

Nicola Nosengo

I robot ci guardano

Aerei senza pilota, chirurghi a distanza
e automi solidali

Chiavi di lettura a cura di
Federico Tibone e Lisa Vozza

indice

<i>Introduzione: Una rivoluzione silenziosa</i>	5
1. Un sogno antico quanto l'uomo	9
2. Quelli brutti ma utili	35
3. Quelli belli, ma meno utili	61
4. Quelli che non paiono robot, ma lo sono	87
5. Le nuove specie	113
6. Ciò che si sa ma non si dice	141
7. Un robot in ogni casa?	167
8. Uomini e robot: regole di convivenza	185
<i>Per saperne di più</i>	199
5 miti da sfatare	200
Forse non sapevi che...	202
<i>Fonti delle immagini</i>	204
<i>Indice analitico</i>	205

Una rivoluzione silenziosa

Se anche voi come me amate i film di fantascienza, probabilmente ogni tanto vi divertite a riguardare quelli più vecchi e a sorridere di come immaginavano la tecnologia dei nostri giorni. Le cose che non avevano previsto – chi, per dire, si sarebbe mai immaginato Internet? – e quelle che invece tutti gli autori di questo genere si aspettavano e non è mai arrivato: le auto volanti, i computer più intelligenti dell'uomo, i viaggi nello spazio alla velocità della luce...

I robot – come macchine pensanti e spesso parlanti, fatte a immagine e somiglianza degli esseri umani – sono presenze fisse nei racconti e film di fantascienza vecchi e nuovi: *Guerre Stellari*, *Alien*, *Terminator*, *Io-Robot*, *Blade Runner*, *AI – Artificial Intelligence*, soltanto per fare alcuni esempi.

Confrontando la realtà in cui viviamo con quella descritta da quei libri e film, si è spesso tentati di includere anche i robot nella lista delle tecnologie che da decenni tutti aspettano, ma non arrivano mai. A molti la robotica può sembrare un settore che da anni fa grandi promesse, ma non le mantiene.

Questo libro vuole convincervi del contrario, e raccontarvi che quell'impressione si basa su un equivoco. Sì, i robot che vedevamo nei film – quelli che

riproducono gli esseri umani al punto da confondersi con loro – non sono mai arrivati. E probabilmente mai arriveranno, o almeno non così convincenti come i replicanti di *Blade Runner*. Ma altri robot, che non si preoccupano di assomigliarci ma, mettiamola così, si dedicano a compiti molto più utili (utili per noi che li costruiamo, soprattutto) sono ovunque, sono attorno a noi, ci guardano, in qualche caso ci sorvegliano, ci aiutano sul lavoro o nella ricerca scientifica, e in qualche caso ci minacciano.

La robotica ha mantenuto e continua a mantenere molte delle sue promesse, che però non erano quelle che credevamo. È questo equivoco che porta molti osservatori distratti a considerarla un *flop*, quando invece è uno dei grandi filoni di successo della tecnologia dei prossimi anni.

Una cosa è vera, però: la robotica ha avuto e continua avere grandi successi, ma questi finora sono rimasti confinati in settori specialistici. I robot in circolazione sono relativamente pochi, tendenzialmente molto costosi, difficili da far funzionare, e sono utilizzati da soggetti «speciali»: grandi aziende, eserciti, università.

È la stessa cosa che si poteva dire dei computer fino ai primi anni Settanta del secolo scorso: esistevano eccome, erano già fondamentali in molti settori, ed erano molto utilizzati in particolare dagli scienziati e dai militari (due categorie che sono quasi sempre le prime a sperimentare le nuove tecnologie, e vedremo in questo libro come ciò sia vero anche per la robotica). Ma la maggior parte della gente

non aveva mai visto da vicino un computer, al massimo ne leggeva sui giornali. Il che non vuol dire che i computer non influenzassero già in molti modi la vita delle persone.

La robotica è oggi in una fase molto simile. Molti segnali fanno pensare che stia per fare il grande salto verso la dimensione di massa, domestica, quotidiana, quella che l'informatica fece con l'arrivo dei personal computer. E in un certo senso la rivoluzione robotica sarebbe il vero completamento di quella informatica: quest'ultima si è occupata dei *bit*, ma alla robotica tocca occuparsi degli atomi. L'informatica ha moltiplicato, velocizzato e facilitato l'elaborazione e la trasmissione di informazioni, la produzione di servizi, i movimenti virtuali. Allo stesso modo la robotica può moltiplicare, velocizzare e facilitare – anche democratizzare – la produzione di beni e i movimenti fisici.

Questo libro racconta quanto diversi dall'immagine della fantascienza, e quanto diversi tra loro, siano i robot oggi in circolazione. Uno dei padri della robotica industriale, Joseph Engelberger, amava dire: «Non riesco a definire un robot, ma ne riconosco uno quando lo vedo». Oggi le cose sono ancora più complicate che ai suoi tempi: molti robot è difficile persino riconoscerli. Come vedremo, alcune macchine che a prima vista non assoceremmo a questa parola in realtà se la meritano a pieno titolo.

Come tutte le grandi innovazioni, la robotica ha anche rischi e aspetti controversi, e impone cautele legali ed etiche. Parleremo anche di queste, perché

alla fine dei conti spetterà a noi, i loro progettisti e utilizzatori umani, assicurarci che i robot ci migliorino la vita anziché peggiorarla (o migliorarla a pochi e peggiorarla a tanti, che è un altro rischio).

