraverso processi biochimici. Nakamura aveva osservato che le goccioline spruzzate da una normale stampante a getto d'inchiostro hanno circa la stessa dimensione delle cellule umane. Le cellule potevano quindi essere spruzzate dagli ugelli della stampante senza essere danneggiate. Con questa idea, nel 2008 mise a punto una biostampante in grado di produrre tubicini simili ai vasi sanguigni (NAKAMURA *et alii* 2010).

Da allora i progressi sono stati molto rapidi e oggi è possibile biostampare parti di organi viventi, cartilagini, lembi di pelle. Una volta depositate in modo artificiale, le cellule sono in grado di interagire tra loro, fondersi, e dar luogo a una crescita di tessuti del tutto naturale. La cosa è tutt'altro che semplice, ovviamente. I nostri organi sopravvivono grazie a un flusso di sangue trasportato da minuscoli capillari. Senza la vascolarizzazione degli organi, questi non possono sopravvivere o crescere. Ma usando sottili fibre rivestite da cellule come stampo per nuovi capillari il problema è in via di risoluzione. Altrettanto se non più complesso è il problema di riprodurre nervi e loro connessioni. Presto potremo biostampare parti di organi o tessuti biologici con cellule umane da usare per test tossicologici o farmacologici (MURPHY, ATALA 2014). Ma poi seguiranno veri e propri organi artificiali biologici come reni, ossa e altro ancora.

C'è infine un ultimo richiamo a tecnologie moderne che si può individuare nei racconti di Levi sul Mimete, forse il più importante. Gilberto quando duplica un essere vivente, sia esso una lucertola o la moglie Emma, compie un'operazione concettualmente unica, e all'epoca in cui i racconti sono stati scritti, del tutto inimmaginabile: riprodurre una copia perfetta di un organismo vivente, identica in tutto e per tutto all'originale. Anche questo è avvenuto, e ci proietta direttamente nel mondo delle tecnologie genetiche. Parliamo della clonazione.

Il 5 luglio 1996 il mondo venne messo al corrente della nascita della pecora Dolly da parte del gruppo diretto da Ian Wilmut, del Roslin Institute in Scozia

(WILMUT *et alii* 2001). Di fatto Dolly aveva tre madri: una aveva fornito la cellula uovo, un'altra il DNA e la terza aveva portato a termine la gravidanza dell'embrione clonato. La clonazione altro non è che la riproduzione asessuata di un intero organismo. È la copia perfetta, il duplicato uguale in ogni dettaglio. Clonare un organismo significa creare *ex novo* un essere vivente che possiede le stesse informazioni genetiche dell'organismo di partenza. L'idea del Mimete aveva così preso forma, aprendo scenari completamente nuovi. Nel 2018 siamo arrivati a clonare le scimmie, ossia gli animali più simili al genere umano. Un gruppo cinese ha prodotto i macachi Zhong Zhong e Hua Hua, i primi primati ad essere clonati con successo a partire da una cellula somatica adulta (LIU *et alii* 2018). Sono passati poco più di vent'anni dall'annuncio della pecora Dolly, e i progressi sono stati impressionanti. Secondo alcuni scienziati la tecnologia è già sufficientemente avanzata per clonare esseri umani, e il freno principale al momento è rappresentato dalle regole etiche e dalle possibili reazioni del pubblico.

4. I sintetici

Il tema della clonazione, così lucidamente intravisto da Levi nella storia del Mimete, introduce prepotentemente quello della manipolazione genetica affrontata da Levi nel racconto *I sintetici*, pubblicato in *Vizio di forma*. Il racconto fu scritto tra il 1968 e il 1970 ed è un manifesto sul tema della discriminazione delle diversità. Il protagonista è un ragazzo che frequenta la scuola, Mario, uno studente modello, che però diventa oggetto di scherno e di piccole maldicenze da parte dei compagni per via del fatto che non ama mostrarsi quando si spoglia per fare ginnastica. La ragione è la diversità di Mario, a cui manca l'ombelico. I compagni se ne accorgono e commentano tra di loro:

È così che è nato Mario, e diversi altri come lui. Non è nato in un ospedale, ma in un laboratorio [...]. È una specie di incubatrice, come quelle per i pulcini, con dentro tante provette [...]. Mettono delle pillole nelle provette: rosse per avere dei maschi, e blu per avere delle femmine [...]. Hanno una specie di codice, insomma come un menù, dove i genitori, ma non sono proprio i genitori, insomma l'uomo e la donna che vogliono avere il figlio, scelgono gli occhi, i capelli, il naso e tutti i dettagli.⁷

Come si vede Levi, sempre attento agli avanzamenti scientifici e ben consapevole dei progressi straordinari della biologia molecolare e della genetica umana negli anni '50 e '60, intuisce la possibilità un giorno di usare queste tecnologie per creare persone à la carte, esseri perfetti selezionati sulla base di canoni universalmente condivisi. Ma torniamo al racconto. Il clima attorno a Mario cambia, lui diventa svogliato, scostante. L'insegnante decide di parlargli:

⁷ LEVI 1971, p. 41.

Non sei come gli altri? Perché? In cosa ti senti diverso? – rispose l'insegnante – Se mai, sarai diverso in meglio: non vedo perché ti dovresti affliggere di questo. Se tu fossi l'ultimo della classe...

Non è questo. Io sono diverso perché sono nato diverso. Nessuno può farci nulla.

Sei nato... come?

Sono sintetico.⁸

Nel racconto di Levi, Mario è uno dei primi ragazzi concepiti “in provetta”, anzi è proprio il primo. La cosa sorprendente è che il racconto di Levi anticipa di alcuni anni il primo caso di fecondazione artificiale al mondo. Bisogna aspettare infatti il 25 luglio del 1978 perché nasca Luise Brown, la prima creatura umana ottenuta mediante fecondazione in vitro. Oggi, a oltre quarant'anni dalla nascita di Luise Brown, ci sono al mondo più di sette milioni di bambini “nati in provetta”, per usare l'espressione suggestiva usata pure da Primo Levi nel suo racconto. Non solo la fecondazione assistita è divenuta una realtà consolidata, ma la prospettiva di poter progettare nascituri a proprio piacere si è fatta assai concreta.

Definire “sintetica” una vita generata mediante fecondazione artificiale è un po' ardito. Questo però non vuol dire che il concetto di vita sintetica sia astratto, che si tratti solo della fantasia di uno scrittore troppo immaginifico. Nell'ultimo mezzo secolo sono successe talmente tante cose nel mondo della biologia e della genetica da aprire scenari inimmaginabili sino a pochi anni fa.

