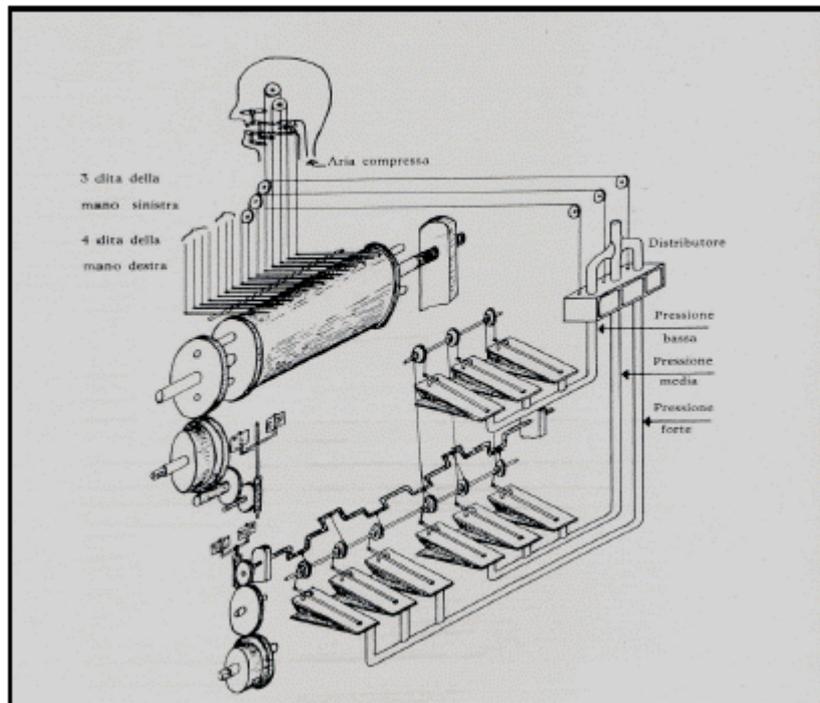


Alessandro Restelli

**ANDROIDI MUSICALI DEL XVIII SECOLO.
TRA SCIENZA ED ATTRAZIONE**



ANDROIDI MUSICALI DEL XVIII SECOLO. TRA SCIENZA ED ATTRAZIONE

PREMESSE

Definizione d'automa e tipologie

Possiamo definire 'automa' un dispositivo meccanico autocinetico, cioè capace di muoversi autonomamente, rivolto alla simulazione. Tale definizione differisce in due aspetti da quella utilizzata correntemente nella lingua italiana, per la quale 'automa' è una «macchina che riproduce i movimenti (e in genere anche l'aspetto esterno) dell'uomo e degli animali».¹ In primo luogo l'uomo e l'animale non sono i soli soggetti possibili, ma lo è qualsiasi elemento che possa essere accettato come artificio visibile: tanto realtà concrete e quotidiane, come una nave, quanto figure mitologiche, come un Centauro [figg. 1 e 2]. Soggetti comunque corrispondenti alle condivise abitudini individuali e sociali dei fruitori. In secondo luogo un automa è considerabile come una simulazione e non una generica rappresentazione. Se quest'ultima indica, infatti, la generale riproduzione artificiale di un modello, la simulazione invece implica la capacità di un artefatto di rivelarsi a tal punto credibile da comportarsi come nella verità.



Fig. 1

Automa in forma di nave: Hans Schlottheim, Augusta, 1585.

¹ *Automa*, in *Vocabolario della lingua italiana*, 4 voll., Roma: Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1986-1994, I (1986), p. 352.



Fig. 2

Automa in forma di Centauro con Diana sul dorso: Hans Jacob Bachmann, Augusta, 1605.

Gli automi sono distinguibili in due macrocategorie costruttive:

1. figure mobili di strutture statiche
2. automi propriamente detti

Alla prima classe, ad esempio, appartengono gli *Jaquemart*. Sono così chiamate le figure umane, in ferro o bronzo, che battono le ore con un martello sulle campane. I Mori della torre dell'orologio di Piazza S. Marco a Venezia sono un caso tipico di *Jaquemart* [fig. 3]. La seconda categoria comprende gli oggetti totalmente autonomi nel movimento e indipendenti da strutture fisse. Il disegnatore realizzato nella bottega svizzera dei costruttori Jaquet-Droz è uno di essi [fig. 4].



Fig. 3

I Mori di Piazza San Marco a Venezia

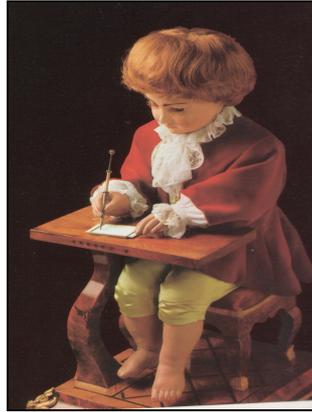


Fig. 4

Androride disegnatore: atelier Jaquet-Droz, La Chaux de Fonds, 1773.

Una famiglia specifica di automi è rappresentata dagli ‘androidi’. Sono definibili con questo termine gli automi propriamente detti aventi sembianze umane, i quali non imitano un’azione ma la compiono in maniera effettiva. Per comprendere meglio tale specificità, può essere utile considerare il particolare settore degli automi dotati di una componente sonora. In questo caso bisogna infatti considerare due tipologie differenti di automi musicali:

1. gli imitatori di azioni musicali
2. gli esecutori diretti di azioni musicali

Nella prima tipologia si hanno oggetti nei quali la componente sonora è svincolata dalla simulazione visiva e generata parallelamente ad essa. Nei *Trombettieri* di Hans Schlottheim (uno dei più celebri costruttori d’automati dell’età moderna), ad esempio, la parte musicale è eseguita da un piccolo organo a cilindro contenuto all’interno, non certo dai trombettieri che sono visibili [fig. 5]. Nella seconda tipologia, invece, la componente sonora risulta come effetto diretto del movimento meccanico della figura simulata. Nella *Joueuse de tympanon* di David Roentgen e Peter Kintzing le corde sono percosse direttamente dalla figura meccanica messa in moto: un chiaro esempio di androide [fig. 6].



Fig. 5

Trombettieri: Hans Schlottheim, Augusta, 1582.



Fig. 6

Joueuse de tympanon: David Roentgen-Peter Kintzing, Neuwied, 1784-85.

Breve profilo tecnico

La storia della tecnologia può essere suddivisa in tre grandi età: quella denominata ‘dei meccanismi’, quella ‘dei motori’ e, infine, quella ‘dell’elettronica’. Concentrando l’attenzione sulla prima – l’età cronologicamente più lunga, compresa tra le prime forme di organizzazione sociale e gli albori della rivoluzione industriale – si può osservare come in essa, da un punto di vista tecnico, l’automazione si risolve totalmente nella meccanica. Si può perciò considerare come tutti gli automi fabbricati in questa età siano macchine. Essi sono cioè sistemi di elementi interni funzionanti secondo leggi meccaniche; sistemi i cui dispositivi fondamentali interessano il principio motore, vale a dire il dispositivo che dà origine al movimento, e la trasmissione del moto così ottenuto. Le fonti per generare il moto sono sostanzialmente di tre tipologie:

1. idraulica
2. a peso
3. a molla

La prima tipologia prevede lo sfruttamento di acqua in caduta per mettere in azione una ruota, dotata di pale, e quindi il suo albero; ne è un esempio la barca semovente descritta da al-Jazari e illustrata nel suo *Libro della conoscenza dei meccanismi ingegnosi*, il trattato – risalente al 1204-1206 – considerato il culmine della meccanica araba² [fig. 7]. Il cassero posto sulla parte superiore della barca è, al proprio interno, pieno d’acqua. Da questo recipiente l’acqua entra in un bacino ribaltabile che la riversa, una volta colmato, su una ruota a pale sottostante. Il movimento di questa è impresso al proprio albero orizzontale, al quale sono collegate delle aste corrispondenti alle braccia di alcune figure mobili, rappresentanti delle suonatrici e dei vogatori. La rotazione dell’albero mette in azione tali aste e quindi le figure stesse.

² AL-JAZARI, *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*, a cura di Donald R. Hill, Dordrecht-Boston: Reidel, 1974.

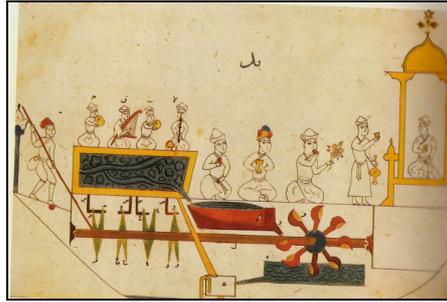


Fig. 7

Barca semovente di al-Jazari.