La prima parte del libro racconta da dove viene la robotica e che cosa è oggi: la sua storia, i primi sviluppi e i grandi pionieri (capitolo 1); la robotica industriale e di servizio, che rappresenta oggi la grande maggioranza della popolazione di robot in circolazione (capitolo 2); quella che tenta di imitare gli umani e serve soprattutto a scienziati e ricercatori (capitolo 3); e quella applicata ai mezzi di trasporto (capitolo 4).

La seconda parte getta uno sguardo al futuro: i nuovi robot, alcuni ancora poco più che idee nella mente dei ricercatori, che guardano oltre il modello umano e si ispirano alla varietà di forme di vita presenti sul pianeta per dare nuove soluzioni a vecchi problemi (capitolo 5); i robot per uso militare, in assoluto quelli che si stanno diffondendo più velocemente (capitolo 6); il salto prossimo venturo alla robotica «domestica» e di massa, che porterà forse ogni famiglia ad avere un robot, e addirittura a farsene altri in casa (capitolo 7); e infine i problemi legali ed etici che la convivenza con i robot ci potrebbe creare, e qualche idea su come affrontarli (capitolo 8).

Un sogno antico quanto l'uomo

È una bella sera d'estate. La brezza che proviene dal mare porta un po' di fresco tra le strade della città e il Sole tramonta dolcemente sull'orizzonte, mentre la gente inizia ad accalcarsi verso l'entrata del teatro.

Arrivano a piccoli gruppi, e ogni volta le porte automatiche si aprono silenziose per farli entrare. Qualcuno, arrivato di corsa dal lavoro senza il tempo di cenare, afferra in fretta e furia uno spuntino da uno dei distributori a moneta posti appena prima dell'ingresso della sala.

Sono molto incuriositi, gli spettatori, da quello che vedranno stasera. In città da giorni si parla di questo spettacolo: gli attori non sono persone in carne e ossa, ma automi. Macchine programmate per recitare ogni scena della commedia, protagoniste di uno show in cui non compare nemmeno un essere umano. «Lo dicevo» mormora un uomo alla moglie, mentre prendono posto in platea «che un giorno le macchine ci avrebbero rimpiazzato tutti quanti. Se funziona per gli attori, perché non per il resto? Presto faranno tutto loro, e noi non serviremo più a nulla».

Quando le luci si spengono e il sipario si apre, un brivido percorre le prime file: il primo automa-attore è salito sul palco e inizia a interpretare la sua parte.

Bene, fermiamoci qui. In che epoca potrebbe svolgersi questa scena, secondo voi? È un racconto di fantascienza, penseranno in molti, ambientato in un immaginario futuro. Be', acqua.

Allora è ambientato ai giorni nostri, e i robot attori sono parte di un progetto all'avanguardia di qualche laboratorio, magari nordamericano o giapponese. Sembra plausibile, ma acqua di nuovo.

Questa scena infatti avrebbe potuto svolgersi – e forse si è svolta davvero, più o meno così – molto, molto prima di quanto immaginate. Per la precisione nei primi secoli dopo Cristo, ad Alessandria d'Egitto. Proprio lì, nell'antica capitale della cultura ellenistica, ha mosso i primi passi la scienza che oggi chiamiamo *robotica*, e che è al centro di una delle grandi rivoluzioni tecnologiche dei nostri giorni.

Nelle prossime pagine vedremo come la robotica pervada sempre più ogni campo della nostra società – dalla produzione industriale alle attività militari, dalla ricerca scientifica all'intrattenimento – e come sia il punto di incontro delle scienze di frontiera, dove convergono le ultime conquiste dell'ingegneria, dell'elettronica, della scienza dei materiali. Persino delle neuroscienze e della biologia.

Vedremo come stia iniziando a mettere in crisi i nostri sistemi legali e le nostre regole etiche, in modi che ancora facciamo fatica a immaginare.

Inizieremo però dal passato, perché anche questa rivoluzione – che contribuirà a dare forma al nostro futuro – ha alle spalle una storia importante e molto più antica di quanto si creda.

Gli *automata* di Erone

Ad Alessandria circa duemila anni fa visse e lavorò Erone, geniale inventore il cui lascito rivaleggia con quello di Archimede (gli storici non hanno dati certi sulla sua biografia, e soltanto di recente sono riusciti a decifrare gli scritti che documentano le sue scoperte).

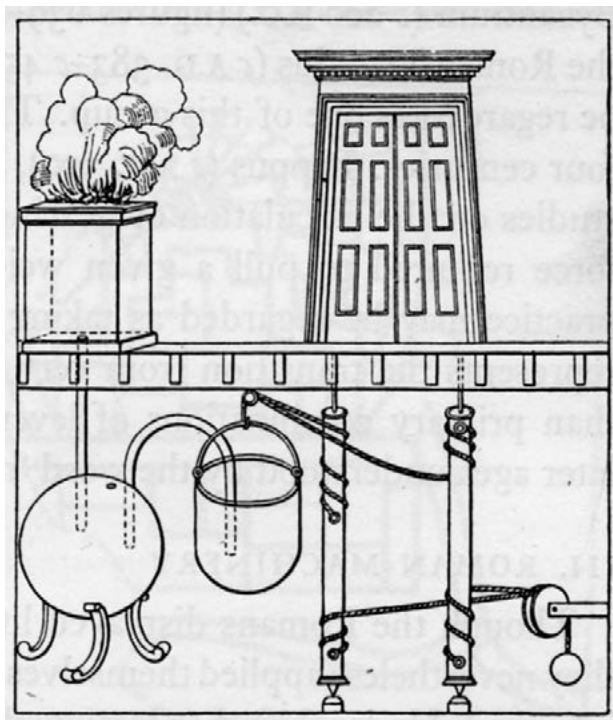
Erone fu tra i protagonisti di quella fioritura intellettuale e tecnologica dell'era ellenistica che lo storico della scienza Lucio Russo ha definito «rivoluzione dimenticata», per come anticipò conquiste scientifiche e tecnologiche che sarebbero poi state trascurate dalle civiltà europee successive, finendo in un cassetto durante tutto il Medioevo, per essere poi riscoperte da zero (in qualche caso, letteralmente reinventando la ruota) soltanto dopo il Rinascimento.