Ci si muove verso una sempre più radicale capacità dell'uomo di modificare il patrimonio genetico di animali e piante, e quindi gli “algoritmi” che determinano il funzionamento di organismi biologici. Nell'agosto del 2007, sulla prestigiosa rivista *Science* è stato pubblicato un lavoro scientifico intitolato: “Trapianto di genoma nei batteri: trasformare una specie in un'altra” (LARTIGUE *et alii* 2007; GIBSON *et alii* 2010). Di fatto era l'annuncio della creazione di una cellula vivente “sintetica”. Si trattava del trapianto di DNA sintetico in un microrganismo da cui il DNA originale era stato rimosso, il primo caso di batterio il cui materiale genetico era stato programmato e realizzato dall'uomo. Nel 2016, sulla stessa rivista è stata descritta la creazione di un nuovo batterio semplificato, interamente sintetico (HUTCHISON *et alii* 2016). Come non andare col pensiero al racconto di Levi *I sintetici*?

La natura ha sviluppato un suo proprio modo di codificare l'informazione usando solo quattro lettere, “A”, “T”, “C”, e “G”, le basi azotate adenina, timina, citosina, guanina. Combinate a coppie, queste molecole costituiscono il pilastro della nostra storia personale, il DNA. Una serie di “lettere” all'interno del DNA contiene un pezzo di informazione, il gene, un segmento di DNA formato da molte centinaia di basi azotate. I geni sono le frasi che danno senso compiuto

⁸ LEVI 1971, p. 47.

alla sequenza di lettere presenti nel DNA. Nel DNA di una persona ci sono circa 25.000 geni. Conoscere l'informazione contenuta nei geni può aprire la strada per alterare o modificare i geni o le loro sequenze, permettendo la cura di malattie genetiche ma anche ad altre prospettive meno ovvie.

Tutto questo è diventato molto più concreto con il completamento di un progetto ambizioso che inizialmente sembrava semplicemente impossibile: il sequenziamento del genoma umano. Un'impresa colossale, lanciata ufficialmente nel 1988 e conclusa con successo poco più di dieci anni dopo. Conoscere il genoma è come conoscere l'algoritmo, la base da cui partire per modificarlo e poter svolgere funzioni diverse da quelle originarie. Tra l'altro sequenziare il primo genoma umano ha avuto un costo stimabile tra i 10 e i 50 milioni di dollari, mentre oggi lo stesso servizio è offerto da varie società private al costo di meno di 1000 dollari col risultato che chiunque di noi può accedere senza controllo medico a una analisi dello stato di rischio individuale rispetto a fattori genetici semplicemente inviando un campione di saliva.

C'è poi un'altra conquista della biologia molecolare degli ultimi anni destinata ad avvicinare di molto gli scenari prefigurati da Levi. Sto parlando della tecnica CRISPR-CAS9, una tecnica rivoluzionaria, potentissima grazie anche alla sua economicità, che consente di riscrivere il genoma, ossia modificare l'algoritmo che governa il funzionamento biologico, tagliando e incollando sequenze di informazione genetica. Con CRISPR-CAS9 si apre la possibilità di modificare il patrimonio genetico di microrganismi, piante, animali, e, ovviamente, anche dell'uomo. Nell'agosto del 2017 è apparso sulla rivista *Nature* uno studio in cui embrioni umani sono stati modificati geneticamente grazie alla tecnica CRISPR-CAS9 per correggere un gene responsabile di una malattia cardiaca. Lo sviluppo degli embrioni è stato bloccato dopo pochi giorni, ma se la gravidanza fosse stata portata a termine, non solo sarebbero nati dei bambini sani ma anche i loro discendenti sarebbero stati al riparo dalla mutazione genetica pericolosa (MA *et alii* 2017). L'obiettivo è quello di metterci al riparo da tutte le malattie trasmissibili per via genetica, aprendo la strada verso un'umanità fatta esclusivamente di bambini "perfetti" (BALTIMORE *et alii* 2015). Qualcuno potrebbe anche decidere che questo implica per tutti avere occhi azzurri e capelli biondi. E tornano alla mente le parole degli amici di Mario, nel racconto *I sintetici*: "Hanno una specie di codice, insomma come un menù, dove i genitori, ma non sono proprio i genitori, insomma l'uomo e la donna che vogliono avere il figlio, scelgono gli occhi, i capelli, il naso e tutti i dettagli" (LEVI 1971, p. 42).

Quindi le cose che Levi ha descritto tra il divertito e l'inquieto nel suo racconto si sono o si stanno pienamente realizzando. Aprendo ovviamente tutta una serie di interrogativi su come queste tecnologie impatteranno sul futuro dei *sapiens*. Nonostante i divieti per motivi etici, nel novembre del 2018 un

ricercatore cinese, He Jiankui, ha annunciato di aver creato i primi bambini geneticamente modificati, Lulu e Nana sono i loro pseudonimi. Nel gennaio 2020 un tribunale cinese ha condannato He Jiankui a tre anni di prigione per "pratica medica illegale". Ma intanto ci sono già al mondo i primi due sapiens con il patrimonio genetico modificato da loro simili. Con quali conseguenze, per ora non è dato sapere.

5. *Trattamento di quiescenza*

L'ultimo racconto di cui ci vogliamo occupare qui è *Trattamento di quiescenza* che chiude la serie raccolta in *Storie naturali*. In questo racconto si possono identificare alcune tecnologie, a volte appena accennate e a volte descritte in dettaglio, molto sorprendenti se si pensa a cosa è stato realizzato dal tempo in cui il testo è stato concepito ad oggi.

Protagonista è ancora il signor Simpson, il venditore della NATCA giunto ormai alla soglia della pensione e alle prese con un nuovo miracolo della tecnica, il Torec. In realtà, prima di introdurre il Torec Levi accenna a un altro dispositivo miracoloso, l'Andrac, che del Torec è in un qualche modo il precursore:

L'Andrac è un congegno rivoluzionario. Si fonda su una comunicazione diretta fra i circuiti nervosi e i circuiti elettronici. Sottoponendosi a un piccolo intervento chirurgico, è possibile ad esempio azionare una telescrivente o guidare un'auto solo mediante impulsi nervosi, senza l'intervento dei muscoli.⁹

Come si vede Levi fa riferimento, e siamo a metà degli anni Sessanta, a un tema molto presente nella fantascienza letteraria e cinematografica, ossia la comunicazione diretta tra uomo e macchina. È il filo conduttore di molti celebri film del passato, a cominciare da *Metropolis*, il capolavoro del cinema muto diretto nel 1927 da Fritz Lang dove il protagonista è il professor Rotwang, che attraverso un complesso macchinario, che produce onde elettromagnetiche, collega un robot da lui creato al cervello di una donna che indossa un casco del tutto simile a quelli oggi utilizzati per fare un elettroencefalogramma. È il tema del *cyborg*, un misto di organismo biologico e componenti meccanici o elettronici che pervade tutta la letteratura fantascientifica dell'ultimo secolo.

