



4.1, 4.2

Alcuni esempi dell'arte scientifica di Santiago Ramón y Cajal. Sopra, una cellula di Purkinje, l'unico tipo di cellula con cui la corteccia cerebellare comunica con il resto del cervello; sotto, vari neuroni del cervello del gatto.

Sebbene sia giunto a concepire tre modi diversi in cui le neuroscienze potrebbero contribuire al lavoro degli architetti, qui metterò in evidenza le *neuroscienze del processo progettuale*, la cui questione fondamentale è: “che cosa possiamo capire sul cervello degli architetti mentre progettano un edificio?” Vi proporrò solo delle analisi preliminari, ma con la speranza di incoraggiare ulteriori ragionamenti su come il processo progettuale possa essere illuminato sempre di più dalle future ricerche sulle neuroscienze. Inoltre, introdurrò brevemente due altri campi: uno è quello delle *neuroscienze dell'esperienza dell'architettura*, che però non riguarda ciò che succede nell'architetto, ma quanto avviene nella persona che sta facendo esperienza di un edificio; l'altro è quello che chiamerò *architettura neuromorfica*². Ma lasciatemi per prima cosa presentare un sintetico punto di vista sulle neuroscienze.

Qualche parola sulle neuroscienze

Gran parte della discussione sulle neuroscienze inizia con una qualità come un'azione, una visione, un ricordo o l'empatia di cui siamo immediatamente consapevoli senza conoscere le neuroscienze, e poi condivide l'entusiasmo degli esperimenti che *correlano* i gradi di coinvolgimento delle persone rispetto a tale qualità con i gradi di attivazione delle regioni cerebrali come vengono osservate durante la *brain imaging*. Desidero andare più a fondo per investigare come i circuiti all'interno del cervello medino le nostre azioni, percezioni e

¹ Questo capitolo si basa principalmente su una presentazione fatta il 3 giugno 2013 a Helsinki in occasione del simposio “Architecture and Neuroscience”, il primo di una serie per celebrare nel 2015 il centenario della nascita di Tapio Wirkkala, organizzato dalla Aalto University, Alvar Aalto Academy, Finnish Center for Architecture, University of Helsinki e dalla Tapio Wirkkala–Rut Bryk Foundation. Ringrazio Juhani Pallasmaa ed Esa Laaksonen per aver concepito l'evento e resa possibile la sua fruizione. Il capitolo comprende anche i materiali della mia presentazione tenuta nel novembre del 2012 a Taliesin West nel simposio “Minding Design: Neuroscience, Design Education and the Imagination” organizzato da Sarah Robinson per la Frank Lloyd Wright Foundation con il supporto della Academy of Neuroscience for Architecture.

² In questo capitolo, la parola architettura verrà quasi sempre utilizzata nel senso di “architettura dell'ambiente costruito”. Tuttavia, come vedremo tra breve, i neuroscienziati impiegano espressioni come *architettura neuronale* o *architettura del cervello* per descrivere dei *pattern* dove i neuroni e le loro connessioni sono organizzati in strati, colonne e regioni nella struttura tridimensionale di un cervello. Un *computer scientist* impiegherà poi il termine *architettura neuromorfica* per un computer che, a differenza del convenzionale computer seriale, ha i propri componenti distribuiti in un modo da trarre in parte (spesso una parte molto piccola) ispirazione dall'architettura del cervello.

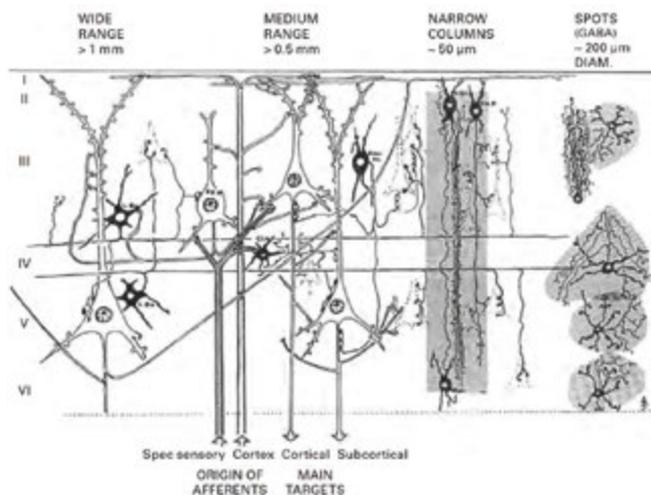
memorie, il tutto in relazione alle nostre interazioni ed esperienze con i mondi fisici e sociali in cui siamo immersi. Nel contesto del capitolo posso solo indicarvi l'orientamento generale di tali studi (un'esposizione ragionevolmente completa, tuttavia accessibile, la si può trovare nel mio libro *How the Brain Got Language*³). Il mio interesse è rivolto a "come funziona il cervello".

Nel 1905 il neuroanatomista Korbinian Brodmann colorò alcune regioni del cervello e poi le osservò con un microscopio ottico per vedere come la struttura stratificata della corteccia cerebrale differisse da area ad area. Poi assegnò un numero alle regioni corticali che avevano un *pattern* distintivo di stratificazione. Una procedura del genere correlava diverse aree del cervello con le loro funzioni specifiche. Giova ricordare, tuttavia, che il cervello non è un insieme di scatole separate ognuna delle quali svolge un compito diverso, piuttosto più regioni competono e cooperano, dando i loro contributi specializzati a una serie di funzioni cognitive.

Altri neuroanatomisti, a iniziare da Santiago Ramón y Cajal (che aveva anche una formazione come pittore e fu un pioniere della fotografia a colori) in Spagna, si spostarono dalle colorazioni che mostravano *pattern* di stratificazioni alla colorazione di campioni di singoli neuroni con un dettaglio straordinario. Le figg. 4.1 e 4.2 mostrano alcuni dei disegni di Cajal che sono artistici ed evocativi tanto quanto dimostrano una profonda comprensione del modo in cui i neuroni cooperano. La fig. 4.3 del neuroanatomista ungherese János Szentágothai mostra una selezione di circuiti neuronali della corteccia cerebrale rivelati nelle loro meravigliose particolarità. È questo il livello che mi interessa maggiormente delle neuroscienze: mi interessa quello che accade non al livello delle aree generiche delineate da Brodmann, ma in termini di circuiti, sensibilmente differenti nelle diverse aree del cervello, i cui *pattern* di attivazione mediano la nostra percezione, le nostre azioni, i nostri ricordi, i nostri desideri.

Ma naturalmente ci sono anche molti altri livelli. Al di sotto dei neuroni ci sono le *sinapsi*: i punti di collegamento fra i neuroni. Le sinapsi sono elaborate strutture molecolari e membranose. Rispetto ai nostri obiettivi in questo contesto, sarà sufficiente pensare alle sinapsi come a *luoghi* di scambio. Le molecole e le membrane potrebbero risultare troppo dettagliate al momento: la nostra principale preoccupazione è capire come l'esperienza dia forma al modo in cui un neurone comunica con altri neuroni adattando la forza delle sinapsi fra di loro. Ho già parlato dei *circuiti*, che sono al di sopra dei neuroni. E al di sopra dei circuiti ci sono gli *schemi*, che fanno da ponte fra la nostra psicologia,

³ Michael Arbib, *How the Brain Got Language: The Mirror Systems Hypothesis*, Oxford University Press, New York, 2012, Capitoli 4 e 5.



4.3 Una schematizzazione di János Szentágothai del circuito neuronale della corteccia cerebrale. Nel cervello reale molte più cellule sono impaccettate in una porzione corrispondente a questa figura, e la distribuzione delle cellule differisce notevolmente da regione a regione, con queste differenze che forniscono la base per le distinzioni tracciate da Brodmann.

la nostra esperienza e il nostro comportamento e ciò che fanno i nostri circuiti neurali. Qui è cruciale la nozione di “percezione orientata all’azione”⁴: bisognerebbe guardare i sistemi percettivi del cervello non come fine a sé stessi (ricostruendo il mondo nelle nostre teste), quanto, piuttosto, nei termini dei nostri continui corsi di azione, una questione messa in evidenza dalla nozione di *ciclo di azione-percezione*⁵. Ciò che facciamo dipende da ciò che abbiamo percepito, ma ciò che percepiamo dipende da ciò che facciamo, e le nostre azioni includono l’esplorazione alla ricerca della conoscenza del mondo rilevante per il dispiegamento dei nostri obiettivi e delle nostre intenzioni.