Erone inventò infatti qualcosa di simile alla macchina a vapore, che oggi noi attribuiamo al lavoro settecentesco dello scozzese James Watt. E la usò per far muovere porte scorrevoli poste all'ingresso di un tempio. Progettò una pala azionata dal vento per soffiare aria in un organo e un distributore di liquidi azionato meccanicamente inserendo una moneta.

Proprio il distributore automatico è tra le cose che probabilmente, nel leggere il racconto all'inizio del capitolo, vi avrà fatto pensare di trovarvi ai giorni nostri. Eppure dispositivi del genere esistevano già ad Alessandria d'Egitto nei primi secoli dopo Cristo. Ma soprattutto Erone progettò automi semoventi e «programmabili» che, se la parola fosse già esistita, si sarebbero potuti chiamare *robot*.

Gli *automata* di Erone, dotati di ruote, erano i protagonisti di uno spettacolo teatrale in cui si muovevano su un palco in base a un programma prefissato, il tutto senza intervento umano.

I pochi resoconti che abbiamo ci dicono che nello spettacolo sei macchine rappresentavano il dio Dioniso e cinque figure femminili in adorazione. Ese-



Per muovere le prime porte automatiche della storia Erone usava l'*aeolipila*, un'antenata della macchina a vapore.

guivano un breve «balletto» andando avanti e indietro sul palco, per poi uscire tutti quanti di scena. Per guidarli lungo la sequenza prefissata di movimenti, Erone si affidava al più semplice tra i meccanismi: un peso legato a una corda, e diverse brillanti trovate per influenzare la sua velocità in caduta.

Il peso (un sacco di sabbia, per esempio) era inserito in un alto cilindro cavo e legato a un'estremità di una fune, a sua volta arrotolata su una carrucola e all'altro capo fissata al carrello di uno degli automi. Cadendo all'interno del cilindro il peso tirava con sé la corda, provocando il movimento dell'automa sulle ruote. E questa è la parte facile.

Per rallentare e prolungare il movimento, però, Erone riempiva il cilindro di chicchi di grano, e praticava un foro sul fondo in modo che il cilindro si svuotasse lentamente, come avviene in una clessidra. In questo modo il peso scendeva piano piano, e la sua velocità poteva essere graduata allargando o restringendo il foro da cui uscivano i chicchi di grano. Non solo. Aggiungendo un piolo sulla carrucola, Erone poteva avvolgere una parte della fune in direzione contraria al resto, facendo così muovere il carrello all'indietro in momenti prefissati. E per introdurre pause fissava la fune in punti strategici con un po' di cera, in modo da lasciarne qualche tratto lasco: quando il peso strappava via la cera, l'automa si fermava per il tempo necessario affinché anche quella parte di fune si tendesse.

Nella storia umana nessuno parte proprio da zero, e anche Erone probabilmente non faceva che ela-

borare le lezioni di predecessori ancora più antichi, come Filone di Bisanzio, che lo stesso Erone cita nei suoi scritti. Già Aristotele, nel quarto secolo prima di Cristo, fa riferimento a giostre semoventi per il divertimento dei bambini, e la sua descrizione fa pensare che fossero molto diffuse nell'antica Grecia.

Ma è chiaro che con Erone la progettazione di automi fa il primo vero salto di qualità, sfruttando al meglio la tecnologia dell'epoca. E a ben vedere, i fondamentali della robotica nel lavoro di Erone c'erano già tutti: una *fonte di energia* (l'energia potenziale del peso in caduta, a sua volta dipendente dalla gravità), *attuatori* che trasmettono e modulano il movimento (la corda, le carrucole, i pioli, le ruote) e un *programma*: una sequenza temporale di azioni, progettata prima in modo astratto e poi realizzata attraverso dispositivi che non richiedono l'intervento umano.

Automi medievali e rinascimentali

Per ritrovare qualcosa di simile, almeno di cui siano rimaste fonti scritte, bisogna in effetti fare un bel salto in avanti nel tempo e andare al mondo islamico del tredicesimo secolo.

Nella Baghdad di quel tempo troviamo un altro padre nobile della robotica, Ibn Ismail Ibn al-Razzaz Al-Jazari, che progettò una nave carica di automi musicisti per intrattenere i nobili mentre banchettavano e bevevano alle feste in piscina (sì, c'erano già le feste in piscina).