In *Trattamento di quiescenza* l'idea è che elettrodi impiantati nel sistema nervoso di una persona possano permettere di comunicare con un dispositivo esterno e comandarlo. All'epoca in cui è stato scritto il racconto, la rivoluzione microelettronica era agli albori, i personal computer erano ancora di là da venire, la miniaturizzazione dei componenti elettronici aveva fatto solo qualche passo incerto, e di comunicazione diretta cervello-macchina si poteva solo fantasticare. Oggi invece, tutto questo è realtà. Neil Harbisson è un giovane

⁹ LEVI 1966, p. 230.

artista che vive con un'antenna impiantata in testa, direttamente connessa al cervello. Soffre di acromatopsia, un raro disturbo che non consente di percepire i colori. Grazie a un sensore a fibra ottica sospeso davanti alla fronte che rileva i colori, e a un microchip impiantato nel cranio che converte i colori in vibrazioni, Harbisson sviluppa una percezione dei colori, riacquistando una funzionalità perduta. Tra l'altro Harbisson è il primo cyborg legalmente riconosciuto da un governo.

Nel 2008 Andrew Schwartz, professore di neurobiologia a Pittsburg, ha pubblicato un lavoro in cui viene riportato un sistema di interfacce cervello-macchina grazie al quale una scimmia a cui sono stati impiantati dei microelettrodi nel cervello è riuscita, utilizzando solo il proprio segnale cerebrale e senza aiutarsi in alcun modo con le zampe, a controllare il movimento di un braccio robotico per afferrare del cibo e portarlo alla bocca (VELLISTE *et alii* 2008). Oggi sono numerosi gli esempi di persone che avendo perso capacità di movimento l'hanno riacquistata almeno in parte grazie a esoscheletri meccanici comandati da microelettrodi impiantati in grado di registrare l'attività cerebrale della corteccia motoria (HOCHBERG *et alii* 2006). Da un lato questo è ovviamente molto positivo, ma dall'altro apre importanti interrogativi: se grazie agli impulsi cerebrali siamo in grado di far muovere braccia meccaniche o di comunicare con un computer, allora si può forse andare anche in senso inverso, usare degli stimoli esterni per far fare a un vivente biologico cose il cui controllo è affidato a un computer elettronico. Anche questo è accaduto. Sanjiv Talwar e John Chapin della State University di New York hanno impiantato degli elettrodi nella corteccia sensoriale dei topi (TALWAR *et alii* 2002). Gli elettrodi sono stati collegati a uno stimolatore elettrico comandato in remoto. Uno degli elettrodi era inserito nella zona della corteccia cerebrale responsabile per le sensazioni di piacere. In questo modo è stato possibile addestrare i topi a eseguire comandi e fare cose semplici, come andare a destra o a sinistra, salire su una scaletta, ma anche cose che un topo non ama fare, come lanciarsi da una certa altezza. Ai topi sono state anche indotte dall'esterno sensazioni di piacere e di appagamento, semplicemente attraverso impulsi elettrici.

L'idea che si possano stimolare sensazioni e percezioni in un essere vivente applicando degli elettrodi può apparire sconvolgente, ma è quello che sta accadendo con la stimolazione magnetica (LEFAUCHEUR *et alii* 2014) o elettrica transcranica (FERTONANI, MINIUSI 2017). Bassi livelli di corrente vengono indotti in zone precise del cervello mediante elettrodi applicati al cranio. Sviluppata con l'intento di curare pazienti affetti da ansia, depressione, dolore cronico, o con danni cerebrali, la tecnica sembra efficace anche nel migliorare le nostre capacità cognitive, come abilità matematiche, memoria, linguaggio, capacità di risolvere problemi (SCHROEDER *et alii* 2017).

L'interfaccia cervello-macchina ha fatto passi da gigante nel giro di pochi anni (KYRIAZIS 2015). Ci sono 750.000 persone che hanno riacquisito l'udito grazie a un micro-dispositivo che cattura i suoni all'esterno dell'orecchio e lo traduce in impulsi elettrici che arrivano alla coclea grazie a una serie di elettrodi apposti posizionati al suo interno (MACHEREY, CARLYON 2014). Oltre 50.000 persone al mondo hanno microchip impiantati sottopelle come elemento di riconoscimento o per disporre di dati personali.

Ma nel racconto di Levi c'è un altro ritrovato, in apparenza meno dirompente e se si segue la narrazione addirittura divertente ed eccitante delle sue prestazioni. In realtà, come nota Levi tramite le parole sagge dell'amico di Simpson a cui il dispositivo viene mostrato, quest'ultimo ritrovato della NATCA è:

uno strumento di sovversione: nessun'altra macchina della NATCA, anzi nessuna macchina che sia mai stata inventata, racchiude in sé altrettanta minaccia per le nostre abitudini e per il nostro assetto sociale. Scoraggerà ogni iniziativa, anzi ogni attività umana: sarà l'ultimo grande passo [...]. Mi sembra assai più pericoloso di qualsiasi droga: chi lavorerebbe più? Chi si curerebbe ancora della famiglia?¹⁰

Lo strumento in questione si chiama Torec, ed è un total-recorder che non esige nessun intervento cruento per essere utilizzato. Attraverso elettrodi cutanei il Torec trasmette a chi lo usa sensazioni registrate su nastri.

L'ascoltatore, anzi il fruitore, non ha che da indossare un casco, e durante tutto lo svolgimento del nastro riceve l'intera e ordinata serie di sensazioni che il nastro stesso contiene: sensazioni visive, auditive, tattili, olfattive, gustative, cinestesiche e dolorose [...]. La trasmissione non avviene attraverso gli organi di senso del fruitore, che restano tagliati fuori, bensì direttamente a livello nervoso, mediante un codice che la NATCA mantiene segreto: il risultato è quello di una esperienza totale.¹¹

Nel racconto Simpson illustra le fantastiche prerogative del Torec, e lo fa provare all'amico il quale si sottopone, inizialmente con qualche scetticismo, all'esperimento. Accade invece che la possibilità di rivivere integralmente, come se si fosse in prima persona, vicende sperimentate da altri e registrate su nastri magnetici affascini l'amico, che comincia a provare una serie di "registrazioni". Qui la fantasia di Levi si scatena, e il lettore viene trasportato in una serie avvincente di esperienze a volte divertenti, a volte fastidiose o semplicemente stupefacenti, ma tutte e sempre totalmente coinvolgenti. Tutto diventa possibile con il Torec, pur stando comodamente seduti sul divano di casa propria: segnare un gol in serie A, partecipare attivamente a una rissa in un pub, volteggiare liberamente su ardite vette come fa un'aquila in cerca di preda.

È chiaro che con il Torec Levi descrive un oggetto del tutto fantastico negli anni '60, dove al massimo esistevano i magnetofoni, ma ormai entrato prepotentemente nelle nostre case, e ne intravede uno sviluppo tecnico a cui siamo

¹⁰ LEVI 1966, p. 232.