Spingendoci oltre lo studio di un cervello individuale, dobbiamo valutare come noi, in quanto *persone*, facciamo esperienza non solo del mondo fisico ma anche di quello sociale. Cos’è che fa di noi una persona invece di un’accozzaglia di aree cerebrali con un fascio di muscoli? Al di sopra del livello dell’individuo entra in gioco il nostro essere parte di un gruppo sociale: le interazioni sociali, così come le interazioni incarnate, danno forma a ciò che siamo.

Gli schemi

Una sfida specifica per qualunque neuroscienza per l’architettura è collegare il linguaggio della psicologia con quello del circuito neuronale. Il modo in cui ho affrontato questa sfida (e non solo per l’architettura) è consistito nello sviluppare una nozione di *schemi* di

⁴ Michael Arbib, *The Metaphorical Brain: An Introduction to Cybernetics as Artificial Intelligence and Brain Theory*, Wiley-Interscience, New York, 1972.

⁵ Michael Arbib, *The Metaphorical Brain 2: Neural Networks and Beyond*, Wiley-Interscience, New York, 1989.

→
 4.4 Premodellare
 mentre si allunga
 la mano per
 afferrare, Marc
 Jeannerod e Jean
 Biguer, 1982.



ispirazione neuronale, in parte stimolato dall'epistemologia genetica di Jean Piaget⁶, ma più potentemente influenzato dal tentativo di far progredire la *neuroetologia*, lo studio dei meccanismi del cervello alla base del comportamento animale⁷. Distinguo gli schemi percettivi da quelli motori, pur riconoscendo che sono necessari molti schemi ponte, specialmente nella capacità umana di comprendere concetti di crescente astrazione. Uno *schema percettivo* è un processo di riconoscimento di una mela o di un volto di una persona, di una sedia o di un muro; tuttavia non è sufficiente per riconoscere un oggetto alla volta. Per dare un senso al nostro ambiente dobbiamo essere in grado di riconoscere molti oggetti diversi e le loro relazioni spaziali. D'altra parte gli *schemi motori* garantiscono la capacità di eseguire le azioni che sono state determinate attraverso il funzionamento continuo del ciclo azione-percezione. Fate attenzione al plurale: raramente eseguiamo un'unica azione, quanto, piuttosto, un "programma di controllo coordinato" che armonizza vari schemi motori, modulando la loro attività mentre gli schemi percettivi aggiornano la loro rappresentazione dello stato attuale dell'interazione dell'attore con l'ambiente.

Una nozione del genere fu ispirata dalla fig. 4.4 di Marc Jeannerod e Jean Biguer, la quale mostra che, quando allunghiamo la mano per afferrare qualcosa, non stiamo solo mettendo

⁶ Jean Piaget, *La costruzione del reale nel bambino*, La Nuova Italia, Firenze, 1999, e *Biologia e conoscenza*, Einaudi, Torino, 1997.

⁷ M. Arbib, "Rana Computatrix to Human Language: Towards a Computational Neuroethology of Language Evolution", in «Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A Math, Physics, Engineering Science» n. 361 (2003), pp. 2345-2379.

la mano nel posto giusto, ma stiamo anche predisponendo la mano in vista di afferrare l'oggetto. L'idea che sottende i programmi di controllo coordinati è che uno schema percettivo deve riconoscere la localizzazione dell'oggetto per guidare lo schema motorio dell'afferrare. Un altro schema percettivo deve riconoscere la dimensione dell'oggetto e l'orientamento per guidare lo schema motorio dell'afferrare, e tutti e quattro gli schemi devono essere coordinati perché abbia successo l'azione dell'allungare la mano per afferrare.

Per noi, da un punto di vista fenomenologico, allungare la mano per afferrare è un tutt'uno che combina la localizzazione e la forma dell'oggetto in una sola azione integrata della mano. Tuttavia se le persone hanno una certa area del cervello danneggiata, l'azione non è più fluida, perché non sono in grado di utilizzare l'informazione per predeterminare l'azione, devono invece aprire al massimo la mano e mantenere la sua configurazione aperta mentre si muovono verso l'oggetto, per poi usare il senso del tatto per conformare la propria mano allo scopo di afferrarlo. Un paziente con una lesione diversa potrebbe predisporre la propria mano in modo adeguato alla dimensione di un oggetto quando l'allunga per afferrarlo, ma potrebbe non essere in grado di dirci (sia verbalmente sia mimandolo) quanto sia grande l'oggetto. Un esempio del genere introduce un tema fondamentale. *Ciò che alla nostra introspezione sembra un'unità senza soluzioni di continuità potrebbe di fatto coinvolgere diversi processi che vengono coordinati e orchestrati nel cervello.* L'idea, allora, è che, quando studiamo le neuroscienze dei processi rilevanti per l'esperienza e per la progettazione degli edifici, dovremmo apprendere nuovi modi per dissezionare quei processi e costruire sulle intuizioni risultanti per fornire nuovi strumenti (sia concettuali sia computazionali) per la progettazione.

Ci spostiamo ora dagli effetti di un danno cerebrale sull'azione e sulla percezione umana a studi dettagliati che utilizzano microelettrodi per misurare l'attività di singoli neuroni nel cervello di scimmia⁸. Due parti del cervello del macaco, l'AIP e la F5, rivestono un'importanza speciale, ma per i nostri scopi attuali il significato di questi termini non è essenziale. Sakata e i suoi colleghi di Tokyo hanno trovato delle cellule nell'AIP la cui accensione non dipende dal tipo di oggetto che la scimmia sta guardando ma solo dalle sue *affordance*, ossia dalle sue possibilità di essere afferrato. In modo simile, quando Rizzolatti e i suoi colleghi di Parma hanno registrato l'area F5, gli studiosi hanno scoperto delle cellule la cui attività era correlata agli *schemi motori* dell'azione dell'afferrare della scimmia, una presa di precisione potrebbe essere in relazione con un set di cellule, la forza delle prese con altre, e così via.

⁸ M. Jeannerod, M. Arbib, G. Rizzolatti, H. Sakata, "Grasping Objects: The Cortical Mechanisms of Visuomotor Transformation", in «Trends in Neuroscience» n. 18 (1995), pp. 314-320.

Il termine *affordance* è un concetto importante nel libro di Sarah Robinson *Nesting*⁹: abbiamo mutuato il termine da James Jerome Gibson, che lo ha utilizzato per identificare le possibilità di azione che i nostri cervelli registrano senza essere necessariamente e coscientemente consapevoli dell'oggetto che consente quelle azioni. Il modo più semplice per comprendere l'esperimento è immaginare di camminare lungo una strada quando la vostra vista periferica registra una possibile collisione e vi spostate di lato per evitarla piuttosto che rivolgere la vostra attenzione a identificare l'ostacolo; poi, più tardi, riceverete una telefonata di rimbrotto da parte di un amico, il quale stava camminando lungo la strada nello stesso momento, che vi chiede perché lo abbiate ignorato. Al che risponderete: "Ma cosa stai dicendo?" C'è una parte del nostro sistema visivo che estrae le *affordance* per l'azione immediata, mentre il sistema più centrale risponde alla domanda: "Chi è quello, che cos'è quello, cosa centra con la mia decisione?" Possiamo capire questo livello del comportamento umano in modo più completo perché possiamo discriminare i dettagli neuronali nella scimmia. Molta architettura viene teorizzata e insegnata solamente in termini di visione a fuoco, ma siamo avvolti dallo spazio grazie alla nostra percezione periferica.

Tornando alla percezione di scene visive, pensiamo al dipinto *Il castello dei Pirenei* di René Magritte del 1959. Se osserviamo solo la sua metà superiore, abbiamo l'immediata impressione della punta di una montagna sopra la quale è arroccato un castello. Quando esaminiamo tutto il dipinto, siamo confusi, ciò che sembrava una montagna si rivela essere un immenso macigno sospeso (o che sta per schiantarsi) sulle onde sottostanti. È interessante sottolineare che, in genere, viviamo in un mondo coerente, così che i nostri schemi (stati interagenti di attività nei nostri cervelli) possono "esortarsi" a vicenda, cambiando le forme che rappresentano, riformulando le loro descrizioni parametriche in modo che fra di loro forniscano un'interpretazione coerente della scena. In quanto pittore surrealista Magritte ha dipinto ogni parte del quadro in modo del tutto realistico. Non c'è possibilità di non vedere che c'è un oceano nella parte inferiore del dipinto, come non c'è modo di non vedere la parte inferiore del masso proprio sopra di esso, tuttavia, dall'alto, la vista del castello confonde l'impressione che sia arroccato sopra un masso, piuttosto che su una montagna. Magritte crea un tipo di dissonanza cognitiva. Ricorro a un esempio del genere per dimostrare che, nella maggior parte dei casi, muovere gli occhi attorno alla scena costruisce una visione integrata. In generale questa sarà una visione coerente di ciò che c'è là fuori, a meno che non ci si stia confrontando con il

⁹ Sarah Robinson, *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, Safarà Editore, Pordenone, 2014.

surrealismo di Magritte, il cui scopo era deliberatamente volto a confondere. Naturalmente persone diverse hanno esperienze differenti e le esperienze danno forma a schemi percettivi diversi. Simili differenze sono anche parzialmente dovute al fatto che durante il ciclo azione-percezione diversi schemi motori vengono messi in relazione e supportati da un insieme di abilità dell'individuo.