La seconda tipologia dei dispositivi di origine del moto è rappresentata dall'uso di un peso in caduta. È la tecnologia utilizzata per le figure mobili connesse agli orologi destinati ai campanili, alle torri o alle facciate dei palazzi pubblici [fig. 8]. Il peso normalmente è di piombo, ma vi sono casi di impiego del ferro o della pietra. Essendo collegato ad un asse orizzontale tramite una fune o catena avvolta, il movimento di discesa del peso viene trasformato in un movimento rotatorio costante dell'asse. Tale rotazione innesca i meccanismi che consentono il funzionamento dell'orologio e quelli che guidano i movimenti degli automi. Un famoso esempio di questi ultimi è fornito dal gallo conservato al Musée National des Arts et Métiers di Parigi, gallo che faceva parte di una più ampia serie di automi collocata sull'orologio della cattedrale di Strasburgo (costruito intorno al 1352).



Fig. 8

Meccanismo a peso per orologio da torre: inizio XVI secolo.

L'ultima tipologia da considerare è costituita dal sistema 'molla-fuso' [fig. 9]. Una lamina di metallo avvolta a spirale e lasciata poi libera di svolgersi – poiché tende naturalmente a cedere l'energia ricevuta in seguito all'avvolgimento – è racchiusa in un involucro cilindrico, chiamato barileto, il quale è circondato da una ruota dentata. Giacché il moto della molla va diminuendo mano a mano che si svolge, è necessario che essa sia collegata, con una cordicella o una catena, ad un fuso o chiocciola, cioè ad «un cono a gradini su cui si arrotola la cordicella fissata intorno all'involucro della molla: poiché i gradini del cono sono sempre più ristretti, la maggior rapidità di avvolgimento

della corda compensa la minor velocità di svolgimento della molla».³ Si ottiene così un moto costante trasmissibile ad un sistema di ingranaggi. Il principale materiale usato per il bariletto è il ferro; per il fuso sono invece impiegati il legno e l'ottone, mentre la molla, come detto, è in metallo. La soluzione tecnica 'molla-fuso', perfezionata definitivamente nel XV secolo, ha permesso la miniaturizzazione dei dispositivi meccanici e quindi la realizzazione di automi propriamente detti: dagli orologi rinascimentali e barocchi prodotti ad Augusta a gran parte dei giocattoli meccanici precedenti la diffusione dell'elettronica.

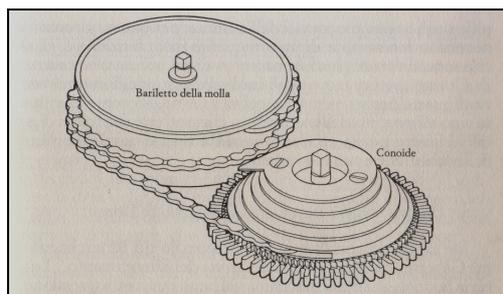


Fig. 9

Schema del dispositivo 'molla-fuso'.

Per ciò che riguarda la trasmissione del moto, due sono i principali metodi adottati. Negli automi idraulici di grande dimensione sono utilizzate principalmente combinazioni di corde e carrucole. Nella maggioranza degli altri casi, invece, sono impiegati sistemi di ruote dentate. Fino al XVII secolo le ruote sono in ferro, mentre in seguito vengono costruite in ottone. Non è comunque infrequente l'uso di ruote in legno.

AUTOMI TRA XVI E XVII SECOLO

La produzione

Il perfezionamento del sistema costituito da molla e fuso è il presupposto tecnico per la fiorente produzione di automi propriamente detti tra XVI e XVII secolo. In tale periodo la fabbricazione è localizzata soprattutto nei territori dell'attuale Germania meridionale. Queste regioni, economicamente tra le più floride dell'Impero, sono al centro di una fitta e ramificata rete di scambi commerciali, oltre ad avere al proprio interno numerose città sede di importanti fiere. Ciò permette a tali centri, da un lato, di disporre facilmente di tutti i materiali necessari per la costruzione di automi, dall'altro di avere a disposizione numerosi canali di vendita. Le città in cui si concentra in particolar modo la produzione sono Norimberga ed Augusta, quest'ultima vera regina europea del settore a partire dall'ultimo quarto del Cinquecento. Si tratta di due centri che godono anche di una condizione giuridico-amministrativa estremamente favorevole alle attività produttive. Sono infatti 'città libere', cioè direttamente dipendenti dall'imperatore; non sono quindi soggette a molteplici e pesanti vincoli di natura feudale, in primo luogo

³ MARIO G. LOSANO, *Storie di automi. Dalla Grecia classica alla Belle Époque*, Torino: Einaudi, 1990, p. 56.

fiscali. La supremazia della Germania meridionale nella costruzione di meccanismi ad orologeria e di automi propri termina in seguito alle disastrose conseguenze della Guerra dei Trent'anni, conclusasi formalmente con la firma, nel 1648, della pace di Vestfalia. Il conflitto ha avuto dimensioni continentali, coinvolgendo buona parte degli stati europei: dalla Svezia alla Spagna, dai regni italiani alle Province Unite, alla Francia. Tuttavia gli scontri hanno coinvolto soprattutto il suolo tedesco. Il dato più rappresentativo delle gravi conseguenze economico-sociali della guerra in Germania, oltre chiaramente alle devastazioni, la diffusione delle epidemie e le requisizioni, è fornito dalla percentuale delle perdite demografiche. Si calcola che la Germania abbia perso mediamente, tra il 1618 ed il 1648, il 20-30 % della popolazione. Nelle regioni meridionali, però, la perdita è stata sicuramente superiore, stimata tra il 33 % ed il 66 %.⁴ Una situazione, come si può facilmente intuire, del tutto sfavorevole alla ripresa delle attività economiche, compresa la lussuosa produzione di automi.

Quest'ultima si colloca nella fascia alta dell'artigianato artistico. Gli automi sono oggetti pregiati, creazioni per le quali sono impiegate materie molto costose. Vengono ad esempio utilizzati legni come l'ebano per i basamenti, oppure oro e pietre preziose per le decorazioni. Ma anche le tecniche e i tempi di lavorazione hanno un costo elevato. Si pensi che le componenti cruciali degli automi, cioè le ruote dentate che costituiscono gli ingranaggi interni, sono tagliate a mano; per i meccanismi più complessi possono essere tagliate non più di tre ruote dentate al giorno. L'automa, come prodotto finito, è quindi il risultato della cooperazione di settori artigianali differenti: la meccanica di precisione proviene dall'orologeria, gli ornamenti in metalli preziosi sono modellati da abili orefici, i dispositivi sonori di cui possono essere dotati – dalle campane ai piccoli organi – escono da botteghe altrettanto specializzate. È anche grazie all'efficienza del proprio sistema corporativo, quindi ad un elevato tasso di specializzazione ed una funzionale organizzazione del lavoro, che Norimberga ed Augusta sono riuscite ad affermarsi in questo specifico campo produttivo. Chiaramente la preziosità dell'oggetto-automa, e quindi il relativo costo, ne determinano il mercato. È indiscutibilmente un prodotto di lusso, un tipico oggetto principesco. Gli automi adornano infatti le corti di tutta Europa. Inoltre conoscono un mercato extraeuropeo. Vengono ad esempio inviati ai sultani dell'Impero Ottomano e, tramite i missionari gesuiti, in Estremo Oriente. Nel caso specifico del Giappone, è proprio l'introduzione delle tecniche orologiere occidentali, dalla seconda metà del Cinquecento, a far nascere una tradizione autoctona di fabbricazione di automi.

I soggetti che gli automi raffigurano sono molteplici. Innanzitutto possono rappresentare figure della mitologia classica, come un Centauro oppure Diana sul dorso di un cervo. Proprio queste due figure sono spesso usate per quegli automi che devono incitare al bere. Diana ha un recipiente interno per contenere una bevanda; grazie alle ruote poste sotto il suo basamento, l'automa è in grado di muoversi lungo il tavolo. Quando si arresta, il commensale più vicino può berne direttamente il contenuto dopo averne svitato la testa. Ha un ruolo analogo anche il Centauro, che però indica il futuro bevitore puntando verso di lui la freccia dell'arco che impugna. Gli automi sono un elemento frequentemente presente sulle tavole imbandite di banchetti e conviti [fig. 10]. In tali occasioni essi sono indubbiamente degli ornamenti di grande pregio; ma soprattutto contribuiscono, grazie alla propria sorprendente capacità di movimento, a

⁴ I dati sono ricavati da CARLO CAPRA, *L'età moderna*, Firenze: Le Monnier, 2000, cap. 9: *L'Europa nella Guerra dei Trent'anni*, p. 193.

rendere la festa un vero e proprio evento spettacolare, assieme alla musica ed alla generale presentazione dei cibi.



Fig. 10

Banchetto con automi per le nozze del duca di Jülich-Cleves-Berg.

Un altro soggetto particolarmente sfruttato è quello di matrice esotica, legato soprattutto al modello di un Oriente fascinioso. Il turco con il turbante è l'immagine a cui forse si è più ampiamente ricorsi [fig. 11]. Accanto ad essa va affiancata quella dell'elefante con baldacchino [fig. 12]; l'origine iconografica di quest'ultima potrebbe risalire ad una specifica illustrazione del *Libro della conoscenza dei meccanismi ingegnosi* di al-Jazari, la quale raffigura esattamente nella medesima foggia un orologio ad acqua.