¹¹ LEVI 1966, p. 231.

molto vicini. Nel 2017 sono stati venduti nel mondo otto milioni di visori per realtà virtuale, che sono diventati dodici milioni nel 2018. Si prevede che ne verranno venduti quarantacinque milioni di pezzi nel 2025. È uno dei mercati in più rapida espansione, e probabilmente la loro diffusione diverrà pari a quella degli smartphone. I dispositivi per realtà virtuale diventeranno sempre più piccoli ed efficaci. Già esistono occhiali e addirittura lenti a contatto con la stessa funzione. Gli investimenti nel settore sono enormi e la ragione è ovvia, visto che il mercato è in continua crescita. Ci sono scopi utili, come addestrare un pilota civile o un cardiocirurgo a distanza. Ma c'è anche un'altra ragione, decisamente più inquietante. L'avvento dell'intelligenza artificiale è destinato a soppiantare un gran numero di professioni e a cancellare molti posti di lavoro di bassa qualifica (c'è chi parla del 50% nei prossimi 30 anni). Masse crescenti di persone si troveranno così prive di occupazione, o saranno occupate solo per poche ore al giorno. Occorrerà pensare ad attività alternative, a distrazioni e divertimenti che riempiano il tempo libero. In futuro sempre più persone si rifugeranno nei piaceri artificiali offerti dalla realtà virtuale. A quel punto, il Torec e le intuizioni di Primo Levi avranno avuto modo di realizzarsi pienamente.

A cosa porti la realtà virtuale e quali pericolose conseguenze abbia un suo abuso sulla società contemporanea lo stiamo sperimentando di questi tempi, in cui sempre più persone che si dedicano a questa attività in modo compulsivo faticano poi a distinguere la realtà simulata e virtuale da quella vera e concreta. Un problema pienamente intuito e ben descritto da Levi nel duro finale del racconto:

Povero Simpson! Temo che per lui sia finita. Dopo tanti anni di fedele servizio per la NATCA, l'ultima macchina NATCA lo ha sconfitto, proprio quella che gli avrebbe dovuto assicurare una vecchiaia varia e serena. [...] Gli ha sacrificato tutto: le api, il lavoro, il sonno, la moglie, i libri. Il Torec non dà assuefazione, purtroppo: ogni nastro può essere fruito infinite volte, ed ogni volta la memoria genuina si spegne, e si accende la memoria d'accatto che è incisa sul nastro stesso. Perciò Simpson non prova noia durante la fruizione, ma è oppresso da una noia vasta come il mare, pesante come il mondo, quando il nastro finisce: allora non gli resta che infilarne un altro. È passato dalle due ore quotidiane che si era prefisso a cinque, poi a dieci, adesso a diciotto o venti: senza Torec sarebbe perduto, col Torec è perduto ugualmente. In sei mesi è invecchiato di vent'anni, è l'ombra di sé stesso. [...] S'avvia verso la morte, lo sa e non la teme: l'ha già sperimentata sei volte, in sei registrazioni diverse, registrate su sei dei nastri dalla fascia nera.¹²

Così si conclude il racconto, ma anche l'intera raccolta di *Storie Naturali*, e a mio avviso non è un caso. Di tutte le tecnologie che Levi anticipa questa è la più letale, è la negazione dell'uomo come essere pensante, è uno strumento di sovversione. Levi sa che lo sviluppo delle tecnologie è ineluttabile e non può essere fermato, e mantiene comunque una visione positiva e moderatamente ottimista sulla capacità dell'uomo, "fabbrico di sé stesso", di mantenere il con-

¹² LEVI 1966, p. 250.

trollo di queste tecnologie che, se usate correttamente, possono migliorare, e di molto, le nostre esistenze. Ma l'uso scorretto o l'abuso nascondono rischi per l'intera umanità su cui Levi cerca sottilmente di metterci in guardia. Lo fa con il suo stile leggero e scanzonato, all'interno di racconti che appaiono e sono divertenti se letti come semplici quadri o scene teatrali, invenzioni pittoriche, ma che in realtà sono tutti attraversati da un sottile filo di inquietudine per quello che ci aspetta.

Bibliografia

BALTIMORE *et alii* 2015

DAVID BALTIMORE, PAUL BERG, MICHAEL BOTCHAN, *et alii*, "A prudent path forward for genomic engineering and germline gene modification", *Science*, 348, 2015, pp. 36-38.
<https://10.1126/science.aab1028>

BOSTROM 2017

NICK BOSTROM, *Superintelligence*, Dunod, Paris, 2017.

FERTONANI, MINIUSI 2017

ANNA FERTONANI, CARLO MINIUSI, "*Transcranial electrical stimulation: what we know and do not know about mechanisms*", *The Neuroscientist*, 23 (2), 2017, pp. 109-123.

GIBSON *et alii* 2010

DANIEL GIBSON, JOHN I GLASS, *et alii*, "Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome" *Science*, 329(5987), 2010, pp. 52-56.
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1190719>

HUTCHISON *et alii* 2016

CLYDE A. HUTCHISON, RAY-YUAN CHANG, VLADIMIR N. NOSKOV, *et alii*, "Design and synthesis of a minimal bacterial genome", *Science*, 351, p. 6280.
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aad6253>

HOCHBERG *et alii* 2006

LEIGHT R. HOCHBERG, MIJAIL D. SERRUJA, GERHARD M. FRIEHS, *et alii*, "Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia", *Nature*, 442, 2006, pp. 164-171.
<https://doi.org/10.1038/nature04970>

KYRIAZIS 2015

MARIOS KYRIAZIS, "Systems neuroscience in focus: from the human brain to the global brain?", *Frontiers in systems neuroscience*, February 6, 9:7, 2015.
<https://10.3389/fnsys.2015.00007>

LARTIGUE *et alii* 2007

CAROLE LARTIGUE, JOHN I GLASS, NINA ALPEROVICH, *et alii*, "Genome transplantation in bacteria: changing one species to another", *Science*, 3, 317(5838), 2007, pp. 632-638.
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1144622>

LEFAUCHEUR *et alii* 2014

JEAN-PASCAL LEFAUCHEUR, NATHALIÈ ANDRÉ-OBADIA, ANDREA ANTAL, *et alii*, "Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (RTMS)", *Clinical Neurophysiology*, 125(11), 2014, pp. 2150-2206.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25034472/>

LEVI 1966

PRIMO LEVI, *Storie naturali*, Einaudi, Torino, 1966.