Le neuroscienze dell'esperienza di architettura

Una delle tre aree nelle quali divido il dialogo fra neuroscienze e architettura è costituita dalle *neuroscienze dell'esperienza di architettura*. L'Academy of Neuroscience for Architecture è stata fondata da John Paul Eberhard, che ha contribuito a questo libro con un saggio. La sua particolare attenzione riguardava ciò che le neuroscienze possono dirci sull'architettura rispetto a persone diverse da noi tanto quanto sull'esperienza dell'ambiente costruito da parte di qualcuno come noi¹⁰ (che, naturalmente, varia da individuo a individuo, e da architetto ad architetto). Come possono aiutare le neuroscienze l'architetto che progetta un edificio per coloro la cui esperienza è molto diversa dalla sua? Per esempio, come si potrebbe progettare un edificio che consenta di mantenere gli anziani vigili mentre si spostano nei propri ambienti? Eberhard ha anche valutato come il progetto di un'aula potrebbe influenzare i processi cognitivi di un bambino. In questo caso cercava di affrontare la nozione di plasticità neuronale, il processo di cambiamento continuo che avviene nel cervello. Altre questioni in relazione a questa comprendono gli ambienti lavorativi e i loro effetti sulla produttività, possiamo anche considerare il ritmo circadiano e, per esempio, l'illuminazione delle stanze negli ospedali e negli ospizi. Se un'infermiera deve entrare in una stanza di notte, come possiamo impedire che la luce interrompa il ritmo circadiano e quindi, con tutta probabilità, comprometta il processo di guarigione o il potere rigeneratore del sonno?

Un'area del nostro cervello, l'ippocampo, merita una qualche particolare attenzione per il suo ruolo nell'orientamento spaziale¹¹. L'ippocampo è anche molto interessante in termini umani in seguito al caso di H.M., la cui identità come Henry Gustav Molaison fu rivelata dopo la sua morte. Quando era giovane, H.M. era affetto da una forma di epilessia incontrollabile e il suo neurochirurgo William Scoville, di Montreal, rimosse un'ampia porzione del cervello al centro dell'ippocampo. Come conseguenza H.M. perse la *memoria episodica*, la capacità di costruire nuove memorie di episodi della propria vita, anche se era in grado di ricordare episodi della sua vita prima dell'operazione. Una persona avrebbe potuto

¹⁰ John P. Eberhard, *Brain Landscape: The Coexistence of Neuroscience and Architecture*, Oxford University Press, Oxford, 2008.

¹¹ E. Sternberg, M.A. Wilson, "Neuroscience and Architecture: Seeking Common Ground", in «Cell» n. 127 (2006), pp. 239-242.

parlargli, lasciare la stanza, tornare pochi minuti più tardi e scusarsi per il ritardo, ma lui non si sarebbe ricordato di averla mai vista. Aveva ancora una *memoria funzionale*, l'abilità di ricordare oggetti importanti per un'attività che stava svolgendo, ma una volta cessata l'attività, questa memoria transitoria non poteva più essere riattivata¹². E tuttavia ci fu una sorpresa: se un giorno una persona aveva giocato con lui a un nuovo gioco da tavolo (ricordiamo: H.M. era in grado di attivare la memoria in maniera transitoria), il giorno successivo avrebbe insistito di non aver mai visto il gioco da tavolo. E così sarebbe stato nei giorni successivi. Tuttavia, la sua abilità continuava a migliorare, visto che giocava ogni giorno. In altre parole egli conservava una qualche *memoria procedurale*, l'abilità di acquisire nuove abilità, anche se non aveva memoria esplicita delle occasioni nelle quali aveva costruito quelle abilità¹³. In sintesi, l'ippocampo gioca un ruolo cruciale nella creazione della memoria episodica, e tuttavia la corteccia cerebrale è ancora capace di ritenere vecchi ricordi, una volta che sono stati consolidati, anche quando l'ippocampo è stato rimosso. Inoltre la memoria di abilità può essere sviluppata senza l'ippocampo e coinvolge aree come i gangli basali e il cervelletto. Di conseguenza l'interazione fra la corteccia cerebrale, l'ippocampo e queste altre regioni sono state di grande interesse per i neuroscienziati.

Studi sui ratti evidenziano peraltro il ruolo dell'ippocampo nella navigazione spaziale. John O'Keefe e i suoi colleghi di Londra¹⁴ hanno posizionato degli elettrodi nell'ippocampo dei ratti e hanno riscontrato che alcune cellule tendevano a rispondere non a ciò che il ratto vedeva o faceva, ma a dove si trovava nel laboratorio. Furono soprannominate "cellule di posizione" (*place cells*). Una singola cellula non dice molto a noi (o al ratto). Tuttavia una delle proprietà interessanti del cervello appena arriviamo al livello circuitale delle cellule è il *population coding*. Nessun singolo neurone "conosce" qualcosa con qualsivoglia precisione, perché la popolazione dei neuroni codifica la conoscenza fra di essi. Nell'esempio di cui sopra una cellula potrebbe segnalare "sei qui da qualche parte" e una altra cellula potrebbe avvisarti che "sei un po' troppo sopra" o che "sei un po' troppo sulla destra", e fra di loro la popolazione comunica al ratto proprio l'informazione precisa di dove si trovi. Naturalmente uno dei grandi misteri delle neuroscienze è come noi, o il ratto, abbiamo un'esperienza incarnata dell'essere in uno specifico luogo quando le

¹² W. Scoville, B. Milner, "Loss of Recent Memory after Bilateral Hippocampal Lesions", in «Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry» n. 20 (1957), pp. 11-21, ripubblicato in «Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences» n. 12 (2000), pp. 103-113.

¹³ B. Milner, S. Corkin, H.L. Teuber, "Further Analysis of the Hippocampal Amnesic Syndrome: 14-Year Follow-up Study of H.M.", in «Neuropsychologia» n. 6 (1957), pp. 215-234.

¹⁴ J. O'Keefe, J.O. Dostrovsky, "The Hippocampus as a Spatial Map: Preliminary Evidence from Unit Activity in the Freely Moving Rat", in «Brain Research» n. 34 (1971), pp. 171-175.

cellule si attivano in un'ampia regione della mappa. Una risposta parziale è che l'esperienza individuale rafforza selettivamente le sinapsi e collega i neuroni di luogo (*place neurons*) ai neuroni situati in altre parti del cervello che rappresentano le esperienze sensoriali, motorie e di altro tipo che il ratto ha provato mentre attraversava le regioni con cui ogni cellula di posizione si correla.

Ispirati da studi del genere i neuroscienziati hanno utilizzato il *brain imaging* per dimostrare che l'ippocampo svolge un ruolo negli esseri umani sia nella navigazione sia nella memoria episodica. Per esempio nel 1997 Magurie¹⁵ ha dimostrato come l'ippocampo destro lavori con altre regioni del cervello all'elaborazione di mappe spaziali su archi temporali sia lunghi sia brevi, partecipando tanto alla codificazione quanto al richiamo della memoria topografica. Tutto ciò rende l'ippocampo molto interessante per i suggerimenti che può offrire sia alla nostra *navigazione nel tempo*, la memoria episodica come è stata studiata negli esseri umani, sia alla nostra *navigazione nello spazio*, come dimostrano le cellule di posizione che ci portano fino al livello circuitale nell'ippocampo. È questa la ragione per cui le neuroscienze dell'ippocampo e le relative regioni cerebrali diventano importanti non solo nell'orientamento spaziale (*wayfinding*), come una componente o una proprietà particolare di un edificio, ma per il modo in cui gli edifici possono agire come archivi della memoria umana, e così essi potrebbero venire organizzati con un'attenzione particolare per le persone la cui memoria è danneggiata.

