



Un Robot a scuola Epistemologia ed esperienza

A Robot in the classroom Epistemology and experience

Anita Gramigna

Università di Ferrara
anita.gramigna@unife.it

Giorgio Poletti

Università di Ferrara
giorgio.poletti@unife.it

ABSTRACT

The underlying theme of the essay is the focus of some eidetic structures that initial the new processes of knowledge in the world of robotics. This means going in search of the connective structures of the robotic systems within the weaving of relations with the context, and then locate the nodes that make interdependent parts of the same system in relation to the educational instances. The work refers to constructivism and the genetic epistemology of Piaget to show how educational robotics methodologies can affect the quality of teaching-learning processes. A conceptual knot reference in our educational thinking is a destination dimension that you instantiate in the “knowledge of knowledge” (Morin, 1994).

Il filo conduttore del saggio è la messa a fuoco di alcune strutture eidetiche che siglano i nuovi processi della conoscenza nel mondo della robotica; questo significa andare alla ricerca delle strutture connettive dei sistemi robotici entro la tessitura di relazioni con il contesto, quindi individuare i nodi che rendono interdipendenti le parti dello stesso sistema in rapporto alle istanze educative. Il lavoro si richiama al costruttivismo e alla epistemologia genetica di Piaget per evidenziare come metodologie di robotica educativa possano incidere sulla qualità dei processi di insegnamento-apprendimento. Un nodo concettuale di riferimento nella nostra riflessione educativa è una dimensione meta che si istanzia nella “conoscenza della conoscenza” (Morin, 1994).

KEYWORDS

Education, Metacognition, Epistemology, Robot, Constructivism.
Educazione, Metacognizione, Epistemologia, Robot, Costruttivismo.

- * **Attribuzioni:** la Prof.ssa Anita Gramigna ha curato i paragrafi 1, 2 e il Dott. Giorgio Poletti i paragrafi 3, 4, 5.

“La metafora svolge un ruolo essenziale nello stabilire connessioni fra il linguaggio scientifico e il mondo”.

Th. Kuhn, *La metafora nella scienza*, Milano, Feltrinelli, 1983, tit. orig. *Metaphor in science* (1979) p. 107

1. Introduzione: a proposito di definizioni

Quando parliamo di robotica, sia pure in relazione alle sue applicazioni educative, è importante chiarirne la definizione per capirne, insieme alla struttura, i percorsi evolutivi, la visione del mondo che questo affascinante mondo veicola.

Capire la natura di quello che di cui stiamo parlando ci aiuta a meglio elaborarne le applicazioni in campo educativo, perché acquisiamo cognizione di causa, comprendiamo la natura dei processi che condizionano il nostro pensiero nella costruzione della conoscenza. Ma, è importante che questa comprensione profonda, tesa all'acquisizione di uno sguardo epistemologico critico e autosorvegliato, appartenga alla strumentazione professionale di insegnanti e dirigenti scolastici, perché è il concetto che abbiamo di certa tecnologia a strutturare i processi attraverso i quali si combinano e si generano nuovi artefatti. È su tale concetto, spesso implicito che si prendono le decisioni sia didattiche sia di governo della scuola.

Insegnanti di ogni ordine e grado, ricercatori e studenti devono apprendere non tanto e non solo a ricevere conoscenze e informazioni bensì, a elaborarle, cioè, nel nostro caso, a utilizzare i sistemi robotici nella consapevolezza della loro natura che è meccanica, esperienziale, ma anche simbolica. Solo docenti dirigenti e studenti possono partecipare, con consapevolezza, a quel mondo di significati in sviluppo. Parteciparvi significa costruirlo, ma anche formarsi.

È indispensabile, infatti, rendersi conto che i robot sono prodotti ibridi, nel senso che si compongono tanto di segmenti propriamente e materialmente tecnici, quanto di istanze ideologiche. Tali manufatti incorporano una visione del mondo e recano tracce del progetto di ricerca che li ha creati, pertanto la capacità di “leggere la sottesa valenza simbolica” rappresenta una sfida educativa irrinunciabile, per i sistemi scolastici come per l'alta formazione di tutto il mondo. Insomma, la semantica profonda della robotica non si esaurisce nell'oggetto robot. Essa comprende il complesso degli strumenti, siano materiali, culturali, concettuali, nonché le infrastrutture che ne consentono e ne controllano il funzionamento. Ma, non è tutto, essa comprende l'azione *formativa* tanto nella scuola come nella vita quotidiana, nelle abitudini, nei comportamenti, nel pensiero, nei valori: nell'educazione e nella filosofia che sostiene la ricerca robotica.

Crediamo che il pensiero tecnico e scientifico che sottende tale ricerca, molto spesso, non riconosca come tali né le metafore né le grammatiche di cui si serve. Scriveva, a questo proposito Husserl: “Nella matematizzazione geometrica e scientifico-naturale, noi commisuriamo al mondo-della-vita (*Lebenswelt*) - al mondo che ci è costantemente e realmente dato nella nostra vita concreta che si svolge in esso - nell'aperta infinità di un'esperienza possibile, un ben confezionato abito ideale, quello delle cosiddette verità obiettivamente scientifiche. Il travestimento ideativo (*Ideenkleid*) fa sì che noi prendiamo per vero essere quello che invece è soltanto un metodo” (Husserl, 1972).