- LEVI 1971
PRIMO LEVI, *Vizio di forma*, Einaudi, Torino, 1971.
- LIU *et alii* 2018
ZEHN LIU, YIJUN CAI, YAN WANG, *et alii*, "Cloning of macaque monkeys by somatic cell nuclear transfer", *Cell*, 172, 4, 2018, pp. 881-887.
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.01.020>
- MA *et alii* 2017
HONG MA, NURIA MARTI GUTIERREZ, SANG WOOK-PARK, "Correction of a pathogenic gene mutation in human embryos", *Nature*, 548, 2017, pp. 413-419.
<https://doi.org/10.1038/nature23305>
- MACHEREY, CARLYON 2014
OLIVIER MACHEREY, ROBERT P. CARLYON, "Cochlear implants", *Current Biology*, 22, 24(18), R878-R884.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.06.053>
- MURPHY, ATALA 2014
SEAN V. MURPHY, ANTHONY ATALA, "3D bioprinting of tissues and organs", *Nature Biotechnology*, 32, 2014, pp. 773-785.
<https://doi.org/10.1038/nbt.2958>
- NAKAMURA *et alii* 2010
NAKAMURA, IWANAGA, HENMI, *et alii*, "Biomatrices and biomaterials for future developments of bioprinting and biofabrication", *Biofabrication*, 2014110
<https://doi.org/10.1088/1758-5082/2/1/014110>
- PACCHIONI 2019
GIANFRANCO PACCHIONI, *L'ultimo sapiens*, Il Mulino, Bologna, 2019.
- SCHROEDER *et alii* 2017
PHILIPP SCHROEDER, THOMAS DRESLER, JULIA BAHNMUELLER, *et alii*, "Cognitive enhancement of numerical and arithmetic capabilities: a mini-review of available transcranial electric stimulation studies". *Journal of Cognitive Enhancement*, 1, 2017, pp. 39-47.
<https://doi.org/10.1007/s41465-016-0006-z>
- SILVER *et alii* 2016
DAVID SILVER, AIA HUANG, CHRIS J. MADDISON, *et alii*, "Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search", *Nature*, 529, 2016, pp. 484-489.
<https://doi.org/10.1038/nature16961>
- TALWAR *et alii* 2002
SANJIV K. TALWAR, SHAOHUA XU, EMERSON S. HAWLEY *et alii*, "Behavioural neuroscience: Rat navigation guided by remote control", *Nature*, 417, 2002, pp. 37-38.
<https://doi.org/10.1038/417037a>
- VELLISTE *et alii* 2008
MEEL VELLISTE, SAGI PEREL, M. CHANCE SPALDING, *et al.* "Cortical control of a prosthetic arm for self-feeding", *Nature*, 453, 2008, pp. 1098-1101.
<https://doi.org/10.1038/nature06996>
- WILMUT, CAMPBELL, TUDGE, 2001
IAN WILMUT, KEITH CAMPBELL, COLIN TUDGE, *The second creation: Dolly and the age of biological control*, Harvard University Press, Harvard, 2001.

AUTRICI, AUTORI E ABSTRACT

PAOLA ATZENI, DARIO COLETTI

Contrappunti. Parole, immagini e ricerca nel dialogo tra un'antropologa e un fotografo

The article is the result of a dialogue between the two writers, Paola Atzeni and Dario Coletti, that took place during the meeting "Research, words and images between soil and subsoil" organised in Iglesias at the Mining Art Museum on the occasion of Sharper - European Researchers' Night. The aim of the initiative was to promote the different forms of dissemination and public participation in research. The Mining Museum does not want to be a repository of objects and a mere exhibition space, but a place of research and dialogue. The discussion then continued in other places, in person and at a distance, and is now reported in these pages, focusing on some crucial points of the relationship between ethno anthropological research and documentary photography.

keywords: anthropology, photography, methodology, interdisciplinarity

PAOLA ATZENI

Antropologa, è stata docente della prima cattedra in Italia di Storia della Cultura materiale, istituita presso l'Università di Cagliari nel 1986. Ha contribuito, nello specifico dell'etnografia viva, alla produzione fotografica e audiovisiva di dati di ricerca primaria accompagnando i fotografi e gli operatori filmici. Ha curato l'allestimento della sezione antropologica del Museo del Carbone nella Grande Miniera di Serbariu, a Carbonia, e del museo-laboratorio della ex scuola elementare di Monteponi, *Andaus a scola*, a Iglesias. È autrice di numerose pubblicazioni, tra cui la più recente: *Corpi, gesti, stili. Saper fare e saper vivere di donne eccellenti nella Sardegna rurale* (Ilisso 2022).

paola.atzeni@tiscali.it

DARIO COLETTI

Fotografo professionista, dalla fine degli anni ottanta collabora con testate giornalistiche, istituzioni e organizzazioni umanitarie italiane e internazionali. Da sempre attento alle tematiche del sociale, negli ultimi anni approfondisce il rapporto tra fotografia e antropologia viva e sperimenta altri linguaggi visivi come il film documentario. Alla professione affianca l'attività didattica e laboratoriale; è stato coordinatore del Dipartimento di Fotogiornalismo dell'Istituto Superiore di Fotografia (ISFCI) a Roma. Ha partecipato a diversi progetti espositivi collettivi sulla fotografia italiana ed è autore di monografie e le sue fotografie sono conservate presso biblioteche e musei italiani e pubblicate in prestigiosi volumi e cataloghi.

dariocoletti5@gmail.com

www.dariocoletti.com

RITA BENCIVENGA, SARA LAURETI, CINZIA LEONE, SAWSSSEN SLIMANI

Metodi di inclusione nella ricerca

The chapter emphasizes the role of Equality, Diversity, and Inclusion (EDI) in enhancing innovation and creativity within scientific research, thereby improving outcomes and societal impact. The authors outline the European Union's efforts in promoting equality and inclusion in scientific research since the 1990s, initially focusing on gender equality and later broadening to encompass diverse perspectives in Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) fields, shifting towards an EDI approach. Challenges faced in promoting gender equality and integrating EDI perspectives into research institutions, particularly during research activities, are discussed. Then, scientific initiatives in chemistry and materials science, particularly nanosciences, in Italy, are showcased, emphasizing an EDI -friendly approach. Ultimately, the adoption of EDI perspectives in STEM disciplines could lead to a reduction in unequal access to STEM, including nanotechnologies, and unequal opportunities in research and innovation.

keywords: STEM; EDI; nanoscience; European Union

RITA BENCIVENGA

Università di Genova, Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale

Ricercatrice presso l'Università di Genova, ha conseguito il dottorato in Scienze dell'Educazione presso l'Università di Parigi X Nanterre, in Francia. I suoi interessi di ricerca riguardano principalmente le relazioni tra genere+ e tecnologia, l'educazione non formale e informale degli adulti, la teoria e la pratica EDI (Equality, Diversity and Inclusion). Dal 1991 collabora a progetti di ricerca finanziati dall'Unione Europea. Ha pubblicato su riviste come "Studies in the Education of Adults", "European Journal for Research on the Education and Learning of Adults", "SOCIETIES", "AIDAinformazioni", "GENDER".

rita.bencivenga@unige.it

<https://rubrica.unige.it/personale/UkJHX1hg>

SARA LAURETI

CNR Istituto di Struttura della Materia (ISM)

Ricercatrice CNR, è laureata in Chimica con un dottorato in Scienza dei Materiali. Parallelamente all'attività di ricerca, da sempre rivolge grande attenzione alla comunicazione scientifica e alla divulgazione, partecipando attivamente a progetti nazionali ed europei finalizzati alla comprensione pubblica delle discipline STEM. Attivamente coinvolta sia in ruoli organizzativi che come relatrice in convegni e workshop, è attualmente parte del comitato organizzatore dell'evento IEEE Women in Nanotechnology nell'ambito della conferenza IEEE NANO 2024.