Fig. 11

Automa in forma di turco, Germania meridionale, 1600 ca.

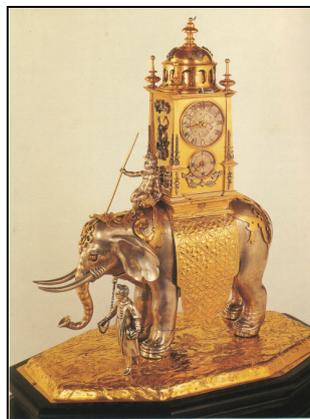


Fig. 12

Automa in forma di elefante: Augusta, inizio XVII secolo.

Gli animali costituiscono un ulteriore soggetto frequentemente rappresentato, dagli uccelli agli orsi. Addirittura «sembra fossero molto comuni automi di animali rivestiti con vere pelli di agnello o di orso»;⁵ non si sono però conservati oggetti di questo tipo. Invece una figura ricorrente in numerosi automi ancora oggi esistenti è la nave, la cui origine iconografica potrebbe, anche in questo caso, risalire alle illustrazioni del medesimo trattato arabo di meccanica sopra citato. La nave ha attratto in modo particolare per due ragioni: da un lato si è prestata efficacemente a rappresentare in forma simbolica la condizione della vita umana (*navis vitae*); dall'altro è stata in grado di colpire l'immaginazione, richiamando alla mente fenomeni d'attualità particolarmente sentiti nell'Europa dell'epoca, in primo luogo le battaglie navali con l'Impero Ottomano.

Accanto a questa produzione di automi propriamente detti, deve essere collocata quella di automi idraulici. In questo caso non si tratta di oggetti il cui movimento è determinato da un dispositivo ad orologeria interno; vi è invece un impianto meccanico fisso e nascosto (costituito da un sistema di macchine azionate da una o più ruote a pale, messe in moto da acqua in caduta) di cui le figure costituiscono le parti mobili e visibili. Tale tipologia di automi è principalmente utilizzata nelle grandi scenografie dei giardini principeschi, assieme a molteplici giochi d'acqua e ad organi idraulici. Il modello esemplare è fornito dalla villa di Pratolino, fatta edificare da Francesco I de' Medici tra il 1569 ed il 1584 sotto la soprintendenza generale di Bernardo Buontalenti.⁶ Qui gli automi adornavano la quasi totalità delle grotte presenti nel parco. I dispositivi tecnici a disposizione permettevano di simulare scene complesse, tra le quali numerose di soggetto mitologico, come l'apparizione di Galatea trainata da due delfini nella grotta a lei dedicata [fig. 13].

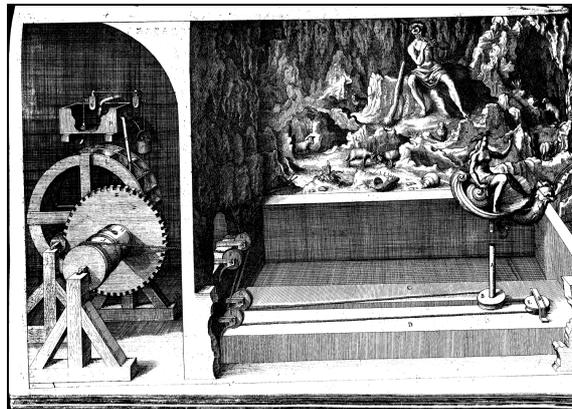


Figura 13

Automa idraulico rappresentante Galatea trainata da due delfini.

(da SALOMON DE CAUS, *Les raisons des forces mouvantes*, Francfort: Jean Norton, 1615, Libro I)

⁵ MARIO G. LOSANO, *op. cit.*, p. 71.

⁶ La villa e il parco originari hanno subito sensibili trasformazioni, soprattutto in seguito agli interventi ottocenteschi.

Ma non mancavano anche situazioni tratte dalla quotidianità; nella grotta chiamata ‘del diluvio’ era infatti rappresentato il lavoro di un ambiente della vita rurale come il frantoio. Pratolino ha fatto scuola in questo campo, è stata un modello a tutti gli effetti. Infatti altre grandi ville sono sorte con meraviglie simili. In Italia un esempio è sicuramente fornito da Tivoli, mentre nel resto d’Europa possono essere ricordati i casi di Fontainebleau in Francia, in Germania di Heidelberg, in Austria della villa del principe-vescovo Markus Sittikus a Hellbrunn, presso Salisburgo.

Ruoli culturali

Gli automi sono oggetti stupefacenti. Sono infatti artifici capaci di muoversi senza tuttavia rivelare alla vista il principio del proprio movimento: questo è il segreto della loro attrattiva. Che si tratti di Galatea trainata da una coppia di delfini, o di un Centauro che indica il bevitore con l’arco (che si tratti, cioè, della tipologia degli automi idraulici oppure della tipologia degli automi propriamente detti), questi oggetti, per gli occhi e lo spirito dei loro contemporanei, sono sempre

macchine da diletto, e da meraviglia.⁷

Tuttavia è possibile osservare come gli automi del XVI e XVII secolo, pur sempre entro il generale concetto di meraviglia, svolgano ruoli culturali differenti.

Innanzitutto sono considerati come divertimenti, oggetti di diletto; sono vissuti a pieno titolo come gioco. Quest’ultimo non è certo inteso in termini negativi o limitanti; anzi la dimensione ludica, in perfetta sintonia con i modelli della classicità, è apprezzata in quanto nobile ricreazione dell’intelletto, piacere disinteressato. Pertanto

fra le cose [...] che possono somministrarci onesto, & virtuoso piacere, possono ragionevolmente riporsi queste macchine,⁸

vale a dire gli automi. Inoltre questa ricreazione può rivelarsi in un certo senso educativa. Lo stupore e l’ammirazione suscitati da un automa, infatti, sono anche intesi come stimolo per il fruitore a cercare le origini dei mirabili effetti di cui è spettatore. Gli automi quindi possono svolgere un ruolo formativo, contribuendo all’abitudine alla ricerca intellettuale:

per altre ragioni ancora meritano lode queste machine, cioè dall’eccitar l’animo di chi le vede alla contemplatione delle cause, onde nascono le meraviglie degli effetti loro.⁹

Una seconda dimensione che gli automi vivono, probabilmente la più evidente, è quella dello spettacolo. Spettacoli essi stessi, autentici prodigi degni d’ammirazione, sono utilizzati in tutte quelle occasioni che esigono una generale dimensione scenica: celebrazioni ufficiali, cerimonie, danze, tornei, banchetti. Gli automi, in quanto artifici rivolti alla simulazione, sono creazioni che si donano esplicitamente all’occhio al fine di imitare la realtà, di rappresentarla al massimo grado di mimesi, come fosse vera. È

⁷ BERNARDINO BALDI, *Discorso di chi traduce sopra le machine semoventi*, in ID., *Di Herone Alessandrino De gli Automati, ovvero Machine Se Moventi.*, Venezia: Girolamo Porro, 1589, c. 8v.

⁸ *Ibid.*, c. 12r.

⁹ *Ibid.*, c. 12v.

questa loro natura a renderli così adatti a quel contesto socio-culturale, di estrazione fondamentalmente aristocratica, che nell'ambiente di corte trova un'espressione privilegiata. La vita di una corte cinque-seicentesca è infatti scandita da eventi pubblici, cioè eventi apertamente rivolti ad un pubblico di fruitori – naturalmente costituito dagli appartenenti alla corte stessa. Tutto è preparato per essere mostrato, consegnato alla visione di qualcuno. La corte, di fatto, vive costantemente nell'ottica della messa in scena, della rappresentazione di sé stessa: in fondo «lo spazio della Corte si identifica con lo spazio del suo teatro».¹⁰ In esso gli automi «agiscono spesso come attori o comparse».¹¹ Lo si è visto in precedenza a proposito delle tavole imbandite dei conviti. Ma anche in occasione di grandi celebrazioni politiche gli automi svolgono un ruolo significativo. Ne sono un esempio le cerimonie per l'ingresso nella città di Lione del nuovo re di Francia Francesco I, svoltesi nell'anno 1515. Per questo evento è stato realizzato a Firenze – su progetto di Leonardo da Vinci – un leone meccanico semovente, in grado di sollevarsi sulle zampe posteriori e di aprirsi il petto per mostrare al posto del cuore i gigli di Francia. Si è trattato di una macchina meravigliosa, a perfetto compimento della festa celebrativa; ma anche di una calibratissima allegoria politica, resa ancor più efficace dalla sua natura spettacolare. Si consideri che Leonardo ha ricevuto l'incarico dalla città di Firenze, nella persona di Lorenzo di Piero de' Medici, nipote di papa Leone X. Quest'ultimo si stava muovendo, sulla scena politica internazionale, proprio per stabilire un'alleanza con il regno di Francia. La figura rappresentata dall'automa, cioè il leone, era un omaggio alla città francese ed al suo re. Ma al contempo era simbolo del pontefice mediceo e della città stessa di Firenze. Il dono di questo automa a Francesco I, quindi, doveva sancire il legame tra papa Leone X, la signoria fiorentina dei Medici e la corona di Francia.