I suoi scritti rivelano che lavorava anche su meccanismi più semplici ma decisamente più utili, come figure semoventi – tra cui una, rimasta celebre, a forma di pavone – azionate dall'acqua, che distribuivano sapone o svuotavano il lavandino quando ci si



Un automa per la distribuzione d'acqua costruito nel Duecento da Al-Jazari.

lavava le mani. Cose semplici, e tecnologicamente non innovative rispetto alle creazioni di Erone. Ma gli arabi introdussero un'attenzione alle applicazioni pratiche della robotica che mancava agli inventori greci ed ellenici, concentrati più sul valore spettacolare e ludico degli automi.

Anche Leonardo da Vinci fu affascinato dalla sfida di costruire automi semoventi. Il *Codice Atlantico* contiene i disegni di un automa meccanico, un cava-



Una riproduzione moderna del possibile aspetto dell'*automa cavaliere* di Leonardo e del suo meccanismo interno.

liere completo di armatura, e almeno secondo i disegni capace di alzarsi in piedi e muovere testa, braccia e mascella. L'interno era costruito in legno, con elementi in pelle e metallo. Era azionato da un sistema di cavi, a simulare tendini e muscoli, e da un sistema di manovelle esterne al corpo per muovere le gambe. Non sappiamo se sia mai stato realizzato.

Lo stesso vale per il leone meccanico che, secondo Giorgio Vasari, il Re di Francia in persona chiese a Leonardo: un animale artificiale in grado di camminare, il cui petto si apriva rivelando l'interno pieno di fiori da offrire al sovrano. Mark Rosheim, esperto statunitense di robotica, sulla base dei codici di Leonardo è giunto alla conclusione che se non altro l'impresa fosse tecnologicamente alla sua portata.

Lo dimostra ancora il *Codice Atlantico*, dove Leonardo descrive e illustra sistemi per trasmettere il movimento attraverso catene e ruote dentate, e in particolare un carrello comandato da un meccanismo a orologeria che, con tutta probabilità, aveva concepito proprio per muovere quell'animale meccanico.

Rosheim ritiene che la direzione e la velocità dei movimenti del leone fossero regolate da bracci fissati a ruote dentate inserite in un meccanismo con pesi e scappamenti, come appunto quello degli orologi. Bastava cambiare la posizione dei bracci per modificare i movimenti del leone, insomma per programmarli: cosa che distingue una macchina di questo tipo da un semplice orologio meccanico, che esegue sempre lo stesso programma e per fare qualcosa di diverso andrebbe ricostruito da capo.

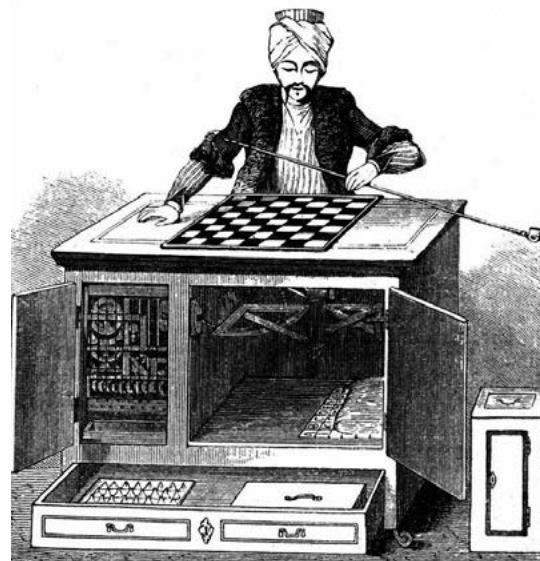
L'Ottocento: automi finti e automi (quasi) veri

Il più famoso robot «intelligente» prima dei moderni robot fu però... un falso. Lo chiamavano «il Turco», o «Turco Meccanico», e stupì mezza Europa tra la fine del Settecento e la metà dell'Ottocento.

Era costituito da un tavolo, con una scacchiera e una figura umana meccanica seduta a lato. Costruito da Wolfgang Von Kempelen nel 1770 per l'Imperatrice Maria Teresa d'Austria, questo marchingegno girò le corti e i palazzi di Europa e America per decenni, giocando (e di solito vincendo) partite di scacchi contro avversari in carne e ossa, e risolvendo enigmi scacchistici come il «giro del cavallo», un problema che richiede di muovere un cavallo lungo la scacchiera toccando ogni casella una volta.

Il Turco era in realtà una truffa: al suo interno, ben nascosto, c'era un campione di scacchi che azionava la macchina attraverso un complicato sistema di controlli. Ma la sua storia è interessante, perché rivela un altro elemento fondamentale del sogno della robotica (elemento che richiederà altri due secoli prima di essere realizzato, anche soltanto in parte): la costruzione di una macchina *intelligente*, non soltanto autonoma e programmabile in base a diverse esigenze, ma anche capace di *improvvisare* in base alle diverse situazioni, giocandosela alla pari con gli esseri umani.

Trucchi a parte, ai primi dell'Ottocento qualcosa di simile alla moderna automazione inizia a farsi strada nella culla della rivoluzione industriale: le fabbriche tessili in Inghilterra. Qui, dal matrimonio



«Il Turco», che impressionò le corti europee tra il XVIII e il XIX secolo, nascondeva in realtà un trucco.

tra le due invenzioni fondamentali della rivoluzione industriale – la macchina a vapore e il telaio meccanico – nascevano nella prima metà dell'Ottocento i primi telai semiautomatici, in grado di funzionare per tempi anche lunghi con un intervento umano ridotto al minimo. In questo senso il telaio inventato da Richard Roberts attorno al 1830 si può considerare un progenitore dei robot industriali.