Pensiamo che l'esplorazione semantica e sintattica del simbolismo scientifico e tecnologico che sottende i sistemi robotici possa orientarci intorno all'epistemologia che sostiene e guida non solo le procedure, le logiche e le grammatiche dei codici utilizzati, ma anche il senso profondo dell'applicabilità educativa. A questo fine, è importante cogliere la tensione metaforica dell'esperienza che ci accingiamo a studiare. La metafora è una figura retorica nella quale una descri-

zione è estesa da un ambito a un altro che contiene, rispetto al primo, uno o più criteri di somiglianza. Ma, in questo contesto, ovvero parlando di robotica applicata all'educazione, la metafora amplia il suo significato più consueto perché fa riferimento ad una processualità conoscitiva e comunicativa vincolata, nelle sequenze del suo procedere, ad una qualche forma di somiglianza. La metafora, infatti, offre un modello di comprensione che coglie alcuni tratti essenziali del fenomeno, anche se non lo esaurisce mai pienamente. A differenza della spiegazione, per così dire, scientifica, e, a differenza di qualsiasi parafrasi, mette a disposizione del nostro pensiero e, di conseguenza, della formazione, un ampio spettro semantico, una vasta gamma di significati, ai quali possiamo accedere stabilendo nessi epistemologici e connessioni logiche inedite o non previste dal pensiero prosaico della spiegazione. Crediamo che le rappresentazioni implicite nei processi di spiegazione dei fenomeni tecnologici e scientifici possano giovare nel considerare un ampio spettro semantico, in altre parole uno spazio concettuale di significazione che contempli, insieme ai dati quantitativi anche le variabili qualitative. Di qui, l'importanza cognitiva della metafora: per la sua dimensione *meta* e perché, in ciò, rappresenta una struttura del pensiero analogico. Douglas Hofstadter¹, nel merito, afferma "l'analogia è il vasto sistema di trasporti della cognizione, che comprende tutti i binari ferroviari, tutte le rotte aeree, tutte le autostrade e le superstrade, tutte le strade statali, tutti i ponti, tutti i grandi viali, tutte le vie locali, tutti i minuscoli vialetti e perfino tutti i marciapiedi, tutti i sentieri e tutti i corridoi, tutte le scale che vanno su e quelle che vanno giù – per farla breve, l'analogia è ciò che ci porta a ogni destinazione mentale possibile. È il modo di arrivare a ogni idea, per quanto sia piccola o banale. Invece di essere rare, le analogie sono eventi mentali ipercomuni, anzi onnipresenti, generati parecchie volte ogni secondo, ed è solo grazie alla continua cascata di analogie nel nostro cervello che riusciamo ad orientarci nel mondo"².

L'analogia è data dalla percezione di nessi fra due fenomeni o all'interno del medesimo fenomeno. Tali nessi sono costituiti appunto da analogie che vengono a stabilirsi fra le strutture mentali corrispondenti ai fenomeni citati. Il primo nesso è già presente nella nostra memoria, mentre il secondo si intercetta nell'affrontare il nuovo problema, o nello studiare il nuovo fenomeno. In tal modo, associamo un elemento di novità a un concetto preesistente e stabiliamo un principio di familiarità fra i due. Il robot mette in atto questo importante procedimento cognitivo, anzi, può rappresentare una sorta di esercizio che però ha una natura concreta. Nella convinzione che il sapere del passato, a volte, ci possa essere utile anche nel presente, vorremmo fare un breve riferimento al concetto di analogia in Tommaso d'Aquino. In lui, la questione è di fondamentale importanza perché si tratta di farne il perno della relazione uomo-Dio e della possibilità data all'uomo di *parlare* di Dio. Come ovvio non ci interessa qui la pro-

- 1 Douglas Richard Hofstadter (1945) è attualmente College Professor of Cognitive Science and Computer Science Distinguished Professor presso l'Indiana University di Bloomington (Indiana, U.S.).
- 2 Affermazione di Douglas Hofstadter nella Lezione magistrale, *L'Analogia: Cuore della cognizione*, tenuta alla cerimonia di conferimento allo studioso della Laurea Honoris Causa. La cerimonia si è svolta il 27 maggio 2013 all'Università di Bologna che ha conferito a Douglas Richard Hofstadter la Laurea Honoris causa in "Progettazione e gestione dell'e-learning e della media education". Si è voluto così dare atto allo studioso non solo dei grandi risultati scientifici ottenuti nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale e della Filosofia della mente, ma anche della sua importante opera di diffusione, e alla conseguente importanza didattica. Cfr. www.educationduepuntozero.it.

spettiva teologica, bensì la dimensione logica che nel Medioevo ebbe rilevanti sviluppi. Determinante la distinzione tra *univoco* (quando diviene predicato che si può estendere a più soggetti con significato comune: ad esempio *soldato* può essere impiegato per definire l'appartenente a diversi corpi di un esercito), *equivoco* (quando si estende un unico termine a più soggetti ma con significato assai differente: ad esempio *fido* può essere un amico fidato, un'operazione bancaria o il nome di un cane). Infine *analogo* si impiega per indicare entità diverse, ma che si trovano in un rapporto di proporzione (per Tommaso vi è analogia tra uomo e Dio, quindi in piccola proporzione condividiamo i suoi attributi).

Il fatto interessante, per noi, è che il teologo domenicano giunge a questa sintesi riflessiva non tanto attraverso la *via causalitatis* (che procede dall'effetto, cioè il mondo, e cerca di risalire a qualche carattere inerente la causa, Dio); ma piuttosto per mezzo della *via eminentiae*, una procedura che *libera* dai limiti, che sono propri dell'attributo quando lo si coglie nella creatura, per immaginarne la forma superlativa presente nel Creatore. Liberando l'amore umano, per esempio, dai suoi vincoli terreni posso cogliere qualcosa del perfetto amore di Dio. In tal senso, è evidente che l'analogia non è la mera somiglianza, ma la doppia qualità del simile e del dissimile che posso individuare con il medesimo sguardo. La stessa nozione di "equivoco", tuttavia, è interessante perché ci mette in guardia da quelle trappole del linguaggio che, come avvertirà quattro secoli dopo Francesco Bacone, tendono a diventare *Idola Fori*, quelle divinità fasulle della piazza che sorgono dall'illusione di poter dominare razionalmente le parole. Mentre a volte sono loro che si impongono all'intelletto e generano confusione, passività, assuefazione acritica (si pensi a parole attuali come *globalizzazione* e *innovazione*). Soprattutto quando si discute, e non vi è piena sintonia sul significato che si attribuisce alla parola chiave, vi è il rischio di attribuire ad analogia un campo semantico troppo esteso, tanto da farla scadere dal suo profondo valore conoscitivo e da renderla poco adeguata alla ricerca.