Il senso spettacolare degli automi si ritrova anche nel loro impiego in ambito teatrale. Da un lato calcano il palcoscenico, facendo parte a pieno titolo degli apparati scenotecnici dei teatri di corte. Dall'altro vengono costruiti dei veri e propri teatri automatici, nei quali le figure sulla scena e le loro azioni sono interamente meccanizzate. Grazie ai grandi impianti idraulici possono essere realizzati complessi quadri di vita quotidiana, come nel caso delle grotte di Pratolino precedentemente descritte. Oppure possono comparire singole scene a coronamento spettacolare degli orologi, come ad esempio una natività di Maria realizzata nel 1588, per Cristiano I di Sassonia, da Hans Schlotteim.

Gli automi sono inoltre esempi sublimi delle arti meccaniche, e come tali sono oggetti ammirevoli. Non tanto perché la tecnologia di cui sono portatori attiri di per sé, ma più che altro perché essi sono modelli mirabili delle capacità tecniche umane. È proprio in questo senso che deve essere considerata la loro frequente presenza all'interno delle *Wunderkammern*, in area soprattutto germanica. Ad esempio si trovavano nella collezione di Ferdinando d'Asburgo Duca del Tirolo, presso il castello di Ambras nelle vicinanze di Innsbruck. Dall'inventario della raccolta, risalente all'anno 1596, si apprende che tutti gli oggetti, disposti in venti armadi, erano sostanzialmente suddivisi per materiale e tecnica. Vi erano gioielli e rosari in vetro nell'armadio dedicato a tale materiale; in quello dedicato all'avorio lavorato vi erano cofanetti e scrigni. Tra gli altri si trovavano poi armadi specifici per i bronzetti, per le ceramiche, per le pietre grezze, per i lavori in legno e per quelli in ferro. Gli automi erano così

¹⁰ AMEDEO QUONDAM, intr. a BALDASSAR CASTIGLIONE, *Il libro del Cortegiano*, Milano: Garzanti, 2000, p. XVIII.

¹¹ MARIO G. LOSANO, *op. cit.*, p. 73.

conservati nell'armadio 'delle arti meccaniche', assieme ad orologi e diversi strumenti matematici ottici ed astronomici come cannocchiali bussole e astrolabi. Altre importanti raccolte di area germanica nelle quali erano conservati automi, appartenute rispettivamente ad Augusto di Sassonia e all'Imperatore Rodolfo II, si trovavano a Dresda e all'interno del castello di Hradschin, nei pressi di Praga.

Il valore ludico coesiste con quelli spettacolari e tecnici in quegli automi idraulici che adornano, come si è già osservato, i giardini principeschi. Questi sono luoghi di ricreazione, di divertimento; luoghi in cui gli invitati sono spesso vittime di scherzi e giochi d'acqua. Gli automi presenti rappresentano perciò un ulteriore svago, una sorta di complemento di quest'atmosfera. Ma il giardino è anche uno spazio in cui gli elementi naturali ed architettonici sono sfruttati per creare una grande scenografia, per dare vita costantemente a delle quinte teatrali. Gli automi non fanno altro che contribuire, con il proprio movimento, alla meraviglia di questa generale condizione scenica. Infine nel giardino è possibile, soprattutto, concretizzare e di conseguenza celebrare quel senso dell'unità di Natura Arte e Tecnica che la sensibilità rinascimentale riconosce come incancellabile. Ancora una volta Pratolino fornisce un esempio chiaro. La villa era posta al centro di un immenso parco di abeti. In questo spazio naturale erano inglobate le forme artistiche delle sculture di Giambologna e di Valerio Cioli. Natura ed Arte erano in questo senso compenstrate. Ma il parco conteneva in sé anche i prodotti più spettacolari dell'ingegneria idraulica, come fontane e giochi d'acqua. Non solo, inglobava pure esempi prodigiosi della tecnologia meccanica, vale a dire gli automi. Anzi, questi erano parte integrante proprio di quegli ambienti che più di tutti incarnavano la forza vitalistica della natura: le grotte, spesso incrostate di corallo e madreperla. Natura e Tecnica erano anch'esse una cosa sola.

Si può indicare un ultimo importante ruolo culturale che gli automi propriamente detti, e più in generale i dispositivi ad orologeria, ricoprono tra XVI e XVII secolo: un ruolo simbolico. Questi oggetti concreti, per gli occhi e le menti dei loro committenti e collezionisti, rimandano a dei concetti astratti, addirittura a delle vere e proprie interpretazioni – come si vedrà tra breve – dell'Universo e dello Stato. In diversi casi «queste interpretazioni colte erano guidate anche dai motti che spesso i meccanici incidevano sugli automi, a somiglianza di quanto facevano gli incisori sui cartigli delle stampe allegoriche».¹² Bisogna precisare che non sono tanto i soggetti raffigurati a svolgere tale funzione; il simbolo, cioè, non sta nella foggia di un automa, nel fatto di essere in forma di Centauro piuttosto che di orso. Il simbolo, invece, sta nella sua natura tecnica, nell'essere un meccanismo ad orologeria azionato da un motore centrale e composto da ingranaggi precisissimi.

L'orologio, in questo senso, rappresenta un ordine perfetto. È un sistema in cui ogni singola componente, anche la più piccola, coopera affinché tutto funzioni secondo ragione, in modo tanto regolare quanto immutabile. Ordine, regolarità, immutabilità: sono queste le caratteristiche che, prima di tutto, vengono riconosciute al sistema dell'Universo, alla sua architettura, al suo funzionamento. L'orologio è il modello per rappresentarlo al meglio; ne è il simbolo più eloquente, grazie al quale può essere, tanto sinteticamente quanto efficacemente, descritto e compreso. Ma la concezione dell'Universo, chiaramente, non può non essere conforme ai contenuti teologici fondamentali. L'Universo ed il suo ordine, cioè, non possono essere pensati al di fuori di Dio e della creazione; anzi, proprio l'armonia del creato costituisce la prova più

¹² *Ibid*, p. 75.

evidente del fatto che esso sia il riflesso della sapienza e della temperanza divine. La conseguenza è che, se l'Universo è pensabile come un orologio, allora Dio è paragonabile al più abile degli orologiai. In un passo dei *Principia Philosophiae* Descartes utilizza le seguenti parole:

come un orologiaio ingegnoso può fare due orologi che segnano le ore in egual modo, e tra i quali non siavi alcuna differenza tra quello che appare all'esterno, e che, nondimeno, non abbiano nulla di simile nella composizione delle loro ruote: così è certo che Dio ha un'infinità di diversi mezzi, per opera di ciascuno dei quali può aver fatto che tutte le cose di questo mondo appaiono.¹³

È doveroso ricordare che la riflessione cartesiana, di cui i *Principia Philosophiae* sono un esempio significativo, non intende avallare un'interpretazione teologica dei fenomeni naturali. Al contrario mira a riconoscere la specifica dimensione del mondo materiale, per l'indagine del quale è necessario un metodo nuovo – il nascente metodo scientifico – privo di qualsiasi legame con le speculazioni di natura teologica o metafisica. Tuttavia è indicativo il fatto che Cartesio abbia utilizzato, quanto meno a livello linguistico, il modello di un Dio orologiaio e del mondo orologio. Ciò a conferma di quanto fosse consolidato culturalmente, ancora in pieno Seicento, il ricorso a tale schema analogico.