L'energia per il funzionamento veniva dalla macchina a vapore, mentre una serie di ingranaggi, ruote dentate e leve consentiva di controllare i movimenti.

Per arrivare ai robot moderni, e arrivarci senza trucchi, servivano però due cose senza le quali la robotica non sarebbe mai andata molto oltre le intuizioni di Erone. Per prima cosa occorre una fonte di energia per farli muovere più a lungo e in modo più controllato, dosando velocità e potenza dei movimenti. In secondo luogo serviva un sistema per *programmare* i robot, ossia per trasformare i loro movimenti in una serie di passaggi codificati in una sequenza di simboli; e la sequenza doveva poter essere immagazzinata su un supporto fisico e governata con precisione millimetrica.

Il primo problema venne davvero risolto soltanto grazie alla produzione e al controllo dell'energia elettrica, che ha permesso di alimentare in modo continuo e indipendente molte parti mobili, di modularne movimenti a diversa velocità, e di far muovere un robot in spazi ampi, anche allontanandosi dalla fonte originaria di energia (cosa impossibile con la macchina a vapore).

L'energia elettrica si trasporta, si amplifica e si immagazzina infatti molto più facilmente di qualunque altra forma di energia. Michael Faraday e James Clerk Maxwell prepararono il campo nel corso dell'Ottocento, il primo inventando il generatore elettrico, il secondo completando la descrizione teorica dell'elettromagnetismo. Ma soltanto all'inizio del Novecento la rete elettrica iniziò veramente a svilupparsi, trasformando sia l'industria sia la vita quotidiana.

Il secondo problema, quello della programmazione, ebbe una svolta fondamentale con il lavoro

di Charles Babbage, che in Gran Bretagna a metà Ottocento progettò, realizzandolo soltanto in parte, il suo *Difference engine*, un meccanismo automatico per il calcolo delle funzioni. Invece un altro progetto di Babbage, il più complesso *Analytical engine*, che è stato in un certo senso il primo vero computer della storia, in grado di eseguire qualunque tipo di calcolo, rimase soltanto sulla carta.

In anticipo rispetto a quanto consentiva la tecnologia del suo tempo, Babbage dimostrò che era possibile per una macchina risolvere problemi logico-matematici di grande complessità, purché il suo «creatore» fosse abbastanza scaltro nel suddividere il problema in una serie di passi semplici; e che la stessa macchina poteva risolvere molti problemi diversi, se non tutti, purché si modificassero in modo opportuno alcuni parametri di partenza, e purché fosse dotata di una *memoria* in cui immagazzinare i risultati intermedi.

Babbage perfezionò anche un sistema per codificare e «dare in pasto» alla macchina le istruzioni, sistema già sperimentato con i telai ma che qui arrivò a un nuovo livello di complessità: le schede perforate, cartoncini in cui l'informazione era rappresentata dalla presenza o assenza di fori in posizioni predefinite.

Fino all'avvento delle memorie magnetiche, le schede perforate sono rimaste il principale supporto usato dai programmatori per impartire istruzioni ai computer, e se ne sono «nutrite» anche le prime generazioni di robot.

Adesso ci vuole un nome

Nella prima metà dell'Ottocento le fondamenta tecnologiche per dare inizio alla storia della robotica c'erano già, quindi. Mancavano ancora due cose: una vera domanda di mercato per gli automi, e un nome con cui chiamarli.

Per primo arrivò il nome: la parola *robot* fu introdotta da Karel Čapek, eclettico e brillante scrittore ceco, tra i principali autori europei di fantascienza nella prima metà del Novecento. Nel 1920 Čapek scrisse il testo teatrale *R.U.R. – Rossum's Universal Robot*, la storia di una fabbrica dove vengono creati esseri umani artificiali destinati a servire i loro creatori, dai quali a prima vista è molto difficile distinguerli.

L'autore chiamò queste creature *robot* inglesizzando una parola ceca, *robota*, che significa più o meno «lavori forzati». In realtà Čapek attribuì al fratello Josef l'intuizione del termine, che rimane di gran lunga il suo contributo più importante al nostro vocabolario e alla letteratura fantascientifica.

Isaac Asimov, che se ne intendeva, considerava *R.U.R.* un'opera «terribile», ma resa immortale dalla presenza di quella parola. E proprio Asimov completò l'invenzione linguistica di Čapek derivando dalla parola *robot* il termine *robotica*, usato per la prima volta nel racconto *Runaround* del 1942; quello, per capirci, in cui Asimov introduce le famose «tre leggi della robotica», che specificano come un robot deve comportarsi verso gli esseri umani (ne parleremo ampiamente più avanti).

Da lì in poi la parola *robotica* viene usata per indicare la disciplina che si occupa di progettare e costruire i robot.

Quanto alla domanda di mercato, il ventesimo secolo è anche il secolo della catena di montaggio, che rende i lavoratori in carne e ossa sempre più simili ai robot ancora di là da venire.

L'invenzione di Henry Ford, che scompone il lavoro di fabbrica in una sequenza di azioni brevi, elementari e ripetitive, e in questo modo abbassa i costi e aumenta la produzione, prepara il processo produttivo allo sviluppo e alla diffusione dei robot. Nel momento in cui le fabbriche diventano luoghi adatti alle macchine più che agli esseri umani, la strada per i robot è spianata.