Sono queste le radici epistemologiche dell'analogia e del suo ruolo formativo.

Perché è importante questo discorso ai nostri fini? Attraverso le inferenze di carattere analogico possiamo trasferire apprendimenti vecchi a situazioni nuove. Ed è questa la dimensione meta conoscitiva degli apprendimenti già acquisiti, in quanto, grazie all'analogia, se ne attivano dei nuovi che ci consentono di affrontare differenti ambiti problematici. I sistemi robotici favoriscono la comprensione di processi e situazioni perché pongono in atto un insieme di corrispondenze mentali che fanno riferimento, appunto, all'analogia. In questo senso, svolgono anche una sorta di funzione ermeneutica, perché ci offrono un quadro orientativo del contesto che stiamo affrontando. Secondo Hofstadter, anche l'apprendimento di nuovi vocaboli appartiene a questo habitat di significati: ovvero, apprendiamo nuove parole "per analogia" di significato con vecchie parole che già conosciamo. Per questo motivo, l'analogia rappresenta una sorta di energia che conduce all'accrescimento dei concetti, i quali sono strutture fluide che evolvono proprio grazie all'analogia. In tal modo, giungiamo a elaborare nuove ipotesi, in conformità a vecchie esperienze.

A questo fine è importante capire la fascinazione che i robot esercitano nell'immaginario giovanile, perché è nell'immaginario che affondano molte radici della motivazione ad apprendere. Di più, perché il mondo della robotica ci permette di far leva sul senso ludico dell'azione e della scoperta, che sono alla base del loro utilizzo educativo, perché vertono sul protagonismo degli studenti nei processi di apprendimento. Ma non è tutto; tali dinamiche attivate da un sapiente utilizzo didattico del robot concorrono a condizionare, insieme al clima scolastico, il senso di benessere o di malessere che la scuola offre ai suoi giovani utenti. Di fatto, siamo convinti che le strategie di pensiero e di costruzione del sape-

re agite nell'ambiente dei sistemi robotici possano aiutare ad accorciare la distanza fra i vissuti del ragazzo, compresi quelli extrascolastici e del tempo libero, e i saperi disciplinari e, in tutto ciò, far leva sulla sua partecipazione alla costruzione-esplorazione della conoscenza. Studiare la robotica può fornirci molte e interessanti sollecitazioni per rinnovare l'apparato tecnico ed epistemologico delle scienze dell'educazione.

2. Il Robot? È una metafora

Elaborare una definizione, ci spiega Margiotta, significa rintracciare percorsi di significazione fra esperienze e riflessioni che appartengono allo stesso ambito di significati, perché affrontano lo stesso genere di problemi. Ma, attribuire un nome implica anche ri-formulare o ri-precisare tali problemi (Margiotta, 2014).

La robotica è uno degli ambiti più innovativi e più recenti delle applicazioni scientifiche. Per molti aspetti, potremmo affermare che la tecnologia sottesa al mondo dei robot è una condizione della scienza contemporanea. Qui, più che altrove, è evidente come la scienza contemporanea cessi di essere solo processo per divenire a un tempo processo e prodotto, teoria e merce, epistemologia e mercato. "La tecnologia moderna non è soltanto un insieme di mezzi di produzione più o meno indipendenti, sta diventando piuttosto un linguaggio aperto per la creazione di strutture e funzioni economiche" (Brian Arthur, 2011).

Così, cerchiamo di tracciare i limiti di quello spazio concettuale che delimita, in senso semantico, una definizione di robot che sia "orientante", in senso propriamente formativo, in altre parole che attivi processi cognitivi e che ci aiuti a interpretare in modo efficace il mondo. Quello che tenteremo di fare, con buona pace dei tanti amici concretologi, è tracciare le linee sommarie di un'ermeneutica educativa intorno all'affascinante mondo dei robot. Forse, è questa la nostra ipotesi di partenza, lo studio della robotica ci può offrire alcune chiavi di lettura del mondo della conoscenza, i punti di orientamento, nonché gli strumenti, ad un tempo, concettuali, metodologici, di "costruzione" del sapere. Perché tale offerta sia veramente efficace in senso formativo, deve possedere una valenza metacognitiva, in altre parole, produrre una conoscenza di base che attiva una serie di acquisizioni e che, perciò, ha una valenza metacognitiva (Margiotta, 2009).

Lo sfondo teorico di riferimento della Robotica in contesti educativi riguarda i mondi artificiali d'apprendimento e il costruzionismo (Papert, 1984; Capponi, 2008)³, che, a sua volta deriva dalla concezione costruttivista dell'apprendimento (Piaget, 1971).

Allora, cosa è un robot?

Il robot è un sistema che interagisce con l'ambiente allo scopo di risolvere un problema. Come? Tramite lo scambio di percezioni e azioni. Il suo utilizzo in campo scolastico è un fare-conoscere che potremo definire "in movimento" e che ha carattere pragmatico. In breve, utilizza e produce conoscenza secondo scopi che sono pratici.

Da un punto di vista strettamente materiale potremmo dire che si tratta di un artefatto i cui componenti agiscono secondo logiche che sono dinamiche e relazionali e che si muovono secondo una struttura data. La struttura dipende dal modello di pensiero che sottende la costruzione dell'oggetto robot. Spesso è la

3 Papert è l'inventore del linguaggio LOGO e della ben nota Tartaruga. Ha messo in luce il ruolo della creazione e della manipolazione di oggetti tangibili e condivisibili di vario tipo nei processi di costruzione della conoscenza.

robotica stessa che produce i suoi stessi miglioramenti o genera oggetti più evoluti che tuttavia tengono conto dei predecessori. I robot più complessi sono il risultato di assemblaggi, di combinazioni di elementi, che, a loro volta, sono robot o ne rappresentano lo sviluppo. Tale progresso, come è suggerito in riflessioni sulla tecnologia, ha una funzione combinatoria, perché presuppone un certo grado di continuità trasversale (di elementi) e verticale (evolutiva) secondo progressive costruzioni assimilatrici e sintetiche (Brian Arthur, 2011).