L'orologio svolge un ulteriore ruolo simbolico. Viene infatti interpretato come simbolo politico. In particolare diviene simbolo dello Stato e prevalentemente della forma monarchica assoluta. La ragione va nuovamente cercata, come in precedenza, nella struttura tecnica. L'orologio funziona grazie alla regolare cooperazione dei suoi meccanismi. Questi però sono azionati da un motore centrale, molla o peso che sia, dal quale tutte le componenti interne sono dipendenti. Il sistema dell'orologio è perciò organizzato in maniera centralistica; esiste un'autorità assoluta, il principio generatore del moto, senza la quale non può esistere alcun tipo d'attività. È facile intuire quanto incisiva potesse essere la simbologia politica dell'orologio, negli ambienti d'esercizio del potere, in un'epoca nella quale si stava affermando in Europa proprio la forma statale della monarchia assoluta. Una declinazione particolare della simbologia politica è riscontrabile nel caso specifico degli automi. Come si è più volte ricordato, questi sono macchine azionate da un dispositivo ad orologeria. Il loro movimento è perciò programmato, prestabilito, fissato a priori; soprattutto è un movimento che segue ineluttabilmente le sole leggi della meccanica, senza possibilità di scarto rispetto a queste. Considerando questi tratti, ogni automa finisce per incarnare il modello del suddito ideale: senza desideri, obbediente e il cui comportamento è privo di qualsiasi manifestazione inattesa. A questo proposito si rivela emblematica la vicenda dell'imperatore Carlo V. Dopo essersi ritirato nel convento di San Yuste nei pressi di Toledo, in seguito alla propria abdicazione, ha commissionato la fabbricazione di numerosi automi di cui ha voluto circondarsi nella vita quotidiana. Alcuni di questi, per inciso, sono stati realizzati da Juanelo Turriano, artigiano cremonese – il cui nome originario è Giovanni Torriano – entrato a servizio dell'imperatore nel 1529. Quegli automi, però, non erano dei semplici passatempi, dei decori meravigliosi e puramente ornamentali. Quegli oggetti avevano un significato e un'importanza ulteriori per l'imperatore. Simboleggiavano infatti un riscatto dalla sconfitta che la storia gli aveva imposto. Di fatto Carlo V aveva visto crollare il proprio sogno politico di mantenere la cristianità unita nella giustizia e nella fede; gli automi di cui si era circondato, invece,

¹³ RENÉ DESCARTES, *Opere*, 2 voll. a cura di Eugenio Garin, Bari: Laterza, 1967, II, pp. 365-366.

non avrebbero mai potuto infrangere la sua volontà. Egli, cioè, «aveva sperato che l'armonia del suo dominio riproducesse l'armonia del cosmo, ma era fallito per l'imprevedibilità degli uomini che ostacolarono i suoi piani. Con i suoi orologi e automi era felice, perché essi [...] erano i sudditi ideali».¹⁴ Bisogna comunque ricordare che questa immagine del suddito è congeniale all'autorità, cioè è un modello perfetto agli occhi di chi esercita il potere. Ma esiste anche chi al potere è sottomesso, chi lo subisce in maniera indifferente. È dunque inevitabile che non siano mancate le interpretazioni in senso negativo delle caratteristiche dell'automa. Infatti quest'ultimo «è anche una metafora [...] con la quale gli avversari della monarchia assoluta indicavano il suddito che segue ciecamente l'autorità, e con ciò stesso rinuncia alle sue qualità umane per trasformarsi in una macchina».¹⁵

Il dispositivo ad orologeria, sia nella sua forma generale che in quella specifica dell'automa, si rivela dunque un simbolo forte e significativo dell'Universo e dello Stato, vale a dire di due fondamentali sistemi in cui l'uomo trascorre la propria vita. Esiste anche un terzo sistema che è rappresentabile dai medesimi modelli: il corpo. Cioè l'orologio e l'automa possono essere metafore anche del corpo umano. Tuttavia il ricorso a tale modello è avvenuto in un contesto culturale preciso, vale a dire in stretta relazione con la nascita della scienza moderna. L'esempio più chiaro del rapporto tra il significato metaforico del dispositivo ad orologeria e l'indagine scientifica è fornito proprio dalla riflessione di un protagonista assoluto dell'affermazione del metodo sperimentale: René Descartes.

IL MODELLO DELL'AUTOMA E LA NASCITA DELLA SCIENZA MODERNA

L'automa razionale di Descartes

L'operazione che Descartes svolge in ambito filosofico risponde ad un'esigenza conoscitiva, in particolare alla necessità di interpretare la natura del corpo umano e le sue leggi. Considerando in termini generali il suo pensiero, è possibile individuare un approccio costante a tali questioni. Egli istituisce una metafora in cui il soggetto, l'elemento cioè di cui fornire una più chiara spiegazione, è appunto il corpo mentre il predicato, cioè quel campo dell'esperienza acquisita che porta una migliore comprensibilità, è la macchina; è quanto esplicitamente avviene laddove Cartesio sostiene che

il corpo non sia altro che una statua o macchina di terra.¹⁶

Questo dunque il punto di partenza: il corpo è una realtà totalmente materiale e come tale funziona unicamente in base ad un principio a sé interno ed indipendente da qualsiasi altro. Cartesio così isola il corpo, lo separa in maniera netta dal problema dell'anima e toglie a quest'ultima ogni possibilità e capacità di determinare qualsivoglia funzione corporea. Questo aspetto è ben chiarito nel paragone con quelle macchine – orologi ed automi – che hanno come motore, come principio di funzionamento, il

¹⁴ HERBERT HECKMANN, *Die andere Schöpfung*, in MARIO G. LOSANO, *op. cit.*, p. 62.

¹⁵ MARIO G. LOSANO, *op. cit.*, p. 76.

¹⁶ *L'uomo*, in RENÉ DESCARTES, *Opere scientifiche*, 2 voll., Torino: UTET, 1966-1983, I: *La biologia*, a cura di Gianni Micheli (1966), p. 57. Per ogni citazione verrà indicato il titolo del testo cartesiano e la relativa traduzione italiana.

dispositivo ‘molla-fuso’, dispositivo che è contenuto tutto nella macchina stessa e quindi autonomo rispetto a qualsiasi fonte esterna:

il corpo di un uomo vivo differisce da quello di uno morto, come un orologio o un altro automa [...] è diverso dal medesimo orologio o altra macchina, quando è rotto, e il principio del suo movimento smette di funzionare.¹⁷

Descartes è così in grado di definire la struttura del corpo secondo la sola disposizione degli organi interni, la quale rende inoltre possibili le condizioni del movimento, esattamente come per le macchine realizzate per i giochi d’acqua nei giardini delle ville principesche (probabilmente ha potuto conoscerne direttamente alcuni esempi durante il soggiorno in Germania tra il 1619 e il 1620, o attraverso pubblicazioni coeve¹⁸). Il parallelismo con il corpo viene chiaramente enunciato:

si può benissimo paragonare i nervi della macchina che vi descrivo ai tubi delle macchine di queste fontane; i suoi muscoli e i suoi tendini agli altri congegni e molle che servono a muoverle; i suoi spiriti animali all’acqua che le muove.¹⁹

Per quanto riguarda la determinazione concreta dei movimenti corporei, Cartesio ricorre al modello di una macchina differente: l’organo.

Il cuore e le arterie che spingono gli spiriti animali nelle concavità del cervello della nostra macchina, sono come i mantici di questi organi che spingono l’aria nei portavento e gli oggetti esterni, i quali, secondo i nervi che muovono, fanno sì che gli spiriti contenuti in quelle concavità entrino di lì in qualcuno di quei fori, sono come le dita dell’organista che, secondo i tasti che premono, fanno sì che l’aria entri dai portavento in alcuni tubi.²⁰

Cartesio dunque delinea un ‘automa razionale’, crea cioè un modello teorico in grado di produrre comprensione e in particolare di chiarire tre assunti fondamentali relativi al corpo ed alle sue leggi. Specificatamente stabilisce un’analogia con tre sistemi meccanici molto diffusi e noti: come un orologio il corpo non funziona che tramite dispositivi interni; come un automa funziona grazie alla disposizione delle proprie componenti, che seguono solo leggi meccaniche; come un organo è un sistema pneumatico, vale a dire basato sul movimento di ‘spiriti’ o, come si definirebbero oggi, fluidi. Per chiarire e al tempo stesso confermare la propria posizione, Cartesio ipotizza un uomo che abbia sempre costruito automi raffiguranti animali ed abbia avuto esperienza unicamente di essi; una volta messo di fronte ad animali reali avrebbe una sola possibile reazione:

non giudicherebbe che ci fosse in essi alcun vero sentimento, né alcuna vera passione, come in noi, ma solamente che sarebbero degli automi, i quali essendo composti dalla

¹⁷ *Le passioni dell’anima*, in RENÉ DESCARTES, *Opere*, 2 voll. a cura di Eugenio Garin, Bari: Laterza, 1967, II, p. 403.

¹⁸ Ad esempio SALOMON DE CAUS, *Les raisons des forces mouvantes*, Francfort: Jean Norton, 1615.

¹⁹ *L’uomo*, in Gianni Micheli (a cura di), *op. cit.*, pp. 72-73.

²⁰ *Ibid.*, p. 113.

natura, sarebbero incomparabilmente più compiuti di alcuno di quelli che avrebbe fatto lui stesso prima.²¹

Gli animali reali sarebbero solo degli automi costruiti molto meglio. Il che significa, per Descartes, che la natura si manifesta come vera e propria costruttrice. Essa è differente rispetto alla tecnica umana solo per grado di complessità e non per logica od essenza.