sara.laureti@cnr.it

<https://publications.cnr.it/authors/sara.laureti>

CINZIA LEONE

Istituto Italiano di Tecnologia (IIT)

Ricercatrice IIT, ha conseguito il dottorato in Sociologia presso l'Università UNED, in Spa-

gna. I suoi principali argomenti di ricerca sono l'inclusione, la diversità, il genere, l'uguaglianza e la disabilità. È coordinatrice di progetti di ricerca e redattrice e autrice di pubblicazioni e libri in questi settori ed è parte del comitato scientifico di una Cattedra UNESCO e del consiglio scientifico di diverse Cattedre Jean Monnet internazionali.

cinzia.leone@unige.it

<https://iit-it.academia.edu/cinzialeone>

SAWSEN SLIMANI

Università di Genova, Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale

Ricercatrice a tempo determinato presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Genova. Ha conseguito il dottorato di ricerca in Scienze e Tecnologie della Chimica dei Materiali nel 2022 presso l'Università di Genova in cotutela con l'Università di Sfax, in Tunisia. Dal 2018 svolge la sua attività di ricerca principalmente su nanoarchitetture magnetiche ibride per applicazioni biomediche, ambientali e studi fondamentali.

sawssen.slimani@unige.it

<https://rubrica.unige.it/personale/UUpGWVtv>

BIANCA BOTTINO

Università di Genova, Dipartimento di Fisica

Scheda Progetto DEMETRA

Ha studiato Fisica presso l'Università di Genova, ha lavorato per l'Università di Princeton, negli Stati Uniti e attualmente è tornata all'Università di Genova, dove è ricercatrice in Fisica Sperimentale. Lavora nell'ambito della fisica astroparticellare ed in particolare studia la materia oscura. Fa parte dell'esperimento DarkSide, che si occupa di ricerca diretta di materia oscura presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, in Abruzzo. Essendo una fisica sperimentale ama stare in laboratorio, ma è anche appassionata di didattica e divulgazione scientifica. Infatti coordina la sezione di Genova del progetto OCRA-Outreach Cosmic Ray Activity, per la divulgazione della fisica dei raggi cosmici agli studenti delle scuole secondarie di secondo grado.

bianca.bottino@unige.it

<https://www.difi.unige.it/it/dipartimento/persone/bianca-bottino>

PAOLA CIANDRINI, ELEONORA LATTANZI, ROBERTA MAGGI, MICHELA TARDELLA

Archivi e contaminazioni disciplinari: dai linguaggi ai modelli, dai metodi alle tecniche

The article illustrates the disciplinary contamination - in terms of approaches, methods and techniques - of the project *Portale per le fonti della storia della Repubblica italiana*, in which the CNR participates through the institutes ILIESI, IMATI, ISTC. Starting from a reflection on the polysemic notion of "archive" (as a repository, a place of access and a resource-entry), the contribution reflects on how to make research applied to historical archives inclusive, stimulating the interest of different audiences. Designing a transversal system means reflecting on how different disciplines communicate and represent concepts: it

means thinking about effective communication codes between disciplinary domains (different domains, however similar or complementary). Moreover, in order not to create a communication aimed only at domain experts and professionals, it is necessary to use a non-technical language to make the conceptualisation explicit and comprehensible to a wide public.

keywords: historical archives; multidisciplinary approach; transdisciplinarity; cultural heritage; models

PAOLA CIANDRINI

Ibridamente.it - R&D Archives & Management Systems, Chiesi

Archivista informatica, dottoressa di ricerca in Memoria e Digital Humanities. Docente scuole APD (Milano, Bologna, Modena e Mantova) e master FGCAD (Università di Macerata). Membro del tavolo di esperti per "Archivio nazionale informatizzato dei registri dello stato civile" (Dipartimento della trasformazione digitale). Responsabile del progetto Ibridamente.it. È stata assegnista di ricerca (CNR IMATI) nell'ambito del progetto *Portale delle fonti per la storia della Repubblica italiana*. Membro del CTS di ANAI, da gennaio 2024 per Chiesi farmaceutici è data curator e records manager per gli archivi dell'ambito R&D. <https://ibridamente.it/contatti/pciandrini>

ELEONORA LATTANZI

CNR Istituto per il Lessico Intellettuale Europeo e Storia delle Idee (ILIESI)

Tecnologa a tempo determinato CNR, ha conseguito il titolo di dottoressa di ricerca in Scienze librerie e documentarie presso l'Università Sapienza di Roma. Insegna come docente a contratto Storia degli archivi e dell'archivistica presso la Scuola di specializzazione in beni archivistici e librari (Sapienza Università di Roma) ed è membro della redazione dell'Edizione nazionale degli scritti di Antonio Gramsci. Collabora come archivista libera professionista, con diverse istituzioni pubbliche e fondazioni private.

eleonora.lattanzi@cnr.it

<https://www.iliesi.cnr.it/profilo.php?name=Lattanzi>

ROBERTA MAGGI

CNR Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche "E. Magenes" (IMATI)

Tecnologa CNR, nel 1994 istituisce il Servizio di Documentazione Scientifica dell'Area della ricerca di Genova e dal 2009 ne è responsabile. È membro del Comitato di coordinamento per la gestione delle biblioteche CNR e coordina il gruppo di lavoro, le acquisizioni centralizzate e Open Access. Inoltre, coordina le attività di progettazione della piattaforma GECA per la gestione e descrizione di beni culturali e, per IMATI, i Progetti *DigitXL* e *Portale delle fonti per la storia della Repubblica italiana*.

roberta.maggi@cnr.it

<https://imati.cnr.it/mypage.php?idk=PG-63>

MICHELA TARDELLA

CNR Istituto per il Lessico Intellettuale Europeo e Storia delle Idee (ILIESI)

Ricercatrice CNR, ha conseguito il titolo di dottoressa di ricerca in Semiotica e comunicazione simbolica presso l'Università degli Studi di Siena. SDi occupa di Storia delle idee linguistiche e semiotiche, di storia dell'educazione linguistica, di modelli di organizzazione

dei contenuti della conoscenza in ambienti digitali. Ha collaborato a numerosi progetti finalizzati alla realizzazione di piattaforme testuali per la ricerca filosofica e storica. Coordina, per l'ILIESI, il progetto *Portale delle fonti per la storia della Repubblica italiana*.
michela.tardella@cnr.it

<https://www.iliesi.cnr.it/profilo.php?name=Tardella>

SARA LAURETI, CRISTINA MARRAS, DAVIDE PEDDIS

Dialogo tra le scienze. Linguaggi, metodi e modelli per un "nuovo umanesimo scientifico"

The paper presents and discusses the dialogue between the humanities and STEM disciplines, with a particular focus on the encounter between philosophy and physical-chemistry. The perspective is to overcome the concept of 'two cultures' by describing some positive experiences of cross- and multidisciplinary research in the exercise of dialogue and mutual exchange in the construction of interdisciplinarity. Overcoming disciplinary boundaries, as we have tried to describe, is very complex, it requires a continuous effort of translation from one language to another, a translation between different cultures and different world views. For this reason, interdisciplinarity is not considered in this article as an arrival point, but as a journey, a project that goes through different stages of exchanges (cross-disciplinarity) and collaboration (multidisciplinary).

keywords: interdisciplinarity, new scientific humanism, philosophy, chemistry-physics.