A questo fine, cercheremo di capire la relazione di significato che esiste fra l'uno e l'altro, ovvero, fra modello ed oggetto. E, a proposito di definizioni, chiamiamo valore epistemico tale relazione di senso. In tal modo, consideriamo il valore come un modello di relazione. Ma, i valori sono modelli relazionali pratici per la vita vissuta, per la radicale realtà.

Alla luce di questa prospettiva, pensiamo che il valore epistemico ci aiuta a valutare la coerenza fra la teoria che sottende la costruzione di un sistema robotico, le sue applicazioni formative, infine fra l'una e le altre. Il fine di quest'operazione mira alla verifica del risultato educativo. In questo senso, il "valore" del valore è giudicato a partire dal suo potenziale pragmatico. Il valore epistemico s'iscrive in un sistema valoriale epistemologico che possiamo definire postura cognitiva.

Un robot è composto da una parte meccanica composta da bracci, catene, ruote, ingranaggi vari, ma anche attuatori e sensori, e da una sorta di "unità decisionale"; quella che, un attimo fa, abbiamo definito come "una struttura data". Si tratterebbe, secondo la definizione dell'ingegnere Marco Buttolo di una intelligenza artificiale: "In base alle percezioni provenienti dall'esterno, opportunamente formattate dai sensori, il sistema decisionale "decide" quale azione svolgere sull'ambiente pilotando, con segnali elettrici, i vari attuatori" (Buttolo, 2016). Il sistema robot lavora in uno spazio limitato⁴ dalle sue stesse caratteristiche, tale spazio viene definito come "spazio di lavoro" ed è delimitato da tutti i luoghi che riesce a raggiungere. In sostanza, si tratta di un mezzo, ma anche di un metodo, procedura, uno strumento sia concettuale che materiale, per giungere a dei risultati nella soddisfazione di bisogni che, nel nostro caso, sono formativi.

Possiamo sostenere che il robot ci offre una formidabile metafora per tentare di spiegare la nostra mente, o almeno per elaborare nuove chiavi di lettura, per inaugurare inediti scenari di significazione del reale e dei suoi ineludibili codici di costruzione-riconoscimento-lettura. I programmi che organizzano le strutture, i percorsi, le azioni del robot sono composti da parti fra loro interagenti che determinano gli esiti dei suoi movimenti. Ora, se volessimo studiarne le dinamiche, con ogni probabilità, al momento, dovremmo prevalentemente utilizzare le categorie della logica e della linguistica. Questo risulta altrettanto evidente se applichiamo le stesse osservazioni ai programmi di scrittura. Così, l'unità di governo dell'agente robotico elabora strategie combinando e manipolando in vari modi dei simboli, ossia lavora con strumenti concettuali e contenuti culturali. Ognuno di noi possiede, a vari livelli di consapevolezza semantica e di complessità teorica, una propria cognizione della conoscenza che interagisce, interferisce e condiziona ampiamente i processi di acquisizione dei saperi, nonché l'interpretazione dei fenomeni che stiamo studiando.

Anche il cervello può essere descritto come un sistema che interagisce con l'ambiente tramite lo scambio di percezioni e azioni. Il cervello è il sistema ner-

4 Tale spazio limitato può essere "programmato" per essere molto ampio, com'è il caso dei droni o delle applicazioni della robotica in ambito extraterrestre.

voso centrale giacché è collegato a ogni punto del nostro corpo attraverso i nervi, che sono fasci di assoni. È una struttura dinamica e relazionale che agisce sulla base di una unità di elaborazione centrale, che è composta da una configurazione assai articolata di proteine.

Il cervello umano, complesso meccanismo fisico-chimico, è composto da miliardi di neuroni organizzati in circuiti locali chiamati regioni corticali. Gli stimoli esterni raggiungono in forma di segnali biochimici ed elettrici alcune zone del nostro cervello, creando un flusso energetico di comunicazione fra determinati neuroni. Gli impulsi sensoriali giungono al talamo, che funge da ripetitore, il quale li trasmette alle altre aree corticali di elaborazione e, in seguito, alla corteccia frontale.

I neuroni sono cellule altamente specializzate nel calcolo e nella comunicazione a lunga distanza; essi costituiscono il mattone di base per il cervello e il midollo spinale. Già nel 1949, vennero definiti *assemblamenti cellulari* i gruppi di neuroni che, eccitandosi, contemporaneamente si connettono (Hebb, 1949).

Il cervello è un'organizzazione reticolare di cellule interconnesse: cellule vincolate da miliardi di nessi che, a loro volta, sono costituiti da sinapsi, le quali trasportano il flusso informativo captato dai sensori e ne consentono l'elaborazione. Durante lo sviluppo, gli assoni possono allungarsi attraverso la profusione di coni assonali che "esplorano" lo spazio circostante sino a quando sono intercettati da neuroni che inviano loro segnali chimici. In questo modo, gli assoni, catturati dai neuroni-bersaglio, creano le sinapsi (Purves et al., 2004).

In entrambi i casi, sia quando parliamo di robot o di cervello, possiamo osservare che la proprietà saliente di un sistema dinamico e flessibile non può quindi essere riferibile alle sue singole parti. Ecco che l'analogia di cui abbiamo parlato poco fa si fa strumento prima di interpretazione, poi di comprensione di quell'oggetto formativo che chiamiamo robot. Tale considerazione ci può aiutare a meglio comprendere la natura della robotica, e comprenderne la natura significa esplorare tutte le sue notevoli potenzialità formative.

3. L'applicabilità educativa

L'obiettivo di tale formazione è nella costruzione di "capacità di manipolare i modelli di spiegazione, di esecuzione e di rigenerazione dei sistemi di padronanza relativi allo sviluppo esperto delle aree di esperienza e culturali studiate" (Margiotta, 1997). Ovvero: nella formazione di un pensiero connettivo, nella capacità di far agire contemporaneamente diversi approcci conoscitivi, differenti forme dell'intelligenza. La *forma mentis* che dobbiamo educare deve contemplare sia gli aspetti procedurali sia quelli finalistici.