La riflessione cartesiana si allarga per affrontare anche il rapporto tra il reale e la conoscenza che si può avere di esso. È importante sottolineare come per Descartes non sia possibile distinguere una scimmia-automa da una scimmia vera, ma come sia sempre distinguibile un uomo da un automa; questo perché l'uomo non è un essere unicamente materiale. Tutte le facoltà riguardanti la sfera del pensiero e dell'intelletto, infatti, non sono in alcun modo riconducibili a cause materiali. Ma lo è certamente la sua dimensione corporea. Il corpo umano è una realtà totalmente fisica, per questo è necessariamente strutturata e funzionante secondo leggi meccaniche. Conseguentemente, per Cartesio, esso deve essere indagato solamente dalla scienza. Solo quest'ultima genera comprensione, grazie alla spiegazione delle cause e alla considerazione della necessità delle leggi. La scienza non considera nulla eccezionale ma sempre spiegabile con metodo e razionalità. Perciò sia gli artifici della tecnica umana che i fenomeni naturali, in quanto realtà prettamente materiali, devono essere oggetto di studio scientifico, non oggetti d'ammirazione o fonti di meraviglia. Estremamente indicativo si rivela un passo di un dialogo incompiuto. Uno dei protagonisti, Eudosso (il nome, in maniera molto significativa, vale etimologicamente 'colui che giudica correttamente'), infatti afferma:

dopo avervi fatto ammirare le più potenti macchine, i più rari automi, le più appariscenti cose illusorie, e le più sottili imposture, che l'artificio possa escogitare, io ve ne scoprirò i segreti, che saranno così semplici e così innocenti, che voi ne avrete motivo per non avere più nessuna ammirazione per le opere delle nostre mani. Io mi volgerò alle opere della natura e dopo avervi fatto vedere la causa di tutti i suoi cambiamenti [...] vi farò considerare tutta l'architettura delle cose sensibili.²²

Cartesio ipotizza, quindi, una struttura elementare ripetitiva alla base della varietà sia dei fenomeni naturali che dei prodotti della tecnica: una struttura comune di tipo meccanico. Qui si manifesta tutta la coerenza della scelta dell'automa come modello. Come esempio di tecnica costruttiva esso rappresenta la quintessenza della meccanica; ma proprio in virtù di ciò l'automa afferma, quando ad esso è paragonata ed equiparata la natura, che la natura stessa è governata dalle medesime sole leggi meccaniche. I «più rari automi» e le «opere della natura» sono strutturati nella medesima maniera e quindi sono ugualmente esaminabili ed ugualmente spiegabili: sono cioè entrambi suddivisibili in un numero limitato di semplici parti interne. Comprendere la configurazione di queste, nonché le reciproche relazioni – che, si ribadisce, sono di tipo meccanico – genera spiegazione. La scienza dunque, liberando dall'ammirazione, libera dall'errore.

È noto quanto René Descartes abbia contribuito, nella cultura Europea dell'età moderna, all'affermazione della concezione meccanicista del mondo fisico. Questo è inteso da tale prospettiva come sistema meccanico, sistema cioè nel quale i fatti naturali

²¹ *Lettera a Henri Regnier per Alphonse Pollot*, in FRANCESCA BONICALZI, *Il costruttore di automi: Descartes e le ragioni dell'anima*, Milano: Jaca Book, 1987, p. 173.

²² *La ricerca della verità mediante il lume naturale*, in FRANCESCA BONICALZI, *op. cit.*, p. 34.

non ammettono altra spiegazione «se non quella che li considera come movimenti o combinazioni di movimenti di corpi nello spazio».²³ Il mondo fisico è perciò pensabile come una macchina, ed essendo perfettamente compreso in esso il corpo umano, anche quest'ultimo è concepibile come macchina. Ma nell'esposizione del proprio pensiero, Cartesio opera un cambiamento degno di nota rispetto alla cultura di fine Cinquecento ed inizio Seicento. Infatti adotta, quale modello di macchina per spiegare e capire il corpo, l'automa. Egli reinterpreta cioè un oggetto tradizionalmente concepito come esempio mirabile della capacità tecnica umana, e come tale da collezionare; oppure come perfetto complemento dei giardini principeschi, a loro volta luoghi di celebrazione dell'unità di Natura e Mito, Arte e Tecnica. Un oggetto, l'automa, comunque legato strettamente ad una fruizione stupefacente. In sede teorica Descartes lo sottrae alla meraviglia per consegnarlo invece alla scienza; e la scienza non richiede stupore bensì comprensione.

Iatromeccanica

Renè Descartes non è certamente l'unico protagonista dell'affermazione della concezione meccanicista del mondo fisico. Tuttavia la sua riflessione si rivela molto chiara, e in virtù di tale chiarezza diventa esemplare. In particolar modo si manifesta esemplare nell'indagine sulla natura e sulle leggi del corpo umano, e l'aspetto in cui si manifesta maggiormente questa chiarezza è il modello teorico che abbiamo definito 'automa razionale'. È importante sottolineare come questo modo di intendere il corpo stesse affermandosi parallelamente nel campo specifico della medicina. Anzi, la medicina moderna acquisisce quelle basi scientifiche, che ancora oggi fondano la prassi medica, proprio perché il corpo umano è stato pensato in termini unicamente meccanici.

Con il termine 'iatromeccanica' s'intende quindi il nuovo e peculiare assetto che la medicina assume nel corso del XVII secolo. Indica una medicina che considera i fatti naturali del corpo umano unicamente come eventi regolati da leggi meccaniche. Perciò essi rientrano a pieno titolo nell'ambito del mondo fisico da studiare secondo il metodo sperimentale della nascente scienza moderna.

Uno dei più importanti protagonisti di questa svolta disciplinare è William Harvey. Studente all'Università di Padova nel triennio compreso tra il 1602 ed il 1604, egli ha potuto assimilare lo specifico metodo di calcolo matematico direttamente da Galileo Galilei, metodo che in seguito Harvey applica al personale studio della circolazione sanguigna. Alla base della nuova interpretazione di quest'ultima vi sono inoltre alcune importanti scoperte anatomiche cinquecentesche, che egli ha potuto acquisire proprio a Padova. In particolare Harvey parte da tre dati di fatto. Primo, il sangue non può passare direttamente dal ventricolo destro del cuore al ventricolo sinistro, data l'impervietà del setto interventricolare – dimostrata da Andrea Vesalio. Secondo, esiste una circolazione del sangue nei polmoni – descritta da Realdo Colombo, successore di Vesalio alla cattedra d'anatomia a Padova. Terzo, la conformazione delle valvole nelle vene consente il movimento del sangue in una sola direzione – com'è stato dimostrato da Girolamo Fabrici d'Acquapendente. Nasce quindi l'idea che il sangue, muovendosi, debba seguire un necessario percorso circolare. Partendo dal cuore scorre nelle arterie, le quali perciò non possono più essere considerate dei tubi conduttori d'aria (i galenici

²³ NICOLA ABBAGNANO, *Dizionario di Filosofia*, Torino: UTET, 1964, p. 552.

‘spiriti’ ancora presenti nella descrizione cartesiana del corpo). Poi giunge ai polmoni, e da questi torna al cuore attraverso le vene.

L’*Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* (1628), la principale opera di Harvey in cui è formulata l’innovativa teoria, segna un momento di svolta ed opera un ribaltamento deciso rispetto alle coeve conoscenze fisiologiche. Harvey contribuisce infatti ad affermare il concetto che le funzioni organiche, in questo caso quelle circolatorie, siano conseguenze delle strutture anatomiche degli organi, della loro costituzione concreta (e non la realizzazione di facoltà naturalmente possedute, come invece riteneva la tradizionale fisiologia di matrice galenica). Inoltre dichiara, nello specifico, che l’intero organismo è retto dalla sola attività del cuore, vero ed unico motore del corpo e di tutte le sue funzioni. Nella sezione conclusiva del suo trattato, a tal proposito, si legge:

cuore e polmoni costituiscono insieme la fonte ed il centro, lo scrigno e l’officina del sangue.²⁴

La scelta del termine ‘officina’ si rivela significativa, suggerendo quanto il corpo e le sue componenti siano concepite in maniera materiale. Ancora più espliciti sono i passi in cui Harvey considera il sistema circolatorio come una vera e propria macchina propellente il sangue, una macchina le cui parti costitutive non sono altro che meccanismi:

io sono tornato infinite volte con acuita attenzione a considerare l’effettiva quantità del sangue. [...] Ho considerato la cosa, ancora, a partire dall’armonioso e perfetto meccanismo delle valvole, delle fibre, d’ogni altro aspetto del cuore.²⁵

Quando in seguito viene descritto il movimento particolare degli atri (chiamati ‘orecchiette’) e dei ventricoli, il riferimento meccanico diviene più preciso:

questi due movimenti – l’uno delle orecchiette e l’altro dei ventricoli – si compiono in tal guisa l’uno a seguito dell’altro [...] da apparire come un unico movimento solamente. [...] Accade dunque come nelle macchine, quando una ruota mette in moto altra ruota e tutte paiono muoversi simultaneamente.²⁶

È chiaro che qui il paragone è istituito con i sistemi di ruote dentate, cioè con una tra le più diffuse tecnologie meccaniche allora esistenti. È interessante notare come Daniello Bartoli, cinquant’anni più tardi, descriva la conformazione del cuore ed il suo funzionamento con un’espressione analoga e, forse, ancor più indicativa. Afferma infatti che si tratta di

una delle più ingegnose macchine semoventi che Iddio e la natura sua manuale abbiano organizzate.²⁷

²⁴ WILLIAM HARVEY, *Opere*, a cura di Franco Alessio, Torino: Boringhieri, 1963, p. 109.