Architettura neuromorfica

L'*architettura neuromorfica* si basa sul tentativo di rispondere alla domanda: che cosa succederebbe se un edificio avesse un "cervello" o, più precisamente, un sistema nervoso? Quando studiamo un animale osserviamo una creatura il cui corpo e il cui cervello si sono evoluti insieme per aiutare la sua esplorazione e la sua sopravvivenza nell'ambiente circostante. A complemento di questo c'è l'idea che se un edificio avesse un "cervello", il suo corpo circonderebbe il suo mondo. Senza disconoscere l'importanza degli edifici *green* e il relativo focus sullo scambio di energia con l'ambiente circostante, penso invece a un'"infrastruttura interattiva" di un edificio che, per esempio, potrebbe contenere qualcosa di cognitivamente equivalente alla funzione dell'ippocampo, ma mentre l'ippocampo aiuta l'animale a tenere traccia della sua navigazione nel mondo esterno, l'"ippocampo" dell'edificio potrebbe tenere traccia delle persone all'interno dell'edificio e forse comunicare con loro per fornire

¹⁵ E.A. Maguire, "Hippocampal Involvement in Human Topographical Memory: Evidence from Functional Imaging", in «Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences» n. 352 (1997), pp. 1475-1480.

un livello di sostegno umano completamente nuovo, adattivo. Potrebbe sembrare fantascienza, ma io la vedo come parte del futuro dell'architettura¹⁶.

Se l'edificio è un'entità cognitiva, non solo una struttura statica eventualmente modificabile con lo spostamento dell'arredamento, potrebbe diventare dinamicamente riconfigurabile sulla base delle sue interazioni con le persone al suo interno. Inoltre, pensare a ogni oggetto d'arredamento come a un tipo di robot percettivo piuttosto che come a un pezzo statico di apparecchiatura potrebbe aiutarci a progettare ambienti capaci di rispondere dinamicamente alle necessità dei loro abitanti. Per ritornare alla questione di venire incontro ai bisogni di categorie speciali di persone, è necessario prendere in considerazione come il letto potrebbe riconoscere le intenzioni e fornire assistenza a un anziano infermo che stesse cercando di scendere dal suo letto. Qualcuno potrebbe anche obiettare che l'arredamento possiede una capacità limitata di empatia nel venire incontro alle necessità dei suoi utenti umani. Oggi come oggi ci stiamo sempre più abituando all'idea che i nostri smartphone abbiano varie applicazioni che possono fare cose diverse, ma l'interfaccia è ancora soprattutto simbolica, sebbene migliorata con i movimenti delle dita. Che cosa accade quando l'interfaccia si estende all'interazione dinamica con un edificio e con il suo arredamento?

Le neuroscienze del processo progettuale

Non ho la presunzione di sapere che cosa saranno le neuroscienze del processo progettuale. Voglio piuttosto proporvi delle idee che potrebbero costituire parte delle fondamenta per il lavoro futuro in questo ambito ricorrendo a una citazione tratta da un saggio di Peter Zumthor, "Un modo di vedere le cose", contenuto nel suo libro *Pensare architettura*:

quando penso all'architettura, dentro di me scaturiscono delle *immagini*¹⁷. [...] Quando progetto mi trovo ripetutamente immerso in vecchi e *quasi dimenticati ricordi*. [...] Mentre nel contempo so che tutto è *nuovo*, diverso e che nessuna citazione diretta di un'architettura anteriore può tradire il segreto di un'atmosfera preguata di ricordi¹⁸. *Costruire è l'arte di conformare un tutt'uno dotato di senso, a partire da una molteplicità di parti singole*. [...] Guardo con rispetto all'arte del congiungere, alla capacità dei costruttori, degli artigiani e degli ingegneri. Il sapere dell'uomo relativo alla realizzazione delle cose¹⁹. Ma a differenza dell'artista, devo partire dalle incombenze funzionali e tecniche. L'architettura è chiamata a sfidare *la creazione di un tutt'uno a partire da innumerevoli componenti singole*, distinte nella funzione e nella

¹⁶ M. Arbib, "Brains, Machines and Buildings: Towards a Neuromorphic Architecture", in «Intelligent Buildings International» n. 4 (2012), pp. 147-168.

¹⁷ Peter Zumthor, *Pensare architettura*, Electa, Milano, 2007, p. 7 [il corsivo è mio, N.D.A.].

¹⁸ *Ibid.*, p. 8 [il corsivo è mio, N.D.A.].

¹⁹ *Ibid.*, p. 9 [il corsivo è mio, N.D.A.].

forma, nei materiali e nelle dimensioni. [...] I dettagli [...] inducono alla comprensione del tutto, alla cui essenza necessariamente appartengono²⁰.

Un commento prima di procedere: il titolo del saggio di Zumthor è “Un modo di vedere le cose”, tuttavia queste citazioni coinvolgono l’immaginario motorio tanto quanto l’immaginario visivo: guardare non solo alle cose, ma anche a come le cose potrebbero essere fatte. E ciò ricorda la nozione di “percezione orientata all’azione” menzionata poc’anzi. Mio figlio, l’architetto Ben Arbib, è stato alle terme di Vals di Zumthor e ha parlato del modo in cui il progetto di Zumthor organizza il movimento dei visitatori attraverso lo spazio, fondendo un’esperienza sensoriale con l’altra. Vengono coinvolte diverse modalità sensoriali: in una stanza ci sono fiori fragranti nell’acqua per stimolare il senso dell’olfatto, da un’altra parte una cortina di cuoio pesante può sollecitare il senso del tatto e della pesantezza nell’atto di spostare la tenda di lato.

Leggere l’esperienza del processo progettuale di Zumthor, insieme alla descrizione di mio figlio sulla sua personale esperienza negli edifici di Zumthor, solleva un’importante questione per le “Neuroscienze per l’architettura”: “qual è qui il compito delle neuroscienze?” Le neuroscienze si basano sulla progettazione di esperimenti ripetibili e sullo sviluppo di spiegazioni argomentate che si confrontano con una serie crescente di dati empirici. Fra i suoi obiettivi c’è quello di capire quali differenti aree del cervello lavorino durante i diversi compiti e come interagiscano. Che cosa fanno i circuiti? Come cambiano i vari fattori durante lo sviluppo, l’invecchiamento e i diversi disturbi neurologici? Molti neuroscienziati studiano i dettagli neurochimici sottostanti e i *pattern* dell’espressione genetica, tuttavia penso che, almeno per il momento, questi ultimi dettagli non siano necessariamente rilevanti nel dialogo fra neuroscienziati e architetti. Ciò premesso, spiegare come Peter Zumthor abbia progettato le terme di Vals non lo vedo come uno scopo in sé delle neuroscienze. Invece possiamo raccogliere testimonianze biografiche, anche autobiografiche, dei passaggi che diversi architetti attraversano per domandarsi che cosa ci vorrebbe perché un cervello umano armonizzi l’insieme dei processi coinvolti nella progettazione. Solo a quest’ultimo livello siamo in grado di fare studi replicabili sulla struttura del cervello. Non saremo in grado di penetrare la speciale sintonia tra la biografia di Zumthor, l’ambiente di Vals e le necessità delle terme, ma potremmo comprendere quali processi siano coinvolti. E tutto ciò potrebbe avere molte ricadute nel processo educativo per i giovani studenti. Se possiamo dire “queste sono le abilità necessarie per un progetto eccezionale”, allora, perfino per gli studenti che si stanno formando per un futuro non straordinario da progettisti potrebbe essere utile coltivare quelle abilità nel modo esplicitato dalle neuroscienze. Torniamo allora a concentrarci sulle citazioni di

²⁰ *Ibid.*, p. 12 [il corsivo è mio, N.D.A.].

cui sopra di Zumthor, e consentitemi di rimarcare brevemente le opportunità rilevanti per le neuroscienze.

Che cos'è un'immagine? Le immagini possono essere molto precise, come per esempio la fotografia patinata di un'architettura, o potrebbero rappresentare qualche generica sensazione, forse multimodale, di alcuni aspetti dell'edificio. Inoltre potremmo approfondire come progetto per le neuroscienze la questione riguardante la varietà delle immagini: come possono parti diverse del cervello collaborare alla creazione di immagini? Come cambiano quelle stesse immagini? Senza scendere nel dettaglio, potremmo prendere in considerazione testi classici sulla percezione visiva e sull'immaginario come i lavori di Ernst H. Gombrich e Richard L. Gregory²¹, quelli sull'immaginario motorio di Marc Jeannerod²² e gli studi sull'immaginario utilizzando il *brain imaging* umano²³. Nel 2013, per esempio, Passingham e i suoi colleghi furono in grado di distinguere le regioni del cervello coinvolte nel richiamo di informazioni recenti e legate al contesto da quelle coinvolte negli altri processi, come l'immaginario visivo, la ricostruzione di scene e l'elaborazione autoreferenziale. La sfida affascinante è di passare da questa analisi area per area all'accesso alle interazioni intricate di *pattern* dettagliati dell'attività neuronale attraverso aree multiple, per capire come la plasticità neuronale codifichi i frammenti di esperienza e per tracciare il modo in cui il cervello, sottilmente ricablato, possa poi rispondere in modi nuovi ai diversi compiti e contesti – insieme all'abilità nello scegliere contesti stimolanti –, che è uno dei tratti distintivi della creatività. L'ippocampo potrebbe lavorare con la corteccia cerebrale per ricordare qualche episodio, mentre altre parti del cervello potrebbero lavorare per mettere in gioco alcuni aspetti di un'abilità generica. “Ricordi parzialmente dimenticati” – alcuni momenti specifici, alcuni sentimenti generici, alcune abilità procedurali – tutto serve per riformulare le attuali direzioni verso le quali l'immaginazione può orientare il processo progettuale.