Dal punto di vista didattico, la robotica educativa ci offre alcuni vantaggi strategici:

- Offre lo **spunto ludico** per far lavorare i ragazzi insieme ai propri insegnanti;
- **Apprendimento** "per scoperta" risulta uno stratagemma interessante per attivare la motivazione;
- **Errore** scoperto nel suo ruolo apprenditivo, di revisione strategica delle azioni compiute o di "nuova" via esplorativa;
- **Introduce**, anche per i più giovani, alla **ricerca** e alla **sperimentazione**;
- **Facilita l'accesso** ai saperi scientifici, ambito nel quale la nostra scuola registra oggi una certa disaffezione;
- **Insegna** in modo ludico come si fa documentazione;
- **Promuove** un atteggiamento e una specializzazione attivi;
- **Consente** esperienze trans e interdisciplinari;

- **Facilità** l'apprendimento dei linguaggi di programmazione;
- **Affronta** in modo concreto lo studio di sistemi complessi;
- **Consente** la sperimentazione di lezioni interattive e laboratoriali;
- **Promuove** una visione sistemica.

Per questi motivi, la robotica costituisce un ambiente formativo peculiare che attinge e rielabora il sapere scolastico acquisito, attraverso la costruzione di nuovi saperi, così come la ristrutturazione di quelli vecchi.

Le attività prevedono lezioni interattive e, soprattutto, l'esplorazione-costruzione guidata attraverso lavori di piccolo gruppo in situazione di *problem solving*. Le fasi salienti delle attività laboratoriali riguardano:

1. **Soluzione** di problemi di tipo meccanico;
2. **Realizzazione** di strutture;
3. **Programmazione** al computer.

I momenti delle attività didattiche svolte durante i laboratori sono scanditi secondo il seguente schema:

1. **Presentazione**, osservazione, analisi-esplorazione delle varie parti che compongono il sistema robotico;
2. **Apprendimento** col linguaggio/software di programmazione;
3. **Momento esecutivo**: costruzione e programmazione guidate di robot;
4. **Invenzione di robot**: scelta dei traguardi da conseguire, elaborazione di ipotesi, progettazione, realizzazione;
5. **Collaudo** dei robot realizzati;
6. **Osservazione e analisi** (sul comportamento dei robot, sulle processualità formative e di pensiero implicate, sui concetti scientifici e tecnologici) ed eventuale riprogettazione, sulla base degli errori;
7. **Verifica**;
8. **Documentazione** dell'esperienza.

4. Robotica educativa: alcune impressioni e principi

Prima di avviarci alle conclusioni di queste nostre riflessioni crediamo si debba inquadrare da un punto di vista quasi antropologico la robotica e la robotica educativa, di conseguenza, in un quadro culturale che ha sempre visto figure di automi in aiuto e in relazione con l'uomo.

Molte figure mitologiche sembrano prefigurare e alimentare il mito del robot che letteratura, fumetti e cinema continuano ad alimentare.

È interessante ricordare la mitologica figura del Golem, presente nell'Antico Testamento che rappresenta un servitore fedele e difensore degli ebrei dalle persecuzioni, il cui concetto ricorre nei testi sacri ebraici nel complesso insieme degli insegnamenti esoterici e mistici propri dell'ebraismo rabbinico, la Cabala.

Il Golem è descritto come una possente figura antropomorfa cui i rabbini attraverso riti cabalistici possono dare vita e a cui, come un robot, si possono fare eseguire ordini, ma che è privo di ogni pensiero ed emozione. Interessante notare, in questo contesto, che la magia cabalistica è tutta impernata sulla parola e sulle lettere dell'alfabeto come un linguaggio di programmazione, per animare un Golem gli veniva scritta sulla fronte **emet**, *verità*, mentre per distruggerlo, viene cancellata la prima lettera del "comando" e la parola emet diviene: **met**, *morte*.

Il golem non è descritto come un'entità solo benefica, ma può sfuggire al controllo del proprio creatore divenendo un pericolo, qualcosa contro la quale

lottare, concetto che è spiegato con la leggenda dei Golem di Praga, creati dal rabbino Levi nel XVI, e che sfuggiti al controllo furono causa di una immane devastazione.

Anche se non in maniera ovviamente così distruttiva, e spostando l'osservazione su un piano dialettico, ci sono interessanti intuizioni sull'utilizzo di automi riguardo alle attività umane.

L'idea che sembra emergere è quella di un "servitore magico", concetto giunto anche ai nostri tempi e da cui i ragazzi e gli adulti sono, in diversa misura, influenzati e che cinematografia e letteratura hanno alimentato come gli automi o Frankenstein, così come descritto da Mary Shelley nel suo libro *"Frankenstein, o il moderno Prometeo"* e ispiratore di molti film.

In questo breve excursus si possono ricordare i film che hanno affrontato temi relativi agli automi, e della loro interazione con gli uomini e che si soffermano anche sul lato emozionale di tale realtà, *Blade Runner* diretto da Ridley Scott nel 1982, liberamente ispirato dal libro *Il cacciatore di androidi* di Phil Dick, pubblicato nel 1968, e *A.I. Intelligenza Artificiale* diretto nel 2001 da Steven Spielberg.

Sempre di più ci troviamo ad affrontare questi cambiamenti e la presenza quotidiana di robot sotto diverse forme è una realtà in tutti i campi, da quello lavorativo, a quello sociale e naturalmente quello formativo. Questa evidente tendenza implica anche l'urgenza di una riflessione etica introdotta da questo che non è meramente uno sviluppo tecnologico.

Possiamo introdurre il concetto *roboetica*, cui la *robotica educativa non può e non deve rimanere estranea*, la parte dell'etica che si interessa delle problematiche inerenti i robot ed in particolare le interazioni con l'uomo, la società e in generale i contesti in cui sono immessi.

In particolare, e le esperienze nella scuola lo testimoniano, è importante in questo rapporto con i robot, l'estetica, l'antropomorfismo o la somiglianza ad animali, la forma è rilevante per il livello emotivo e culturale che il robot attiva.