La fabbrica mostrata nel 1936 da Charlie Chaplin in *Tempi Moderni* è popolata di esseri umani, ma sembra aspettare soltanto i robot.

Signore e signori, ecco a voi Unimate

Che infatti da lì a poco arrivano. Passa la Grande Depressione degli anni Trenta, passano le due Guerre mondiali del 1915-1918 e del 1939-1945, l'economia occidentale riparte (e a un certo punto, dopo il disastro bellico, decolla anche quella giapponese, che nel boom della robotica avrà un ruolo chiave). E i robot arrivano.

La prima vera «macchina da lavori forzati» a fare la sua comparsa negli anni Sessanta nelle fabbriche

statunitensi non assomigliava però molto a un essere umano. Era assai diversa dai robot umanoidi visti in fumetti o film, o dai replicanti della commedia di Čapek. Al massimo imitava, un po' grossolanamente, la parte del corpo umano più preziosa per il lavoro manifatturiero: il braccio.

Il primo robot a prendere servizio in una fabbrica è stato infatti un braccio meccanico capace di prelevare maniglie di portiere appena fuse e immergerle in un liquido per raffreddarle, passandole poi lungo la linea di montaggio agli operai che le avrebbero rifinite.

L'inizio della robotica industriale lo dobbiamo all'incontro di una di quelle coppie azzeccate, formate da un genio e da un imprenditore, che dovevano fare la storia della tecnologia americana: quello che per l'informatica sarebbero stati Bill Gates e Paul Allen (di Microsoft) o Steve Jobs e Steve Wozniack (di Apple), per la robotica furono George Devol e Joe Engelberger.

Dei due, il vero genio era Devol. Nato nel 1912, fu uno degli ultimi esempi dell'inventore di professione, capace di muoversi tra diversi settori della tecnologia e sempre a caccia di una buona idea, qualunque fosse il suo campo di applicazione. Un po' come era stato qualche anno prima Thomas Edison, il geniale inventore statunitense che tra la fine dell'Ottocento e i primi del Novecento aveva brevettato la lampadina, il grammofono per registrare il suono, i sistemi a corrente continua per trasmettere la corrente elettrica a distanza, e svariate centinaia di altre invenzioni.

Per tutta la prima parte della sua carriera, Devol si occupa di temi apparentemente molto distanti dalla robotica. Eppure proprio il modo in cui vi si avvicina, mettendo da parte una dopo l'altra idee che poi serviranno al primo robot industriale della storia, rivela molto dell'incrocio di saperi da cui nasce la robotica, scienza interdisciplinare per eccellenza.

Con la sua prima società, la United Cinephone, Devol lavorò allo sviluppo di nuovi sistemi per registrare il suono su pellicola. Già, siamo agli esordi del cinema sonoro (è il 1932) e Devol da bravo imprenditore si butta su una industria nascente, che non ha ancora scelto uno standard tecnologico comune. Lavora attorno all'idea di memorizzare il suono sulla pellicola sotto forma di variazioni dell'area di pellicola impressionata. Poi, prima di poter arrivare a una richiesta di brevetto, scopre che giganti come RCA e Western Electric sono più avanti di lui sulla stessa strada, e getta la spugna.

Questo lavoro lo costringe però a familiarizzare con le cellule fotoelettriche e le valvole termoioniche. Le prime sono dispositivi che convertono le variazioni luminose in variazioni di una corrente elettrica. Le seconde servono a controllare il passaggio di corrente elettrica, amplificando il segnale o agendo come interruttori, ed erano usate già ampiamente nelle radio. Insieme, i due dispositivi offrono un efficiente sistema di controllo, che può usare come input dati provenienti dal mondo circostante sotto forma di luce.

Devol si mette in cerca di un'altra applicazione per le sue valvole e le sue fotocellule, e la trova

in una vecchia idea del nostro amico Erone. Così Devol brevettò e portò sul mercato la prima porta automatica di grande diffusione, in cui il passaggio di una persona vicino a una fotocellula azionava lo scorrimento della porta lungo un binario. Cede poi il brevetto di questo *Phantom Doorman* («portiere fantasma») in licenza dalla United Cinephone alla Yale and Towne, l'azienda delle famose chiavi.

Negli anni successivi Devol sfornò brevetti in serie, che continuano a riguardare sistemi per il controllo di parti meccaniche e per la memorizzazione di informazioni.

A cavallo della Seconda guerra mondiale, in particolare, brevettò un sistema per registrare dati su un supporto magnetico, che spera di introdurre negli uffici per supportare l'archiviazione e la gestione dei dati contabili. In realtà il suo sistema si rivelerà troppo lento per quell'applicazione, ma tornerà utile quando si tratterà di dotare un robot della memoria necessaria per programmare una sequenza di movimenti.

È poco dopo la Seconda Guerra Mondiale, quando il boom dell'industria automobilistica diventa il principale traino della crescita economica americana, che Devol matura l'idea di applicare le sue intuizioni alla catena di montaggio. Lì, come abbiamo detto, il terreno era ormai pronto per l'automazione, visto che le macchine venivano assemblate in serie, facendo avanzare le varie parti su un nastro trasportatore, che le portava via via davanti agli operai, ognuno fermo nella sua posizione e incaricato di compiere una sequenza di movimenti semplice

e ripetitiva. Alcuni di questi compiti, peraltro, erano rischiosi e oggettivamente difficili per un essere umano: in particolare, maneggiare le parti metalliche appena fuse e ancora incandescenti.