La mia precedente spiegazione della mano allungata per afferrare un oggetto fornisce il fondamento essenziale per le abilità dell'uomo nel costruire: l'uso delle mani. In particolare gli esseri umani sono eccezionalmente dotati nella loro abilità nel progettare e nell'utilizzare strumenti per estendere le capacità delle loro mani di “realizzare un tutto

²¹ Ernst H. Gombrich, Richard L. Gregory, a cura di, *Illusion in Nature and Art*, Duckworth, Londra, 1980.

²² M. Jeannerod, “The Representing Brain: Neural Correlates of Motor Intention and Imagery”, in «Behavioral and Brain Sciences» n. 17 (1994), pp. 187-245.

²³ G. Ganis, W.L. Thompson, S.M. Kosslyn, “Brain Areas Underlying Visual Mental Imagery and Visual Perception: An fMRI Study”, in «Cognitive Brain Research» n. 20 (2004), pp. 226-241; A. Ishai, L.G. Ungerleider, J.V. Haxby, “Distributed Neural Systems for the Generation of Visual Images”, in «Neuron» n. 28 (2000), pp. 979-990; R.E. Passingham, J.B. Rowe, K. Sakai, “Has Brain Imaging Discovered Anything New about How the Brain Works?”, in «Neuroimage» n. 66 (2013), pp. 142-150.

significativo a partire da molte parti”. Sebbene l’uso degli strumenti sia stato osservato in altre specie, Krist Vaesen, nel suo articolo “The Cognitive Bases of Human Tool Use”, mette sistematicamente a confronto gli esseri umani e i primati non umani rispetto alle nove capacità cognitive (sociali e non) considerate fondamentali nell’utilizzare uno strumento: la migliore coordinazione mani-occhi, la plasticità degli schemi corporei, il ragionamento causale, la rappresentazione della funzione, il controllo esecutivo, l’apprendimento sociale, l’insegnamento, l’intelligenza sociale e il linguaggio²⁴. Lo studioso documenta straordinarie differenze fra gli esseri umani e le scimmie superiori in otto su nove degli ambiti citati²⁵. Vaesen ha anche dimostrato come alcune di queste caratteristiche cognitive aiutino a spiegare la nostra incredibile abilità per la cultura cumulativa, così come la straordinaria complessità tecnologica che questa ha prodotto: alcune caratteristiche consentono la trasmissione culturale con grande fedeltà, assicurando il mantenimento di queste caratteristiche tra generazioni diverse, mentre altri facilitano l’apprendimento individuale e l’introduzione di nuove varianti culturali necessarie per il cambiamento incrementale.

Pur non essendo in disaccordo con Vaesen, vorrei spostare la nostra attenzione dallo strumento alla costruzione. Molte creature possono utilizzare strumenti *di un tipo specifico* e in taluni casi perfino realizzarli, come fanno i corvi della Nuova Caledonia. Svitati studi²⁶ concludono che i processi cognitivi complessi coinvolti nell’utilizzo di utensili potrebbero essersi coevoluti autonomamente con cervelli di grossa taglia in diversi generi di corvidi e passeracei. In ogni caso mi sembra che la costruzione di un nido da parte degli uccelli sia una capacità perfino più straordinaria di quella di fabbricarsi i propri utensili. Nel 1995, in *Animal Architecture*²⁷, Juhani Pallasmaa ha documentato un ampio assortimento di costruzioni di molte specie animali. In realtà, Hansell e Ruxton²⁸ insistono che dovremmo guardare i comportamenti strumentali come una limitata sottoclasse del comportamento costruttivo. La costruzione del nido negli uccelli è stata un motore chiave della diversificazione dell’habitat e della speciazione in questi gruppi²⁹. È quindi affascinante che Stewart e i suoi

²⁴ K. Vaesen, “The Cognitive Bases of Human Tool Use”, in «Behavioral and Brain Sciences» n. 35 (2012), pp. 203-218.

²⁵ La sezione presente si basa, per la maggior parte, sul mio commentario “Tool Use and Constructions”, in «Behavioral and Brain Sciences» n. 35 (2012), pp. 218-219.

²⁶ G.R. Hunt, “Manufacture and Use of Hook-Tools by New Caledonian Crows”, in «Nature» n. 379 (1996), pp. 249-251; A.S. Weir, J. Chappell, A. Kacelnik, “Shaping of Hooks in New Caledonian Crows”, in «Science» n. 297 (2002), p. 981; L. Lefebvre, N. Nicolakakis, D. Boire, “Tools and Brains in Birds”, in «Behavior» n. 139 (2002), pp. 939-973.

²⁷ Juhani Pallasmaa, a cura di, *Eläinten arkkitehtuuri / Animal Architecture*, Museum of Finnish Architecture, Helsinki, 1995.

²⁸ M. Hansell, G. Ruxton, “Setting Tool Use within the Context of Animal Construction Behaviour”, in «Trends in Ecology and Evolution» n. 23 (2008), pp. 73-78.

²⁹ N.E. Collias, “On the Origin and Evolution of Nest Building by Passerine Birds”, in «Condor» n. 99 (1997), pp. 253-269; Mike Hansell, *Bird Nests and Construction Behavior*, Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts,

colleghi³⁰ dimostrano che il riutilizzo di specifici siti di nidificazione da parte degli scimpanzé della savana possa essere il risultato della “costruzione della nicchia”³¹ attraverso la preparazione di buoni siti da costruzione fra gli alberi. Gli studiosi ipotizzano che la modificare l'ambiente attraverso il comportamento costruttivo potrebbe avere influenzato la trasformazione sia tra gli scimpanzé sia tra i primi ominidi, e tutto ciò sarebbe avvenuto lasciando dietro di sé *pattern* riconoscibili di depositi di artefatti nel paesaggio.

È importante, tuttavia, distinguere fra l'architettura animale, come esito di programmi genetici che guidano il comportamento degli animali nella costruzione del loro habitat, e l'architettura dell'uomo, che cambia attraverso molte variabili in modi che sono distantissimi dai vincoli genetici. Ognuna delle abilità che Vaesen ha esaminato si sviluppa in parte grazie ai cambiamenti genetici che distinguono gli esseri umani dalle scimmie, ma sono poi sostenuti dall'evoluzione culturale dei nuovi ambienti umani culturali e tecnologici che consentono all'uomo di sviluppare costruzioni in modi innovativi e sorprendenti.

Spostiamo allora l'attenzione dall'“utilizzo di uno strumento” all'abilità di impiegare strumenti molteplici per risolvere un problema. Per attaccare un pezzo di legno al muro, dovrei utilizzare una vite sufficientemente lunga e un cacciavite, o un chiodo e un martello. Potrei anche impiegare uno strumento per trovare un montante, ma se ho bisogno di attaccare un oggetto e non c'è nessun montante, potrei utilizzare un trapano, un martello e un tassello per preparare l'avvitamento. Per delle riparazioni domestiche, potrei ricorrere a questi e ad altri attrezzi per risolvere un problema veramente nuovo, magari suddividendolo in sottoproblemi per i quali ho delle soluzioni di routine, o potrei chiamare in aiuto un manovale, grazie alla notevole specializzazione all'interno della società umana e alla creazione sociale di incentivi monetari.

Delle nove capacità cognitive elencate da Vaesen solo tre – la migliore coordinazione mani-occhi, la plasticità degli schemi corporei, la rappresentazione funzionale – si relazionano direttamente all'impiego di uno strumento per il suo scopo specifico. Due capacità – il ragionamento causale e il controllo esecutivo – non si riferiscono tanto all'utilizzo di uno strumento quanto a un'abilità più generale nella risoluzione dei problemi

2000.