L'elemento estetico diviene rilevante poiché la nostra mente elabora in modo automatico il nostro atteggiamento di quello che ci circonda, anche in funzione di ciò che la forma ci comunica.

Questa riflessione induce una prima indicazione etica che può essere descritta come la coerenza tra aspetto estetico e *programmazione* del singolo robot.

Ad esempio potrebbe essere definito eticamente corretto un aspetto simpatico, familiare o simile ai cartoni animati per un robot immaginato per la robotica educativa che sia supportata da una metodologia ludica. Si può quindi enunciare un concetto generale per cui l'estetica deve essere congruente allo scopo per non indurre inferenze incoerenti tra le caratteristiche e scopi del robot e l'apparenza del robot stesso.

La roboetica più in generale deve suscitare in noi la curiosità di sapere perché dovremmo progettare e costruire robot e che cosa implica questa decisione. Per la robotica educativa è probabile che la giustificazione etica, che deve essere costantemente controllata e valorizzata, è che l'utilizzo dei robot e della tecnologia che pervade il nostro vivere quotidiano ha strumenti per permetterci di realizzare il nostro essere persone.

Focalizzando ora la nostra attenzione sulla robotica educativa, alla luce di questi brevi cenni alla letteratura, al cinema e da ultimo alla *roboetica*, si può dire che l'esperienza nelle scuole di questi ultimi dieci anni mostra che questa modalità educativa ha un ampio spettro di azione che interessa tutte le scuole di ogni ordine e grado e che, pur nella diversità degli obiettivi, suscita attenzione, partecipazione, entusiasmo e offre efficaci ambienti di apprendimento che sembrano non essere influenzati dalla specificità della scuola o della materia.

Si può dire che la robotica educativa è una disciplina di sintesi in cui trovano cittadinanza e si fondono il sapere scientifico e il sapere umanistico; psicologia,

filosofia, meccanica ed elettronica si incontrano e cooperano sia nelle attività di costruzione degli artefatti che nella loro progettazione cognitiva e nel loro utilizzo didattico, nei processi di insegnamento-apprendimento.

I robot si offrono come asse portante di proposte didattiche in cui il fantastico, letterario, tecnologico, ricerca e creatività si mescolano per costruire conoscenza e il robot è, in questo processo, al servizio degli studenti.

Un'idea questa, il robot servitore, che richiama il mito del Golem, l'evidenza del desiderio di costruire e dare vita alle proprie costruzioni, motivo tra gli altri del successo del mattoncino programmabile di Seymour Papert, che offre nuove prospettive all'interesse tipico di bambine e ragazzi di costruire, realizzare qualcosa con i materiali più diversi.

Non può sfuggire la stretta correlazione tra la nascita di questa idea e il costruttivismo, che supporta il fatto che la costruzione è un mezzo didattico e non solo un gioco.

Pur non facendo esplicito riferimento alle tecnologie è interessante citare a supporto dell'utilizzo della robotica didattica Reuven Feuerstein e la sua proposta di didattica innovativa.

In particolare la proposta di Feuerstein, la *pedagogia della mediazione* con cui propone un metodo per l'operare di bambini con disabilità, come descritto nel libro *"Non accettarmi come sono"*, o manager che vogliono migliorare le loro capacità intellettive di fronte alla sfida dell'innovazione, per stare al passo con i tempi affermando con forza è nostro dovere è cercare la conoscenza per partecipare con giudizio.

Il pensiero di Feuerstein, è molto interessante per un'efficace applicazione della robotica educativa, poiché si basa sul fatto che l'uomo è mediatore degli stimoli esterni, che elabora e fa propri permettendo loro di modificare la nostra struttura, così eventi traumatici possono modificarci, per questo sviluppa la teoria della modificabilità cognitiva strutturale, perno del suo metodo, per accrescere il quoziente intellettivo di persone con ritardo mentale e problemi di apprendimento.

Feuerstein e Papert sollecitano al miglioramento continuo, anche se il primo non si riferiva esplicitamente alle tecnologie, entrambi concordano nel considerare il cambiamento come processo continuo che coinvolge tutti. Questa è uno dei fattori di innovazione didattica della robotica.

5. Alcune riflessioni conclusive: il logos operativo

All'inizio delle nostre riflessioni abbiamo parlato del valore cognitivo dell'analogia per giungere a definire, sia pure con un po' di provocazione che il robot è una metafora della realtà perché simula il funzionamento della mente. Abbiamo tracciato una serie di analogie per spiegare, sotto il profilo epistemologico, il senso educativo della robotica. Un modo per studiare la realtà, effettivamente, è quella di riprodurla individuando delle analogie fra situazioni o fenomeni. Ma, il robot ci fornisce un valore aggiunto perché, per suo tramite, possiamo porre in atto simulazioni (Parisi, 2002; Didoni, 2000), analizzando i suoi principi operativi e costruttivi, come nel caso delle analogie.

Prima di affrontare alcune riflessioni conclusive è importante evidenziare le competenze che la robotica educativa permette di individuare e che rappresentano un aspetto di miglioramento qualitativo dei processi di insegnamento-apprendimento.

In particolare è rilevante sottolineare che a partire da metodi attivi, nello specifico il problem solving, è possibile sviluppare competenze operative, cognitive e anche relazionali. Queste competenze caratterizzano il cooperative learning e

l'utilizzo della robotica educativa è sicuramente una metodologia privilegiata per l'utilizzo efficace di tale metodologia in processi di insegnamento-apprendimento in tutti le tipologie di cammini formativi formali, non formali e informali.

Le competenze necessarie e correlate alla robotica educativa si dipanano dalla capacità dell'uso critico delle tecnologie ad una capacità di un meta-apprendimento oltre la disciplina specifica, dalla capacità di sviluppare il lavoro collaborativo ad un apprendimento orientato alla costruzione di conoscenza. In questa dimensione si possono costruire anche competenze di mediazione culturale e di inclusione.