Bisogna aggiungere che con gli anni Cinquanta nasce la società dei consumi; l'innovazione di prodotto costante, che è un suo aspetto fondamentale, crea l'esigenza di avere macchine non soltanto automatiche, ma riprogrammabili. In altre parole, una macchina in grado di produrre unicamente la portiera della Buick 5 (uno dei modelli di automobile più venduti negli Stati Uniti in quegli anni) non sarebbe servita a molto. Se devo cambiare macchinario per mettere in produzione un nuovo prodotto, allora rimane conveniente l'essere umano. Il trucco era fare in modo che la macchina potesse essere facilmente riprogrammata per costruire anche una portiera diversa, quando i progettisti si fossero inventati il modello successivo, la Buick 6. E questa, che Devol ebbe chiara sin dall'inizio delle sue ricerche, è un'altra caratteristica chiave del robot moderno: è facilmente riprogrammabile.

Devol si assicurò per prima cosa di piantare la propria bandierina sull'idea; così, fatto uno schema tecnico essenziale di come doveva funzionare il suo robot, depositò la richiesta di brevetto nel 1954. Ora gli serviva un marchio, e a quanto pare le idee migliori non le hanno mai gli inventori stessi, ma i loro parenti. Se il termine *robot* era stato suggerito a Čapek dal fratello, fu la moglie di Devol a suggerirgli il nome *Unimate*: gioco di parole su *mate*, che in

inglese significa «amico, compagno». Un termine un po' più gentile del «servo» implicato da robot.

Dopo la commedia di Čapek e il racconto di Asimov, il brevetto n. 2988237 dell'Ufficio Brevetti USA è il testo fondamentale della robotica moderna. E a differenza dei primi due, non ha nulla di fantascientifico. Definisce nei dettagli fondamentali, senza praticamente fare riferimento a nessun precedente, un sistema che «rende disponibile una macchina che ha applicazioni universali per una grande varietà di settori in cui sia desiderabile un controllo digitale ciclico».



Il braccio di *Unimate*, il primo robot industriale, progettato da George Devol e Joseph Engelberger.

La richiesta di brevetto sarebbe stata accettata ufficialmente nel 1961, quando il robot era già realtà. Nel frattempo Devol si mise in cerca di un partner industriale e lo trovò in Joseph Engelberger, che allora era capo progettista alla Manning, Maxwell e Moore. Dopo qualche tempo i due passarono alla Consolidated Diesel Electronic (Condec), che creò una divisione chiamata Unimation Incorporated, alla cui presidenza si ritrovò Engelberger.

Eccoli, i Bill Gates e Paul Allen della robotica, finalmente assieme. Con i soldi di Engelberger e le invenzioni di Devol nella cassetta degli attrezzi, un piccolo gruppo di ingegneri iniziò a sviluppare per la Condec il primo robot industriale della storia. Fu subito chiaro che, per muoversi, il robot si sarebbe affidato soprattutto a sistemi idraulici: sistemi cioè in cui la variazione di pressione di un fluido all'interno di una camera chiusa mette in movimento una parte mobile. Insomma, è il principio del cilindro e del pistone in un motore a scoppio, che però si può usare anche in forma meno... esplosiva, con un liquido all'interno del cilindro che consente movimenti più lenti e controllati del pistone.

Dopo aver sondato varie possibilità, Devol e i suoi scelsero di sviluppare un braccio dai movimenti un po' più limitati rispetto a quelli di un braccio umano. Quest'ultimo ha, come tutti sappiamo, tre articolazioni: spalla, gomito, polso. Due di queste (spalla e polso) hanno più libertà di movimento: il polso ci permette di muovere la mano orizzontalmente, verticalmente o di ruotarla. E lo stesso vale per i movimenti

che può fare l'avambraccio all'altezza della spalla. Si dice che queste due articolazioni hanno tre gradi di libertà, un'unità di misura che come vedremo presto è molto importante per la robotica.

Il gomito umano è più limitato della spalla: è un'articolazione a cerniera, che può piegarsi in una sola direzione. In tutto, il braccio umano ha quindi sette gradi di libertà su tre articolazioni.

In sostanza, il numero di gradi di libertà dipende dal numero di articolazioni mobili e dal numero di assi (direzioni) in cui il movimento può avvenire per ognuno di essi.

Unimate aveva alla base una «spalla» capace sia di ruotare, sia di muoversi su e giù e a destra e sinistra. Alla spalla era attaccato un braccio telescopico che gli permetteva di allungarsi o accorciarsi, e in cima c'era un «polso» semplificato, un giunto capace soltanto di ruotare su se stesso (ma non di muoversi anche orizzontalmente o verticalmente). Attaccato rigidamente a quest'ultima articolazione c'era una sorta di pistoncino, che serviva a fare il lavoro principale di Unimate: pressare del metallo fuso in un cilindro (una tecnica fondamentale per costruire parti metalliche).

Unimate aveva quindi cinque direzioni possibili di movimento, o gradi di libertà: tre nella «spalla», uno nel braccio telescopico e uno nel polso.

Visto che la robotica nasceva con loro, il gruppo di Devol dovette inventare da zero quasi tutte le componenti chiave, compresa una memoria a stato solido in cui immagazzinare le informazioni relative ai movimenti del braccio. Dovette mettere a punto

un sistema di controllo basato sul codice binario (e parliamo della metà degli anni Cinquanta, quando la rivoluzione digitale era appena agli albori).