³⁰ F.A. Stewart, A.K. Piel, W.C. McGrew, “Living Archaeology: Artefacts of Specific Nest Site Fidelity in Wild Chimpanzees”, in «Journal of Human Evolution» n. 61 (2011), pp. 388-395.

³¹ A. Iriki, M. Taoka, “Triadic Niche Construction: A Scenario of Human Brain Evolution Extrapolating Tool-Use and Language from Control of the Reaching Actions”, in «Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences» n. 366 (2011); K.N. Laland, F.J. Odling-Smee, M.W. Feldman, “Niche Construction, Biological Evolution, and Cultural Change”, in «Behavioral and Brain Sciences» n. 23 (2000), pp. 131-146.

(di cui la costruzione, con o senza l'ausilio di strumenti, è un sottocaso speciale). Il resto delle capacità – l'apprendimento sociale, l'insegnamento, l'intelligenza sociale e il linguaggio – si relazionano tutte all'interazione sociale in generale o al trasferimento di abilità in particolare, comportino o meno l'impiego di uno strumento. Vaesen afferma però che solo una delle nove capacità, la *plasticità degli schemi corporei*, non può essere presa in considerazione per spiegare ciò che rende uniche le abilità tecnologiche dell'uomo, giacché “condividiamo questa caratteristica con i nostri parenti più prossimi”. La questione, tuttavia, non è se gli schemi corporei possano essere estesi, possibilmente tramite un modellamento estensivo come nel caso delle scimmie³², piuttosto è (in parte) la rapidità e la flessibilità unicamente umane con cui diverse estensioni degli schemi corporei possono venire utilizzate in un compito generico, alternandosi fra l'impiego di alcune parti del corpo e alcune parti di uno strumento come terminale dell'azione da compiere³³.

A tal proposito, è vantaggioso pensare al linguaggio come a un “meta-strumento”, guardando la grammatica del linguaggio non come un insieme di regole sintattiche molto generali, quanto piuttosto come un grande numero di costruzioni che offrono strumenti per combinare delle parole in ordine gerarchico per rispondere agli obiettivi comunicativi di situazioni sia familiari che nuove³⁴. Esprimiamo le nostre idee combinando parole per avere qualche possibilità di comunicare agli altri le idee che abbiamo in mente. Non abbiamo un transfer da cervello a cervello, tuttavia possiamo combinare assieme quelle parti (quelle parole), obbedendo alle regole della grammatica, per creare un tutto. Ma quando pronuncio una frase, potrei cercare di esprimere un'idea che non si articola facilmente a parole, e potrebbe darsi che sia solo attraverso la conversazione (con un'altra persona o con me stesso, solo a parole o mediata attraverso gesti della mano, schizzi o con rimandi alla scena che sta svolgendosi)

³² Ishai, Ungerleider, Haxby, “Distributed Neural Systems for the Generation of Visual Images”, cit.; M.A. Umiltà, L. Escola, I. Intskirveli, F. Grammont, M. Rochat et al., “When Pliers Become Fingers in the Monkey Motor System”, in «Proceedings of the National Academy of Sciences» n. 105 (2008), pp. 2209-2213.

³³ M. Arbib, J.J. Bonaiuto, S. Jacobs, and S.H. Frey, “Tool Use and the Distalization of the End-Effector”, in «Psychological Research» n. 73 (2008), pp. 441-462.

³⁴ Un'avvertenza a proposito della terminologia: nella grammatica costruzionista (M.A. Arbib, J.Y. Lee, “Describing Visual Scenes: Towards a Neurolinguistics Based on Construction Grammar”, in «Brain Research» n. 1225 (2008), pp. 146-162; William Croft, *Radical Construction Grammar: Syntactic Theory in Typological Perspective*, Oxford University Press, Oxford, 2001; A.E. Goldberg, “Constructions: A New Theoretical Approach to Language”, in «Trends in Cognitive Science» n. 7 (2003), pp. 219-224; D. Kemmerer, “Action Verbs, Argument Structure Constructions, and the Mirror Neuron System”, in Michael A. Arbib, a cura di, *Action to Language via the Mirror Neuron System*, Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts 2006, pp. 347-373; Arie Verhagen, *Constructions of Intersubjectivity: Discourse, Syntax, and Cognition*, Oxford University Press, Oxford, 2005) il termine costruzione viene utilizzato come una “regola di assemblaggio” di base per combinare parole o frasi in entità più ampie – per esempio, aggiungere un aggettivo a un sostantivo per creare una frase più lunga, come in “appassita + rosa rossa + rosa rossa appassita” – mentre viene tenuta traccia di come tanto la forma quanto il significato dei componenti vengono combinati. Così, una frase come questa è il risultato dell'applicazione di un'intera gerarchia di costruzioni, mentre il nostro utilizzo quotidiano potrebbe far pensare che è la frase a essere una costruzione, e che ciò che i linguisti chiamano costruzioni sono “regole di assemblaggio”.

che l'idea originale può diventare piena di significato e ben espressa, così che alla fine io possa sentire di aver veramente condiviso le mie intuizioni con altre persone. La stessa cosa può anche capitare con un edificio: l'architetto potrebbe iniziare a dare forma a un insieme senza ancora sapere come i dettagli si integreranno reciprocamente, e di conseguenza viene richiesto molto lavoro per dare forma al progetto, ma ora in una versione estesa del linguaggio in cui sia gli schizzi sia i disegni formalizzati in pianta fanno da complemento alle forme scritte o espresse a voce. Il progetto dell'architetto deve incorporare una profonda comprensione delle abilità del costruttore e dell'artigiano (che, in questi periodi, potrebbero esse stesse mutare rapidamente di concerto con le nuove tecnologie), e di quali forme diverse di costruzione potrebbe realizzare. Tutto ciò, al pari delle idee su come un edificio debba venire utilizzato e su quale affermazione estetica debba essere pronunciata, contribuirà a rendere il progetto così esplicito che il vero processo di costruzione potrà iniziare.

Non importa quanto poetico possa essere lo spazio di Vals: portare l'acqua alla giusta temperatura, definire i modi in cui le persone possono stare in acqua e predisporre spogliatoi sono tutte richieste funzionali a cui il progetto definitivo deve assolvere. Queste variano dalle richieste rigide a quelle molto flessibili, e vediamo che Zumthor le ha tradotte in un modo come nessun altro avrebbe fatto. Il confronto fra "ecco quello che voglio ottenere con l'edificio" e il risultato finale, che si poggia sull'intera esperienza dell'architetto, si realizza soddisfacendo le funzioni in un modo, come dice Zumthor, "che non è definito semplicemente dalle sole richieste funzionali".

È da notare come non venga definito un dettaglio, né se ne aggiunga un altro e poi un altro ancora e alla fine emerga il tutto. Si ha invece questa idea generale e complessiva, e i dettagli incominciano a entrare in gioco e subentrano a quella vaga intuizione del tutto così da determinare una comprensione più precisa delle parti dell'insieme, che ora definiranno un limite a come verranno riempite le altre parti di detta totalità.

Mani, neuroni specchio e la bellezza dell'astrazione

Nella mia precedente descrizione del controllo delle azioni dell'allungare la mano per afferrare qualcosa, ho accennato al fatto che Rizzolatti e i suoi colleghi di Parma hanno registrato l'attività di singoli neuroni nell'area F5 del cervello di macaco e che hanno trovato cellule che si attivavano prevalentemente quando la scimmia eseguiva certi tipi di azione, ma non altri. Anni dopo, in una *subarea* di F5, scoprirono cellule che avevano un'altra sorprendente proprietà: tali cellule si attivavano non solo quando la scimmia compiva la sua azione preferita, ma anche quando osservava lo sperimentatore umano

compiere un'azione simile. Chiamarono quelle cellule neuroni specchio³⁵, neuroni per i quali il movimento effettivamente osservato è simile al movimento effettivamente eseguito. È importante comprendere, come ho fatto notare poc'anzi, che una popolazione di cellule codifica uno spettro di possibilità. Non è che una cellula dica "io sono specifica per una presa di precisione" e un'altra "se mi attivo vuol dire che c'è un potere di presa". Al contrario le cellule appartengono a un gruppo *complessivo* di neuroni correlati e ogni neurone si attiva per una caratteristica dell'azione osservata o eseguita. Molti neuroni potrebbero attivarsi per uno spettro di caratteristiche in relazione a una certa azione, ma in modi diversi. Così la popolazione di cellule attivata può dare una rappresentazione sfumata della presa vera e propria, eseguita oppure osservata, non si tratta di una semplice valutazione sì/no. Harry Mallgrave suggerisce che i neuroni specchio e l'incarnazione mettono in relazione l'empatia per una persona con quella per un edificio. Il che comporta allora che non si debba pensare all'empatia come una modalità del tipo o tutto o niente, quanto piuttosto che si debba pensare a come una diversa popolazione di neuroni potrebbe attivarsi in circostanze diverse. Se una popolazione sufficiente si attiva in relazione a quel particolare edificio, potrebbe innescare una popolazione correlata che corrisponde alla vostra interazione con un'altra persona. In altri casi, una sottopopolazione diversa potrebbe essere attiva, e la reazione all'edificio potrebbe essere più astratta che empatica.