I processi apprenditivi, le strategie, le informazioni che gli studenti incontrano e utilizzano lavorando e giocando con i sistemi robotici sono organizzati non tanto e non solo su di uno schema cronologico di tipo astratto, come avviene sui libri e, più in generale, con i linguaggi scolastici tradizionali (Moro, Menegatti, Sella, Perona, 2011). Dal momento che il robot, fra le altre cose, pone in atto una simulazione della realtà, le azioni per così dire fisiche, come il loro contenuto simbolico, sono cucite su di una trama operativa, e pertanto risultano meno astratte, meno svincolate da un contesto socio-antropologico significativo. Esse vengono inquadrare entro una generale struttura di conoscenza che offre loro concretezza e, cosa ancora più interessante dal punto vista educativo, i ragazzi le scoprono attraverso i loro stessi sforzi cognitivi nel mentre le collegano con quanto già conoscono e, a vario titolo, è familiare. L'organizzazione operativa delle informazioni e dei procedimenti cognitivi e il loro approccio attraverso la scoperta attiva da parte del ragazzo, spiegano la straordinaria attrazione che la robotica esercita sui giovani. In questo modo essi giungono a cogliere l'organizzazione disciplinata legata ad una determinata contestualizzazione, leggono la verosimiglianza delle azioni che il robot compie in un ambiente di coerenza e utilizzo pratico. La pragmatica rappresenta una modalità di pensiero straordinariamente efficace nel collocare i contenuti entro un *logos* significativo che ci consente di comprenderli, di ricordarli, ma anche di stabilire fra loro relazioni nuove per creare altri contenuti e significati e scenari di senso. L'agire operativo, insomma, offre coesione a quelli che abbiamo denominato sommariamente come elementi della conoscenza, perché le regole sulle quali si regge, hanno una loro semantica ed una loro sintassi (Bianchini, Gliozzo, Matteuzzi, 2007). Scrive a questo proposito Marco Buttolo: "Esso (il robot), per poter operare si appoggia su di una base di conoscenza (in inglese Knowledge Base KB). Una base di conoscenza è una rappresentazione della conoscenza del mondo che possiede un robot. Il linguaggio usato per esprimere la conoscenza si chiama linguaggio di rappresentazione. Le rappresentazioni dei fatti, ossia delle conoscenze che il robot ha del mondo, sono poste nella KB in forma proposizionale (...). La logica proposizionale è uno strumento idoneo per rappresentare la conoscenza. La logica è caratterizzata da:

- **Sintassi**, che definisce quali proposizioni sono ammissibili
- **Semantica**, che definisce il significato delle proposizioni.

La logica proposizionale è basata su proposizioni elementari, legate tra loro da connettivi logici atti a creare proposizioni sempre più complesse" (Buttolo, 2016).

Le ipotesi che i ragazzi producono circa i loro stessi interrogativi e, non ultima, circa la natura della conoscenza, attingono a piene mani da questa esperienza che è conoscitiva, che può essere scolastica e che è sicuramente ludica.

Il robot è un prodotto del sapere che si realizza durante la sua costruzione. Ogni apprendimento agito nell'ambito della robotica ha uno spessore teorico, ma anche antropologico che attiene al nostro *multiversum* simbolico, fonde teoria e prassi, rappresenta ad un tempo strumento, prodotto e contenuto educativo.

Pensiamo che i processi e i meccanismi agiti entro questi nuovi orizzonti ludici offrano al ragazzo sia *l'input* per una interpretazione concreta del mondo, del sé e della conoscenza, sia l'abitudine ad utilizzare di preferenza quelle strategie, appunto operative, e quegli stessi approcci anche negli altri campi della sua esperienza. Infine, che lo sollecitino ad assegnare un profondo valore conoscitivo agli elementi che sino ad ora si riteneva esulassero dalla sfera dell'intellettualità, ossia quelli che fanno maggiormente riferimento alle abilità senso-motorie. Ed è per questo motivo che è importante, sin da subito, far leva anche sulla dimensione simbolica dell'oggetto robot, per non cadere nell'equivoco che il sapere debba essere immediatamente e strumentalmente pragmatico. In tal modo, il ragazzo impara ad utilizzare diversi tipi di intelligenza, contrariamente a quanto accadeva, e in gran parte accade, quando studia e lavora in un ambito scolastico di tipo tradizionale, quello, per intenderci, che, nei processi di insegnamento e di apprendimento, privilegia con il codice alfabetico e le sue ineludibili grammatiche, un approccio al sapere di tipo astratto, intellettuale, consequenziale, scrittore.

Un altro elemento della fascinazione che il mondo della robotica esercita sui giovani è legato ai processi di costruzione della loro identità. Nell'attualità, la soggettività si confronta con gli approdi della tecnologia di ultima generazione, perché è la tecnoscienza la cifra di definizione della società contemporanea. La tecnologia rappresenta sempre più la lente attraverso la quale i giovani guardiamo al mondo, esprimono giudizi di valore sulle cose, impostano la loro morfologia comportamentale. I ragazzi definiscono, attraverso il loro possesso dei beni tecnologici, il loro status, nonché l'appartenenza ad una cultura ed il livello della loro competenza tecnica. In una parola, il criterio attraverso il quale ostentano il tasso di "modernità" che definisce la loro identità.

Il soggetto si determina in un processo formativo multirelazionale e multidirezionale che privilegia la conoscenza nelle sue rappresentazioni linguistiche. Soggetto e linguaggio si autodefiniscono, ma, in questo gioco, oggi assume un ruolo straordinario la tecnologia e, nello specifico dell'immaginario giovanile un ruolo importante lo gioca la robotica. L'immagine del robot è connessa all'idea di futuro, come tanta letteratura e tanto cinema contemporanei ci illustrano con dovizia di immagini e come esempio si possono citare i più recenti *Robotropolis* di Vristopher Hatton, del 2011, *Robot & Frank*, di Jake Schreier del 2012; *Elisium* di Neil Blomkamp, del 2015.