²⁵ *Ibid.*, pp. 57-58.

²⁶ *Ibid.*, pp. 39-40.

²⁷ DANIELLO BARTOLI, *De’ simboli trasportati al morale*, in ENRICO FALQUI, *Antologia della prosa scientifica italiana*, 2 voll., Firenze: Vallecchi, 1943, II, p. 422.

Bisogna ricordare che «macchine semoventi» sono, per definizione, gli automi, la cui conformazione meccanica è inoltre basata su un sistema di ruote dentate.

Il concetto che il corpo umano sia analogo ad una macchina è a fondamento di altre innovative ricerche mediche seicentesche. Un caso molto evidente è fornito dagli studi di Giovanni Alfonso Borelli. Il suo *De motu animalium* (1680-81) vuole indagare la struttura del sistema osteo-articolare e muscolare, nonché la funzione della locomozione. L'indagine è subito riconosciuta come nuova rispetto al passato, nuova non per l'argomento affrontato ma per il metodo di ricerca applicato. La fisiologia del movimento animale, infatti,

è stata tentata, è vero da molti fra gli antichi e tra i moderni, ma nessuno, a quello che so, [...] ha saputo o voluto confermare i suoi studi con dimostrazioni meccaniche.²⁸

La meccanica fa quindi da discriminare, poiché solo guardando dalla sua prospettiva si ottiene una più veritiera conoscenza del corpo animale, uomo compreso.

Per Borelli il corpo è esplicitamente considerato una macchina: come tale le sue parti interne non possono che essere strutturate e funzionanti secondo le leggi della meccanica, i cui dispositivi basilari sono le leve. Descrivendo i muscoli flessori del gomito, ad esempio, l'autore spiega che possono fissarsi in due modi:

immediatamente, per mezzo di una puleggia, o bilancia a raggi uguali, [...] oppure la connessione si può avere mediante una macchina a raggi ineguali.²⁹

Ma i dispositivi meccanici che fanno da modello per descrivere le componenti osteo-muscolari sono numerosi. A proposito della mandibola Borelli può dichiarare:

fra gli strumenti meccanici che sono usati dalla sapientissima natura mi sembra degno di nota la struttura della macchina che viene denominata tenaglia (o forbice); questa è rappresentata perfettamente nella mandibola degli animali.³⁰

In un altro caso ancora, relativo al torace, sostiene che

è come un mantice.³¹

Tuttavia l'impostazione meccanica, data da Borelli alla propria ricerca, non permette solo di descrivere correttamente la conformazione delle parti corporee, ma porta ad un ancor più dettagliato approfondimento. È difatti possibile matematizzare il funzionamento del corpo e delle sue componenti. È possibile, cioè, quantificare in maniera precisa le forze coinvolte nei movimenti del corpo, calcolarne rigorosamente il lavoro svolto. Ad esempio, nello studio dell'azione del muscolo soleo, un estensore plantare del piede, Borelli è in grado di stabilire che la forza da esso impiegata

è tripla del peso che muove ed è maggiore della forza esercitata da 1.140 libbre.³²

²⁸ GIOVANNI ALFONSO BORELLI, *De motu animalium*, 2 voll. a cura di Osvaldo Cappellini trad.it di Maria Teresa Bruscolini, Urbino: Argalia, 1970, I, p. 18.

²⁹ *Ibid.*, p. 55.

³⁰ *Ibid.*, p. 154.

³¹ *Ibid.*, p. 159.

³² *Ibid.*, p. 82.

In una situazione più complessa riesce analogamente a calcolare che

la forza motrice che opera il salto di un uomo, ha col peso del suo corpo sollevato, il rapporto di 2900 a 1.³³

Il *De motu animalium* rivela dunque, come trattato generale, un'immagine molto nitida del corpo-macchina. Un'immagine che non è solamente verbale, originata cioè dalle scelte lessicali dell'autore, ma è propriamente mostrata dalle quattordici tavole che accompagnano il testo [fig. 14]. Queste ultime rappresentano una delle manifestazioni più evidenti della iatromeccanica.

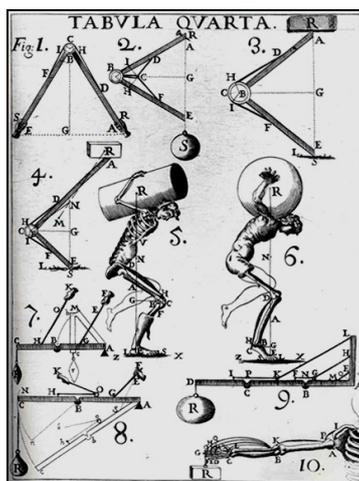


Figura 14

Tabula quarta del *De motu animalium* di Giovanni Alfonso Borelli, 1680-81.

Per la realizzazione del proprio trattato, Giovanni Alfonso Borelli si è avvalso dell'aiuto del collaboratore personale nelle dissezioni anatomiche presso l'Università di Pisa: Lorenzo Bellini. I *Discorsi di anatomia*³⁴ di quest'ultimo, i quali costituiscono una lettura all'Accademia della Crusca – di cui era membro – tra la fine del XVII e l'inizio del XVIII secolo, contengono una testimonianza estremamente vivida di come gli automi potessero agire da modello per la concezione del corpo umano. L'argomentazione di Bellini si apre con la decisione di narrare delle 'scene', di descrivere delle immagini che si presentano ai suoi occhi; non specifica il motivo di questa operazione. Solo in seguito verrà chiarita la funzione analogica di tali scene per l'anatomia. Esse comprendono l'immagine dei vogatori delle galere, i quali seguono i segnali del capo-voga perfettamente coordinati; oppure quella di un concerto, in cui cantanti e strumentisti, pur eseguendo ciascuno la propria parte, si amalgamano per rendere l'effetto generale d'insieme. Ma è una terza scena ad essere fortemente rivelatrice, cioè quella dedicata agli automi idraulici di un ipotetico giardino (molto probabilmente della villa di Pratolino):

³³ *Ibid.*, p. 234.

³⁴ LORENZO BELLINI, *Discorsi di anatomia*, prefazione di Antonio Cocchi, Firenze: Francesco Moucke, 1741. Si tratta della loro prima pubblicazione, basata, come si legge sul frontespizio, sull'«originale esistente nella libreria Pandolfini».

un'altra scena mi comparisce davanti. Oh che belli scherzi d'acque ch'io vedo! Non vedete anche voi? Eh non vi lasciate ingannare sapete, perché quelle figure che vi paiono uomini e donne che camminano da sé son tutti congegnamenti d'arte umana che hanno quel movimento per forza d'acqua che scorre per canali nascosti sotto il pavimento e sotto quelle macchine.³⁵

A questo punto Bellini rivela il reale senso di tutte le immagini descritte. Esse forniscono un esempio molto chiaro del sistema osteo-articolare nel corpo, sia fermo che in movimento:

or vi par egli ch'io veda poco a veder tutte queste cose insieme? Ma io non le vedo solamente insieme, ma le vedo tutte insieme poste in questi strumenti sospensori degli ossi, posti in necessità di dover muovere e tener fermo in piedi il corpo umano.³⁶

Tutti gli «strumenti sospensori degli ossi», perciò, devono accordarsi per

far la parte loro nel medesimo tempo e con le forze dovute, che così la macchina del corpo si sosterrà, e farà suo viaggio con sicurezza.³⁷

Ancora una volta il corpo umano è definito «macchina», esattamente come «macchine» – con terminologia meccanica appropriata – sono stati indicati da Bellini gli automi. Un ultimo esponente dell'approccio iatromeccanico, per quanto riguarda il XVII secolo, è Giorgio Baglivi. Il suo *De praxi medica* (1696) condensa alcuni importanti mutamenti metodologici e contenutistici che le ricerche mediche più innovative hanno mostrato. Il trattato si prefigge lo scopo di fornire una conoscenza ampia ed aggiornata delle principali malattie, al fine di guidare il corretto intervento curativo da parte del medico. Entrando nello specifico della trattazione, Baglivi dichiara subito la propria conformità di pensiero alla visione meccanicista del corpo:

i filosofanti meccanici da vari precetti della matematica, siccome della statistica, della idraulica, del peso dei gravi e di altre tali cose bene filosofano della struttura del corpo animato.³⁸

Partendo quindi dall'assunto fondamentale secondo cui

il corpo umano in quanto alle azioni naturali nient'altro è che un complesso di moti chimico-meccanici,³⁹

l'autore è in grado di osservare

nelle mandipole [*sic*] e nei denti una forbice [...], nelle vene, nelle arterie e negli altri canali tubetti idraulici, nel cuore uno stantuffo [...], un mantice nel torace, il potere della leva nei muscoli, carrucole negli angoli degli occhi.⁴⁰

³⁵ LORENZO BELLINI, *op. cit.*, in ENRICO FALQUI, *op. cit.*, II, p. 597.

³⁶ *Ibid.*, pp. 598-599.