Mi preme sottolineare che i neuroni specchio rappresentano solo una piccola porzione del cervello, e non compiono l'esecuzione e il riconoscimento (o empatia) di un'azione da soli. Prendiamo uno studio fMRI (risonanza magnetica funzionale) degli esseri umani che stanno riconoscendo azioni compiute da esseri umani e da altre specie³⁶: quando il soggetto sottoposto a scansione ha osservato, in momenti diversi, video di un uomo, di una scimmia e di un cane mentre compiono l'azione dell'addentare, un'area del cervello del soggetto che si pensava contenesse neuroni specchio per i movimenti orofacciali era attiva in tutti e tre i casi. In questa circostanza i neuroni specchio sembrano essere attivi nel mediare la comprensione dell'*addentare* da parte del soggetto. Tuttavia la storia diventa più complicata quando il concetto generale è la *comunicazione orale*. Ora il soggetto ha osservato video separati di un essere umano mentre parla (senza sonoro, ma con i movimenti delle labbra), di una scimmia che

³⁵ G. di Pellegrino, L. Fadiga, L. Fogassi, V. Gallese, G. Rizzolatti, "Understanding Motor Events: A Neurophysiological Study", in «Experimental Brain Research» n. 91 (1992), pp. 176-180; V. Gallese, L. Fadiga, L. Fogassi, G. Rizzolatti, "Action Recognition in the Premotor Cortex", in «Brain» n. 119 (1996), pp. 593-609; G. Rizzolatti, L. Craighero, "The Mirror-Neuron System", in «Annual Review of Neuroscience» n. 27 (2004), pp. 169-192; Giacomo Rizzolatti, Corrado Sinigaglia, *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2006.

³⁶ G. Buccino, F. Lui, N. Canessa, I. Patteri, G. Lagravinese et al., "Neural Circuits Involved in the Recognition of Actions Performed by Nonconspicuous: An fMRI Study", in «Journal of Cognitive Neuroscience» n. 16 (2004), pp. 114-126.

batte i denti o che schiocca le labbra e di un cane che abbaia. C'era una grande attivazione del “sistema specchio” mentre veniva osservato l'essere umano, una piccola quantità di attivazione mentre veniva osservata la scimmia e nessuna mentre veniva osservato il cane. Naturalmente, il soggetto riconosce che il cane sta abbaiano, ma la mappatura sui neuroni specchio non fa parte di quella particolare comprensione. Così dove Buccino e il suo team dicono:

le azioni appartenenti al repertorio motorio dell'osservatore vengono mappate sul sistema motorio, in particolare nei neuroni specchio. Le azioni che non appartengono a questo repertorio vengono organizzate senza tale mappatura determinando una rigida dicotomia fra ciò che si può e non si può fare³⁷,

direi che tutte queste azioni possono venire riconosciute senza l'aiuto dei neuroni specchio, ma se un'azione appartiene al nostro repertorio, l'attività dei neuroni specchio l'arricchisce legandola alla nostra stessa esperienza motoria.

Dove il libro di Juhani Pallasmaa, *La mano che pensa*, sottolinea il ruolo della mano nell'invocare, per esempio, la nostra esperienza incarnata quando disegniamo schizzi per nuovi progetti, ho fatto ricorso alla mia comprensione dei neuroni specchio per sviluppare una teoria dell'evoluzione del cervello predisposto per il linguaggio umano. Il mio libro *How the Brain Got Language* dimostra come il cervello riesca a mediare una conversazione tra la visione e la mano non solo nella prassi ma anche nella comunicazione, linguaggio incluso³⁸. In particolare, dove sia Pallasmaa che Mallgrave e altri in questo volume sottolineano l'incarnazione, desidero dire che la razionalità potrebbe essere in più larga o minor misura disincarnata, nel senso che il linguaggio e la cultura favoriscono modalità astratte di pensiero, cosicché (alcuni di noi) possono giungere a comprendere idee, come il debito, la giustizia, il bosone di Higgs o l'infinito, i cui legami con l'esperienza incarnata potrebbero risultare tenui³⁹. Il potere del pensiero astratto è immensamente importante per noi in quanto esseri umani, purché non ci faccia trascurare la nostra interazione incarnata con l'ambiente sociale e fisico (compreso quello costruito). Ritorniamo quindi al concetto di *wayfinding*: come architetti si potrebbe valutare, da un lato, come le persone sperimenteranno il loro passaggio attraverso gli spazi di un edificio sulla base degli indizi offerti dalla struttura spaziale di quell'edificio e, dall'altro, come

³⁷ *Loc. cit.*

³⁸ Ispirato da *La mano che pensa* di Pallasmaa (Safarà Editore, Pordenone, 2014), tuttavia desideroso di mostrare come la nostra abilità per il pensiero astratto sia complementare alla nostra abilità di attingere dalle nostre interazioni incarnate col mondo attorno a noi, ho intitolato la mia conferenza a Taliesin West “From Hand to Symbol and Back Again” (Dalla mano al simbolo andata e ritorno).

³⁹ M. Arbib, B. Gasser, V. Barrès, “Language is handy but is it embodied?”, in «Neuropsychologia», Vol. 55, marzo 2014, pp. 57-70.

utilizzare la segnaletica appellandosi al lato simbolico della loro cognizione per aiutarli e per assisterli nella navigazione quando gli altri suggerimenti non funzionano.

Un caso studio di creatività di gruppo: la coreografia

Se si vuole continuare il dialogo fra architettura e neuroscienze, sarà importante estrapolare casi studio di architetti impegnati nella progettazione (sono sicuro che ci siano in corso diversi casi studio, ma non li ho ancora consultati). Nel frattempo è istruttivo considerare i casi studio di creatività di gruppo in altre discipline. Come ho detto, non penso che possiamo attenderci che le neuroscienze facciano luce sulle particolarità autobiografiche di uno specifico caso studio, ma potremmo iniziare a vedere che ci sono certe abilità che sono cruciali nella progettazione, e poi distinguere stili diversi. Alcune persone possono eccellere nella visualizzazione, altre potrebbero fare affidamento sulle immagini tattili, mentre altre persone ancora potrebbero abilmente immaginare di muoversi attraverso un edificio e creare modelli (*pattern*) tridimensionali di interazione. Invece, al posto di tali studi, esaminerò l'ideazione di una coreografia, in particolare un caso di creatività di gruppo: sebbene il coreografo controllasse lo sviluppo complessivo, le interazioni con e fra i ballerini giocavano un ruolo cruciale. La coreografia fu ideata da Anna Smith, mentre il coreografo lavorava con otto ballerine a Melbourne, in Australia. Nel 2005 Kate Stevens ha riportato la cronologia dell'ideazione della coreografia in un libro dal titolo provocatorio *Thinking in Four Dimensions: Creativity and Cognition in Contemporary Dance*⁴⁰. Vi propongo una sintesi di quanto ci è voluto per concepire quella coreografia, allo scopo di suggerire come un attento studio di un caso di processo creativo potrebbe offrire spunti agli studiosi che vogliono conoscere che cosa deve essere un cervello umano per rendere possibili tali processi. Possiamo quindi chiedere ai neuroscienziati di dirci di più su come funzionano quei processi nel cervello, e potremo chiedere di più del caso studio per determinare ciò che è successo in questo esempio particolare.

Mentre scrivo conservo bozze diverse del documento che mi servono per registrare questo particolare processo creativo. Anche molti architetti, quando progettano, fanno schizzi, a mano o al computer, che assicurano la registrazione cumulativa dei vari passaggi del processo progettuale. Ma la danza è evanescente. Nel caso in esame veniva conservato un diario con la registrazione di quali idee erano state esplorate in ogni precisa settimana della coreografia. Il diario comprendeva foto di pose particolari, diciamo, ma ben più importanti erano

⁴⁰ Kate Stevens, "Chronology of Creating a Dance: Anna Smith's Red Rain", in R. Grove, Kate Stevens, S. McKechnie, a cura di, *Thinking in Four Dimensions: Creativity and Cognition in Contemporary Dance*, Melbourne University Press, Melbourne, 2005, pp. 169-187.