Servivano efficienti sistemi di *servocontrollo*, un altro concetto chiave della robotica: si tratta di meccanismi in grado di governare il comportamento di valvole e attuatori secondo i valori richiesti, indipendentemente dalle perturbazioni esterne. Servivano anche alimentatori di dimensioni contenute, per portare energia elettrica e idraulica al macchinario.

Sia come sia, nel 1960 ce l'avevano fatta. Il primo prototipo funzionante venne personalmente venduto da Devol alla General Motors (e chi se no?), che lo ricevette nel 1961 e lo mise al lavoro nella sua fabbrica di Ewing Township, New Jersey.

Senza troppo clamore, a dire il vero. La verità è che nessuno credeva che avrebbe funzionato davvero. Nemmeno i lavoratori della fabbrica protestarono un granché, perché quel goffo braccio semovente non sembrava proprio minacciare il posto di lavoro di nessuno.

Fatto sta che invece Unimate funzionava, e piuttosto bene. Era veloce e affidabile, e presto anche altre case automobilistiche come Chrysler, Ford e Fiat si interessarono al nuovo aggeggio. Nel 1966, di fronte a un'evidente domanda di mercato e al successo dei test fatti in varie aziende, Unimation iniziò la produzione in serie.

Nel 1969 la stessa General Motors ricostruì da cima a fondo la fabbrica di Lordstowne, in Ohio, e ci mise la bellezza di 26 Unimate «addestrati» a

compiti diversi. Per la prima volta, a chi visitava la fabbrica il giorno dell'inaugurazione, si prospettò la vista di una catena di montaggio (una parte di essa, per lo meno) popolata esclusivamente da robot.

Iniziava così la storia che molto rapidamente ci ha portato ai giorni nostri, e che cercheremo di raccontarvi nei prossimi capitoli, mostrandovi dove sono e che fanno oggi i nipotini di Unimate, e che cosa possiamo aspettarci da loro in futuro. Soprattutto vedremo quanto si sia ampliata oggi la famiglia dei robot, a partire da quel semplice (ma potente) braccio meccanico.

Ma che cos'è un robot?

Prima di continuare, però, tocca togliersi un dente. Che cos'è un robot? Definire questa parola è sempre stato difficile, e lo diventa sempre più man mano che passa il tempo.

La definizione di robot è sfumata, sconfinata un po' nell'informatica da una parte, un po' nell'elettronica dall'altra. Lo stesso Joseph Engelberger, il socio di Devol nella creazione di Unimate, diceva di non saper definire un robot, ma di riconoscerne uno quando lo vedeva.

Secondo l'*Enciclopedia Britannica*, è un robot «ogni macchina che opera automaticamente sostituendo lo sforzo umano, anche se di un essere umano non ha l'aspetto, né esegue le sue funzioni come le svolgerebbe una persona».

Come vedremo, la somiglianza con l'essere umano fa parte dell'immaginario robotico più che della realtà, ed è un aspetto che ai progettisti di robot interessa sempre meno, se non nelle applicazioni più votate alla ricerca scientifica.

Ma che cosa distingue un robot da una normale macchina? Una lavatrice, che completa il programma di lavaggio senza intervento umano – e che compie, eccome, un lavoro – è un robot? La maggior parte dei progettisti non la chiamerebbe così. Certo una lavatrice è una macchina autonoma e sostituisce il lavoro di un essere umano.

Ma rispetto a una lavatrice, quello che di solito chiamiamo *robot* ha due capacità in più. In primo luogo, è in grado di svolgere diversi compiti (purché opportunamente «istruito», cioè riprogrammato dal punto di vista software) e non soltanto quello per cui è stato costruito. Una lavatrice può solo lavare, e usando soltanto i programmi impostati in fabbrica.

Ma soprattutto, una macchina normale fa sempre la stessa cosa: premete due, cento, mille volte il tasto di accensione di un ventilatore, e quello farà sempre la stessa cosa, finché un giorno si romperà. Un robot invece può agire ogni volta in modo leggermente diverso, se le circostanze cambiano. Per esempio, se un ventilatore si adatta alla temperatura, all'aerazione della stanza e al numero di persone presenti, e magari si posiziona da sé in modo da non sparare l'aria direttamente addosso alla persona più vicina, allora quel ventilatore meriterà il titolo di robot.

Per fare questo un robot deve essere dotato, proprio come gli esseri viventi, di strumenti che gli consentano di raccogliere informazioni sul mondo esterno per adattare i propri comportamenti: deve avere *sensori*, che possono essere telecamere, microfoni, termometri, radar, fino a laboratori chimici in miniatura in grado di analizzare la composizione dell'aria o dell'acqua.

Insomma, possiamo dire che un robot è un *agente artificiale* in grado di operare direttamente sulla materia.

Attenzione a tutte le parole: la definizione vuol dire che è una *macchina* in grado di *agire*, ossia elaborare informazioni e scegliere una sequenza di azioni capaci di modificare la realtà materiale secondo uno scopo. E a differenza di un semplice programma per computer, che manipola solo bit di informazione, un robot manipola anche atomi.

Guidati da questa definizione – che, inutile negarlo, in qualche caso vacillerà, perché i confini della robotica sono in costante movimento man mano che la disciplina progredisce – nei prossimi capitoli vedremo diverse famiglie e diversi esempi di robot, quelli oggi più diffusi e quelli che probabilmente diventeranno sempre più importanti in futuro.