CRISTINA MARRAS

CNR Istituto per il Lessico Intellettuale Europeo e Storia delle Idee (ILIESI)

Dirigente di Ricerca CNR, accompagna la sua ricerca in filosofia, filosofia del linguaggio e umanistica digitale con attività di valorizzazione del dialogo interdisciplinare esplorando i diversi linguaggi e le tecnologie che favoriscono la condivisione di metodi, pratiche e risultati della ricerca. Particolare attenzione è dedicata alle attività di formazione e comunicazione della ricerca in collaborazione con l'università, le associazioni scientifiche e culturali, le scuole superiori. È socia fondatrice e attualmente membro del direttivo della *Sodalitas Leibnitiana*; è membro del direttivo e vice presidente della Associazione Italiana di Umanistica e Cultura Digitale (AIUCD).

cristina.marras@cnr.it

<http://www.iliesi.cnr.it/Marras>

DAVIDE PEDDIS

Università di Genova, Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale (DCCI), CNR Istituto di Struttura della Materia (ISM)

Professore ordinario di chimica fisica all'Università di Genova e ricercatore associato al CNR ISM. La sua attività di ricerca si sviluppa nell'ambito della Chimica Fisica dello Stato Solido e della Fisica della Materia Condensata. Dal 2002 partecipa a diversi eventi di divulgazione scientifica, sia come organizzatore che come relatore. È inoltre membro della Divisione Didattica della Società Chimica Italiana, socio fondatore e attualmente presidente dell'as-

sociazione ScienzaSocietàScienza, socio fondatore e attualmente vicepresidente dell'Associazione Science is Cool. Partecipa a diversi progetti di divulgazione nazionali ed è stato coordinatore italiano per il progetto europeo MineHeritage, finanziato dall'EIT Raw Materials. davide.peddis@unige.it

<https://rubrica.unige.it/personale/UkNOwI1h>

SELENIA MARINELLI

FVA New Media Research

Intrecciare mondi: l'architettura bio-informata come pratica indisciplinata per costruire habitat multispecie

In the age of entanglement, the process of unlearning disciplinary boundaries is seen as crucial to respond to pressing environmental challenges and to integrate different knowledge and perspectives. Indeed, one challenge is to support a heuristic perspective in which humans perceive themselves as part of nature and a knot intertwined in a global system of relations, deconstructing their anthropocentric role of superiority over other species. This paper explores the relevance of bio-informed architecture as an “undisciplined practice”, which aims to radicalise and transform our thinking about the socio-ecological conditions of human and non-human existence within the built environment. This practice aims to transform the traditional approach to architecture into a broader vision, challenging the ontological separation between human and non-human worlds, and ultimately disrupting and reimagining traditional architectural narratives.

keywords: bio-informed architecture; multispecies; coexistence; material feminism

Architetta PhD e *material activist*, usa un approccio postumanista e neomaterialista per esplorare come i biomateriali possano supportare relazioni simbiotiche nell'era dell'Antropocene. Scopo della sua ricerca è ridefinire l'architettura come luogo di co-abitazione tra abitanti umani e non-umani. Attualmente è Project Manager per FVA – New Media Research in progetti finanziati dall'Unione Europea sulla bioeconomia circolare sostenibile e conduce come ricercatrice indipendente una sperimentazione pratica sulla bio-fabbricazione, per promuovere l'attivismo materiale attraverso un approccio transdisciplinare al design dei materiali.

selenia.marinelli@gmail.com

<https://www.seleniamarinelli.com/>

MARIA CRISTINA MARRAS

Podcaster indipendente

Scheda Storie Sonore. Podcast per narrare la ricerca scientifica

Laureata in lingue, è traduttrice, podcaster e giornalista. Dal suo rientro in Italia, dopo oltre 20 anni vissuti a Melbourne, insegna podcast e comunicazione presso scuole e università. I suoi podcast sono stati presentati in festival internazionali come il Leipziger Sommerfest, Berlin Hörspiel Festival, UK International Audio Drama Festival. Più volte premiata, nel 2023 ha ricevuto il Meaningful Prize e il “Best mini headphone” di Audio-

nomia e il primo premio per la narrazione della sezione archeologia del concorso “MemoRAS. Anche tu sei Sardegna Digital Library” nel 2024. Mantiene il canale Soundcloud e collabora, tra gli altri, ai progetti internazionali Stuart Fowkes, Cities and Memories, Audio Playground di Sarah Geis. Ha lavorato per diverse istituzioni scientifiche, tra cui il Goethe Institut per il Padiglione Tedesco della Triennale di Milano 2022.

kommunic8@gmail.com

<https://www.cristinamarras.com/>

GIANFRANCO PACCHIONI

Università Milano Bicocca, Dipartimento di Scienza dei Materiali

Scienza e letteratura. Linguaggi a confronto: le Straordinarie lezioni di Primo Levi

Contemporary science has become increasingly specialized, developing its own languages for each sector, thus complicating the dialogue between different disciplines and contributing to the gap between the so-called “two cultures”. On the other hand, the most profound social, economic and behavioral changes that are affecting our era come precisely from scientific progress and from the intersection between different cultural approaches. This underscores the importance of being able to popularize science by narrating it with a literary approach, an area in which Primo Levi remains an unrivaled master. Through four stories published by Levi in the collections *Storie Naturali* (1966) and *Vizio di Forma* (1971), we retrace some acute premonitions of how scientific and technological development would soon reach levels that would raise important ethical and social questions and how his visions have been punctually realized. A wonderful example of contamination between science and literature.

keywords: Contamination; two cultures; intersections; Primo Levi.