→
 4.5, 4.6 I fagioli rossi sono stati utilizzati per delineare la forma di un corpo disteso a terra. La linea del corpo lasciata in evidenza ha suggerito l'idea di tracce scritte col sangue.



i video di specifici *pattern* di movimento, i quali creavano una sorta di memoria esterna dello sviluppo della coreografia. Mi è venuto in mente il lavoro di Merlin Donald⁴¹, che ha una teoria dell'evoluzione umana basata sulla mimesi. Per lui, il terzo e forse più fondamentale stadio dello sviluppo è la transizione dalla dipendenza dalle strutture della memoria all'affidamento a strumenti esterni, sia attraverso lo schizzo, il disegno, la realizzazione di sculture sia attraverso ciò di cui si dispone. Una nuova dimensione della tecnologia (il video) ha aiutato la coreografia a realizzare una registrazione nella quale i *pattern* di movimento erano essenziali.

Con molti meno vincoli di quelli di Peter Zumthor a Vals, l'idea iniziale della coreografia era di pensare al colore rosso e alla sua relazione con il sangue mentre i ballerini inventavano diverse *through-line*, ossia modi di muoversi col corpo. E attraverso la registrazione video, così come l'osservazione reciproca, il gruppo ha definito un vocabolario dei movimenti a partire dal quale si poteva uscire dal proprio corpo per abbandonarsi all'idea generale del *rosso* e del sangue. Durante la seconda settimana iniziarono a sistematizzare quei movimenti di abbandono del corpo che pensavano fossero importanti. In quella stessa settimana si arrivò a una svolta, che si verificò quando il coreografo chiese a tutti i ballerini di portare alle prove qualcosa di rosso. Uno di loro portò un sacchetto di fagioli rossi: in qualche modo la commistione della tattilità, del suono, della tessitura e del versamento dei fagioli divenne una metafora fondamentale per l'idea del sangue, e la metafora iniziò a prendere il controllo dell'immaginazione del gruppo.

Mano a mano che la coreografia si evolveva, l'idea di formare una pozza di sangue attorno al ballerino creava un'immagine potente (fig. 4.5 e fig. 4.6). Inoltre, versare i fagioli rossi sul pavimento possedeva una componente sonora capace di far ricordare il ticchettio della pioggia su un tetto di lamiera, ispirando così il nome *Red Rain* per la coreografia.

⁴¹ Merlin Donald, *L'evoluzione della mente*, Bollati Boringhieri, Torino, 2011.

Tracciando la sagoma del corpo con i fagioli e poi facendo muovere il ballerino, formava diversi contorni interessanti, che si aggiungevano ai movimenti emergenti dalla coreografia. Nella prima e nella seconda settimana l'attenzione si concentrò sul sangue arterioso, il sangue rosso. E a proposito di quello blu, del sangue venoso? La domanda condusse, nella terza settimana, all'ideazione, come arredi scenici, di ampi oggetti blu e rossi, simboleggianti i due tipi di sangue. L'interazione, poi, di un ballerino con quegli arredi scenici determinò un'altra immagine meravigliosa e potente, quella del "bambino raggomitato", che diventò un altro elemento della coreografia. Constatiamo di nuovo una variazione aperta su ciò che è stato fatto prima, ma vediamo anche una sorta di "incremento"⁴², dove di continuo qualcosa si cristallizza come un nuovo componente del progetto emergente. La creatività sfrutta schemi precedenti, inserendoli in contesti nuovi e assemblandoli in nuove modalità per trasformarli in schemi inediti che – assieme agli arredi scenici e al "momentum/slancio narrativo" – danno alimento a ulteriori variazioni e sviluppi, edificandosi su ciò che è conosciuto per poterlo cambiare e per scoprire così qualcosa di nuovo. Il significato di una cosa al principio di una performance potrebbe cambiare completamente durante il suo svolgimento.

Alla quinta settimana erano state create un buon numero di *through-line*, ma c'era preoccupazione per la fase di stasi, così il coreografo costrinse a nuove variazioni sui temi esistenti obbligando i ballerini, con loro grande rammarico, a troncarsi con le loro *through-line* e a impararne di nuove. Emerse così un nuovo insieme di movimenti corporei, forse meno naturali, ma di certo più evocativi. Si procedette di conseguenza. Le nuove *through-line*, che in un primo momento erano state ostiche da padroneggiare, perché era difficile muovere il corpo in questi modi innaturali, si automatizzarono, permettendo alla coreografia di raggiungere un livello tale da consentire di esplorare come mettere in sequenza e collegare il progetto. E così, nel corso delle settimane rimanenti, la coreografia fu completata. Ciò che può essere condiviso con molti architetti è la frustrazione che il coreografo, Anna Smith, a volte provava, non sapendo quale forma avrebbe assunto l'opera finale, perché era un processo emergente piuttosto che un prodotto predefinito. La creatività nel comporre la coreografia ha comportato la messa in sequenza, la fusione e il collegamento delle parti del lavoro così come la creazione delle parti stesse.

Il che ci riporta a fare un'ultima visita a Peter Zumthor. Il suo saggio "Un modo di vedere le cose" ci spinge a valutare una varietà di parole e di frasi rilevanti per il processo progettuale, aiutandoci così a iniziare a delineare alcune delle sfide per le neuroscienze del processo progettuale.

⁴² C. Tennie, J. Call, M. Tomasello, "Ratcheting Up the Ratchet: On the Evolution of Cumulative Culture", in «Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Section B, Biological Sciences» n. 364 (2009), pp. 2405-2415.

Immagini.

Ricordi parzialmente dimenticati.

Tuttavia tutto è nuovo.

La costruzione è l'arte di creare un tutto significativo a partire da molte parti.

Devo iniziare con le richieste funzionali e tecniche.

Sviluppare un tutto partendo da innumerevoli dettagli.

Ora abbiamo una certa consapevolezza di come le immagini funzionino e di come vengano costruiti e registrati (sia internamente che esternamente) i ricordi, così come viene registrata la continua ricerca di qualcosa di nuovo. In termini di costruzione, ciò che non viene rimarcato nella citazione di Peter Zumthor – ma alla quale sono ritornato diverse volte – è che il tutto crea le parti nello stesso momento in cui viene creato dalle parti. La parte e il tutto non definiscono un'alternativa. In generale, non si parte né da un tutto per riempirlo di dettagli, né da un insieme conosciuto di parti che ci limitiamo ad assemblare. C'è, invece, un continuo dialogo fra la selezione e l'innovazione emergente delle parti e il concetto emergente del tutto. In realtà il progresso nelle scienze cognitive emerge quando non solo lavoriamo a valle, dalla terminologia psicologica alla ricerca di meccanismi cerebrali, ma anche quando lavoriamo a monte, a partire dalla comprensione dei neuroni, per arricchire la nostra comprensione delle possibilità funzionali del circuito neuronale. Fra i molti altri argomenti mi sono soffermato sulla teoria degli schemi, sia di azione che di percezione visiva, per delineare l'essenza della computazione cooperativa nella quale i diversi schemi devono competere e cooperare prima che possa emergere una comprensione coerente. Considero questo lo stile essenziale del cervello. Ed è cruciale la nozione di dialogo: non solo fra gli schemi e le parti del cervello, o fra l'architetto e il blocco da disegno, ma anche fra i molti collaboratori che potrebbero aiutare a dare forma al progetto, sia attraverso un contributo specifico al tutto emergente, sia attraverso una critica informata. Iniziamo a comprendere, vagamente, che cosa consente al cervello umano di progettare nuove costruzioni nella nostra vita quotidiana, o nella coreografia di una danza, o nello sviluppo di un'architettura. Portare la conoscenza di base delle neuroscienze nella teoria e nella prassi dell'architettura non sarà immediato. La Society for Neuroscience organizza incontri annuali che attraggono all'incirca trentamila neuroscienziati, e inoltre ci sono qualcosa come quindicimila presentazioni, sia sotto forma di conferenze che di sessioni di poster, ma virtualmente nessuna di queste presentazioni riporta studi esplicitamente concepiti per venire incontro alle sfide dell'architettura. Si progredirà solo se *qualche* architetto e *qualche* neuroscienziato impareranno a lavorare assieme per confrontare i nuovi obiettivi con

i nuovi metodi di ricerca, utilizzando delle problematiche di architettura per definire nuovi esperimenti nelle neuroscienze. Questo è un appello alla collaborazione, non si dà il caso che i neuroscienziati siano già in grado di rispondere alle domande degli architetti, anche se credo che le neuroscienze offrano già uno spettro di spunti inediti per l'architettura e che siano capaci di stimolare il suo futuro sviluppo.