Se il prodotto della ricerca scientifica e tecnologica inerente alla robotica è ritenuto un sapere "certo", oggettivo e indubitabile, è altrettanto vero che la prosimità tra contesti di studio e contesti applicativi è una caratteristica del contemporaneo rapporto scienza-società (Forman, 2007). In breve, è facile assistere allo slittamento di credito dal sapere al fare, ovvero, dalla verità dell'uno alla verità dell'altro, senza comprenderne le implicazioni epistemiche, sia nei processi di costruzione della conoscenza, sia nell'educazione. È vero che la natura dei meccanismi di costruzione della conoscenza è altra cosa rispetto ai processi di utilizzo della medesima, ma è altrettanto vero che la relazione fra i due è condizionante per entrambi. La messa in atto di un apprendimento è un fenomeno profondamente diverso dalla sua acquisizione, ma la nostra idea sulla natura di questa acquisizione condiziona sia l'insegnamento che l'apprendimento.

A questo fine, riteniamo che sia indispensabile una formazione che valorizzi la sensibilità epistemologica, sia pure a differenti livelli di profondità, secondo l'età e il ruolo perché non è possibile pensare che la diffusione della tecnologia possa porre un rimedio a quell'alfabetismo scientifico che, da più parti, risulta carente. La conoscenza richiede una preparazione di natura epistemologica perché fa riferimento, non tanto alla ricezione dell'informazione, quanto alla sua elaborazione, che è cosa ricercata e complessa, perché richiede la capacità di in-

dividuare e innescare nessi fra persone e settori di conoscenza, fra linguaggi e approcci cognitivi, fra ambiti differenti del sapere. Richiede metodo e creatività, ma, prima di tutto, esige di sapere come funziona il pensiero nei processi di costruzione del sapere. Per questo riteniamo che occorra una mappa aperta e flessibile per orientarci nell'universo semantico e linguistico della tecnologia contemporanea ma tale mappa non può che essere l'esito, tutto educativo, di una profonda coscienza epistemologica.

Per questo, pensiamo che un'istruzione tecnocratica, che miri prevalentemente all'acquisizione veloce delle abilità tecniche relative a determinate strumentazioni sia insufficiente ed illusoria. È insufficiente, perché non aiuta a capire il senso profondo della tecnologia nella nostra vita, ci induce a confondere il mezzo con il fine e ci muta in strumenti al servizio dell'etica del consumo (Cavazza & Scarpellini, 2006); ed è illusoria perché finge di fare formazione mentre si limita ad addestrare i soggetti come esecutori. Dietro ogni azione che compiamo, la nostra mente agisce, o meglio interagisce e si riassetta a fronte dei nuovi apprendimenti. Di più, dietro e oltre ogni risultato pratico, dietro ogni prassi ed ogni esperienza, esiste un'ipotesi, una teoria, un metodo.

D'altro canto, quest'opera educativa di diafanizzazione epistemologica si deve confrontare con un altro paradosso: il rapporto fra sapere tecnico e senso comune. Il primo non può prescindere da nozioni e da rappresentazioni che attingono al senso comune, che, a sua volta, è, in larga parte, condizionato e persino determinato dalla tecnologia, che impone una certa visione del mondo. I sistemi robotici sono stati elaborati, ma ad un tempo, hanno prodotto una nuova serie di manufatti linguistici che ineriscono al *logos* tecno-logico, che dobbiamo imparare ad esplorare con sensibilità epistemologica a fini educativi.

Ed è per questo motivo che la nostra proposta mira ad una formazione che ci aiuti a capire come si costruisce e si utilizza la robotica, ma anche a decifrarne lo spessore simbolico, la carica culturale, i risvolti economici.

Riferimenti bibliografici

- Bianchini, F., Gliozzo, A.M., Matteuzzi, M. (2007). *Instrumentum vocale: intelligenza artificiale e linguaggio*. Bologna: Bononia University Press.
- Brian Arthur, W. (2011). *La natura della tecnologia. Che cos'è e come si evolve*. Torino: Codice Edizione.
- Buttolo, M. (2016). *Robotica. Principi e applicazioni*. Bergamo: Verdellino.
- Capponi M. (2008). *Un giocattolo per la mente. L'informatica cognitiva di Seymour Papert*. Perugia: Morlacchi.
- Cavazza, S., Scarpellini, E. (2006). *Il secolo dei consumi*. Roma: Carrocci.
- Didoni, R. (2002). Il laboratorio di robotica. Un modello per l'innovazione nell'educazione scientifica e tecnologica. *Tecnologie Didattiche*, 3, 29-35.
- Feuerstein, R. Rand, Y., Rynders, J.E. (1995). *Non accettarmi come sono*. Firenze: Sansoni.
- Forman, P. (2007). The Primacy of Science in Modernity, of Technology in Postmodernity and of Ideology in the History of Technology. *History and Technology*, 23, 1-152.
- Hebb, D. O. (1949). The Effects of Early Experience on Problem Solving at Maturity. *American Psychologist*, 2, 306-307.
- Husserl, E. (1972). *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale (1934-1937)*. Milano: Il Saggiatore.
- Margiotta, U. (2014). *Teorie dell'istruzione. Insegnamento e curricolo formativo*. Roma: Anicia.
- Margiotta, U. (2009). *Competenze e legittimazione nei processi formativi*. Lecce: Pensa Multimedia.
- Margiotta, U., (1997). *Pensare in rete. La formazione del multialfabeta*. Bologna: CLUEB.
- Moro, M., Menegatti, E., Sella, F., Perona, M. (2011). *Imparare con la robotica. Applicazioni di problem solving*. Trento: Erikson.

- Morin, E. (1994). *Il metodo. Ordine, disordine, organizzazione*. Milano: Feltrinelli.
- Parisi, D. (2007, Febbraio 7). È ora di imitare la natura. *Tuttoscienze*. La Stampa Tecnologia, VI.
- Papert, S. (1984). *Bambini computer e creatività*. Milano: Emme Edizioni.
- Piaget, S. (1971). *Psicologia ed epistemologia. Per una teoria della conoscenza*. Torino: Loescher.
- Piaget, S. (1971). *L'epistemologia genetica*. Bari: Laterza.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., Lamantia, A.S., McNamara, J. O., Williams, S. M. (2004). *Neuroscience Third Edition*, Sunderland: Sinauer.