Ordinario di chimica dei materiali presso l'Università Milano Bicocca dove ha anche ricoperto il ruolo di Pro Rettore alla ricerca e direttore del Dipartimento di Scienza dei Materiali. Si occupa di teoria quantistica della materia, con particolare riferimento a materiali inorganici e loro superfici, cluster metallici (aggregati di pochi atomi) e nanoparticelle, catalisi e fotocatalisi. È membro della Accademia Nazionale dei Lincei, della Accademia Europea, della European Academy of Sciences, e dell'Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere. È autore di oltre 500 pubblicazioni scientifiche e ha pubblicato alcuni volumi di divulgazione scientifica in cui la letteratura si unisce alla scienza.

gianfranco.pacchioni@unimib.it

<https://www.unimib.it/gianfranco-pacchioni>

EVA PIETRONI, NOEMI ORAZI, BRUNO FANINI

Codex4D viaggio interdisciplinare nel manoscritto antico

The goal of the Codex4D project, carried out by CNR ISPC and the University of Rome Tor Vergata, is to create an interdisciplinary experience with the ancient codex, from a historical-artistic and diagnostic-conservative point of view. In

order to integrate in a coherent space all the information about the visible elements and the hidden elements in the underlying layers of matter, a 4D model of the ancient codex is elaborated, explorable in the three canonical dimensions and in the different levels of stratigraphic depth. This is made possible by the integration of photogrammetry and reflectography and thermography techniques. Through the creation of a multimedia website, a Web3D environment dedicated to the scientific visualization of the artifact, and a holographic showcase for museums, the project pushes the languages of scientific communication into new territories of experimentation that can arouse emotion and motivate the public to knowledge.

keywords: Manuscripts; Multidisciplinary approach; Documentation of visible and invisible elements; Virtual and mixed reality

EVA PIETRONI

CNR Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale (ISPC)

Prima ricercatrice CNR, conservatrice di Beni Culturali, storica dell'arte e musicista. Si occupa principalmente di musei virtuali, tecnologie museali, design dell'esperienza utente, digitalizzazione, ricostruzioni virtuali, realtà virtuale e nuove forme di narrazione e interazione, compresa l'interazione basata sui gesti, e l'ibridazione dei media. La sua ricerca sugli aspetti percettivi e cognitivi della trasmissione culturale è costantemente supportata da indagini per valutare l'esperienza del pubblico delle applicazioni digitali offerte nei musei. In questo ambito è autrice di oltre centoventi pubblicazioni scientifiche ed è coordinatrice di progetti nazionali e internazionali di digitalizzazione e valorizzazione del patrimonio culturale, tra cui il progetto Codex4b.

eva.pietroni@cnr.it

https://www.ispc.cnr.it/it_it/team/pietroni-eva/

NOEMI ORAZI

Università di Roma Tor Vergata

Ricercatrice presso il Laboratorio di Analisi Non Distruttive dei Beni Culturali della stessa Università dal 2010. Ha una laurea magistrale in Storia dell'Arte e un dottorato di ricerca in Ingegneria Industriale presso l'Università di Roma Tor Vergata. Insegna Fisica applicata ai beni culturali e Fisica ambientale per la conservazione dei libri. Ha partecipato a diversi progetti di ricerca finanziati (Smart Campus, Adamo, Codex4D). La sua ricerca è principalmente dedicata all'uso di tecniche di imaging per l'analisi di bronzi, dipinti e libri antichi. In particolare, studia i processi di fabbricazione dei beni culturali utilizzando la termografia a infrarossi.

noemi.orazi@uniroma2.it

<https://directory.uniroma2.it/index.php/chart/dettagliDocente/12336>

BRUNO FANINI

CNR Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale (ISPC)

Dottore di ricerca in Informatica, è ricercatore presso CNR. Fa parte del Digital Heritage Innovation Lab (DHILab) e concentra le sue attività di ricerca e sviluppo sulla grafica 3D in tempo reale, la visualizzazione immersiva, l'interazione naturale e la progettazione di interfacce utente 3D. Ha progettato e sviluppato strumenti Web3D /Web XR open-source

(come il framework ATON), giochi seri, musei virtuali e applicazioni interattive per il patrimonio culturale. È responsabile di diversi progetti che si occupano di visualizzazione 3D interattiva, presentazione 3D online, modelli di interazione e XR immersivo.

bruno.fanini@cnr.it

https://www.ispc.cnr.it/it_team/fanini-bruno/

ROBERTO NATALINI, ANDREA PLAZZI

Scheda Comics & Science: i fumetti nella comunicazione della scienza

ROBERTO NATALINI

CNR Istituto per le Applicazioni del Calcolo "Mauro Picone" (IAC)

Matematico e Direttore del CNR IAC, si occupa dello sviluppo di modelli matematici di fluidodinamica, problemi di perturbazione singolare, analisi dei flussi di traffico su reti, strutture biologiche e monitoraggio del patrimonio culturale. Svolge da alcuni anni un'intensa attività di divulgazione attraverso il sito "Maddmaths!" supportato dalla SIMAI (Società Italiana di Matematica Applicata e Industriale) e dall'UMI (Unione Matematica Italiana). Dal 2013, insieme ad Andrea Plazzi, si occupa dell'evento scientifico-fumettistico Lucca Comics&Science e degli albi *Comics&Science* editi da CNR Edizioni.

roberto.natalini@cnr.it

<https://www.iac.cnr.it/personale/roberto-natalini>

ANDREA PLAZZI

Symmaceo Communication

Laureato in matematica, si è occupato professionalmente dello sviluppo di motori geometrici per sistemi di modellazione 3D. In campo editoriale è traduttore di fumetti dal francese (Marjane Satrapi) e dall'inglese, in particolare di comic book americani (Fantastic Four, Daredevil, Uncanny X-Men) e romanzi a fumetti (Alan Moore, David Lapham, Paul Hornschoeimer). Dal 1997 cura per Panini le edizioni di Leo Ortolani, l'autore di Rat-Man. Dal 2013, insieme a Roberto Natalini, si occupa del progetto scientifico-fumettistico Comics&Science e degli albi *Comics&Science* editi da CNR Edizioni. Insegna elementi di editoria, traduzione e fumetto presso master, Scuole di Traduzione e corsi di formazione professionale.

andrea.plazzi@comicsandscience.it

<https://www.comicsandscience.it/chi-siamo/autori/andreaplazzi/>

VITTORIO TULLI

CNR Direzione Centrale Servizi per la Ricerca - Ufficio ICT

Alfabeto fotografico

The contribution presents the photographic alphabet made up of 21 photographs taken by Vittorio Tulli in Ny-Ålesund with commentary and captions by anthropologist Paola Atzeni. The alphabet is part of the traveling exhibition "4,404 km: Soil and Subsoil", which has the metaphor of the voyage of discovery as a common thread. Beginning with a glimpse into the depths and darkness, then moving towards the horizons of knowledge, represented by the North Pole, the exhibition explores the possibilities and limits of knowledge.

keywords: science photography; North Pole; metaphor

Tecnico e fotografo CNR, supporta le attività di ricerca e divulgazione della rete scientifica CNR tramite l'utilizzo delle infrastrutture informatiche, e segue gli incontri istituzionali della Presidenza CNR. Come documentarista ha partecipato a diverse spedizioni scientifiche CNR, in particolare nella stazione artica Dirigibile Italia a Ny-Ålesund, e nella nave di ricerca "Gaia Blu", costituendo negli anni un significativo archivio di foto e video. Svolge inoltre attività di laboratorio didattico nell'ambito del corso di Teoria e Tecnica della Comunicazione della Conoscenza presso l'Università Tor Vergata di Roma.

vittorio.tulli@cnr.it