³⁷ *Ibid.*, p. 599.

³⁸ GIORGIO BAGLIVI, *Opere complete*, trad. it di Raimondo Pellegrini, Firenze: Coen, 1842, p. 63.

³⁹ *Ibid.*, p. 173.

Ma se il corpo è così strutturato, allora anche il suo funzionamento deve sottostare necessariamente alle leggi della meccanica; questo significa che tutti i fenomeni corporei

debbono riportarsi alle leggi del cuneo, dell'equilibrio, della leva [...] e simili principi meccanici.⁴¹

Il corpo, dunque, è a pieno titolo una macchina anche per il *De praxi medica*. Tuttavia il trattato aggiunge un aspetto. Vale a dire che indirizza il modello teorico, e la conoscenza generata da questo, alla funzione clinica della medicina. Affermare, infatti, che la totalità dei fenomeni soggiace alle leggi meccaniche significa comprendere tanto i fenomeni fisiologici quanto quelli patologici. La visione meccanicista, cioè, permette di capire il funzionamento del corpo in condizioni di normalità e di spiegare, al contempo, le alterazioni generate dalle malattie. La conseguenza evidente è che il corpo sano e quello malato sono spiegabili facendo ricorso alle medesime leggi fisiche. Per Baglivi quest'ultimo aspetto è fondamentale. L'osservazione diretta e il modello del corpo-macchina sono basilari per approfondire la conoscenza. Questa però ha una finalità tanto chiara quanto imprescindibile: deve sempre guidare l'azione dei medici alla cura del malato.

La concezione meccanicista del corpo umano condiziona anche le ricerche mediche del XVIII secolo, apertosi sotto l'insegna del *professor celeberrimus* Hermann Boerhaave. Nel secondo e terzo decennio del Settecento egli è titolare delle cattedre di botanica, chimica e clinica medica presso l'Università di Leida; il suo insegnamento è raccolto in un'opera che ha conosciuto ben quindici edizioni latine, cinque delle quali vivente l'autore: le *Institutiones medicae*. Essa costituisce «la sistemazione di tutte le moderne acquisizioni e ipotesi circa la struttura e la funzione dei vari organi e dell'intero organismo in condizioni sia normali che patologiche: un vero e proprio *systema* di fisiopatologia teorico-sperimentale, armonizzante iatrofisica e iatrochimica».⁴²

Nel corso del Settecento si consolida dunque il concetto di sistema fisiopatologico. La medicina si sente chiamata a formulare leggi e riconoscere proprietà che spieghino i meccanismi funzionali dell'organismo, in condizioni sia normali che alterate; l'obiettivo è organizzare una teoria generale del funzionamento corporeo. L'orizzonte concettuale entro cui condurre i nuovi studi sperimentali è ancora una volta il meccanicismo, che ora si configura definitivamente quale teoria generale dell'universo. La sua più

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ *Ibid.*

⁴² GIORGIO COSMACINI, *L'arte lunga. Storia della medicina dall'antichità a oggi*, Roma-Bari: Laterza, 1997, p. 287. Il termine 'iatrofisica' non è altro che un sinonimo di iatromeccanica. Con 'iatrochimica', invece, s'intende la concezione medica secondo cui il corpo umano è retto da leggi chimiche. Se il modello iatromeccanico è rappresentato dal corpo-macchina, quello iatrochimico è rappresentato dal corpo-provetta. La differenza tra i due approcci è ben evidente nell'interpretazione, per esempio, della digestione. Per la iatromeccanica è spiegabile come processo di triturazione, per la iatrochimica invece come processo di cozione. La iatrochimica si afferma in tutta Europa grazie agli studi del medico fiammingo Jan Baptiste von Helmont. Deve comunque essere considerato che iatromeccanica e iatrochimica, nonostante le differenze a volte marcate, rappresentano gli indirizzi d'avanguardia delle ricerche mediche seicentesche, e come tali sono accomunate da un'impostazione filosofica materialista di base.

compiuta espressione è rappresentata dalle teorie di Isaac Newton, i cui *Philosophiae naturalis principia mathematica* sono pubblicati in forma definitiva proprio all'inizio del XVIII secolo, precisamente nel 1713. Questo trattato diventa un globale principio ispiratore per tutto il campo medico-biologico. Vengono appunto ricercati, nelle funzioni corporee, quegli elementi che corrispondono alla legge di gravitazione universale, o al concetto di forza di attrazione, o di forza di inerzia. Quando, per esempio, Albrecht Haller dimostra che la 'irritabilità' – l'odierna 'contrattilità' – è una proprietà delle sole fibre muscolari, a differenza della 'sensibilità' che è propria di quelle nervose, la definisce 'vis insita'; utilizza, cioè, esattamente lo stesso termine che Newton ha adottato per indicare la forza d'inerzia.

La concezione meccanicista del corpo è pure alla base del trattato che, pubblicato nel 1761, dà un assetto definitivo ad una nascente disciplina medica: l'anatomia patologica. Si tratta del *De sedibus et causis morborum per anatomen investigatis* dell'italiano Giovanni Battista Morgagni. L'anatomia patologica si pone l'obiettivo di stabilire un legame tra fenomeni clinici e fenomeni patologici; mira cioè a mettere in relazione reciproca i sintomi della malattia di un paziente, in vita, e le alterazioni organiche riscontrate dall'indagine anatomica *post mortem*. Per il *De sedibus* «la vita è la risultante del funzionamento delle minute macchine»⁴³ che costituiscono il sistema complesso del corpo; ma anche «le macchine organiche, come quelle inorganiche, sono soggette a deterioramento».⁴⁴ L'anatomia patologica non fa altro che analizzare le anomalie del sistema meccanico del corpo-macchina. Le lesioni organiche da essa indagate sono guasti o difetti di una componente interna del meccanismo generale. Quando tali anomalie si verificano, il corpo-macchina denota visibilmente il proprio malfunzionamento nelle forme della malattia, il cui esito terminale è la cessazione di ogni funzione. Perciò un anatomo-patologo non solo osserva e identifica in un cadavere le lesioni che uno o più organi hanno subito, ma soprattutto le interpreta come cause del malfunzionamento del corpo e dunque del manifestarsi della malattia, la quale ha poi gradualmente portato al decesso.

Il modello teorico dell' 'automa razionale' ha indiscutibilmente guidato le più importanti ricerche mediche sei-settecentesche: l'uomo-macchina è stato un vero e proprio modo nuovo di pensare l'uomo stesso. Ma è una disciplina medica ben precisa ad aver applicato in maniera letterale tale modello meccanico: l'ortopedia, in particolare nella fabbricazione di protesi. Queste sono state costruite non solo per sostituire un arto perduto, ma anche per ripristinarne un livello minimo di mobilità. La soluzione tecnica utilizzata è sostanzialmente sempre la stessa: in corrispondenza dei punti di articolazione viene posto un sistema di molle e ruote dentate, il quale comanda il movimento dei leveraggi interni che funzionalmente sostituiscono le ossa e i tendini. I dispositivi meccanici, che quindi suppliscono di fatto alle falangi, al polso, al gomito, al ginocchio, sono azionabili da un pulsante esterno. La pressione di questo innesca il meccanismo di base così che una mano possa chiudersi a pugno, o un avambraccio o una gamba possano flettersi. Molti arti artificiali di tale fattura sono stati realizzati per i soldati, poiché, chiaramente, erano la categoria che più necessitava di protesi. Un caso molto chiaro è rappresentato dai numerosi progetti di Ambroise Paré [fig. 15], chirurgo militare a seguito delle truppe francesi in Italia e futuro chirurgo di quattro re di Francia: Enrico II, Francesco II, Carlo IX ed Enrico III.

⁴³ ELIO DE ANGELIS-VALENTINA GAZZANIGA, *Giovanni Battista Morgagni. Perizie medico-legali*, Roma: Carocci, 2000, p. 21.

⁴⁴ *Ibid.*



Fig. 15

Progetto per una mano artificiale.

(da *Oera Ambrosii Parei regis primarii et parisiensis chirurgi*, Parigi: Jacob Dupuy, 1582)

I dispositivi tecnici e i procedimenti di realizzazione delle protesi ortopediche rimangono invariati anche nel XVIII secolo. Nel catalogo del gabinetto scientifico di Bonnier de la Mosson (1744), ad esempio, si trovano «tre braccia artificiali dotate di mani agenti per mezzo di molle e svolgenti le medesime funzioni di un braccio naturale». ⁴⁵ Un'ulteriore testimonianza, tutta visiva, è fornita dai disegni di un braccio artificiale pubblicati nel sesto volume (1735) della monumentale opera di Jean-Gaffin Galon dedicata alle invenzioni approvate dall'Accademia Reale delle Scienze di Parigi ⁴⁶ [fig. 16]. La tecnologia utilizzata è comunque costante: molle, ruote e leve. Sono cioè gli stessi dispositivi che si trovano alla base di qualsiasi automa propriamente detto, dal XV secolo in avanti.

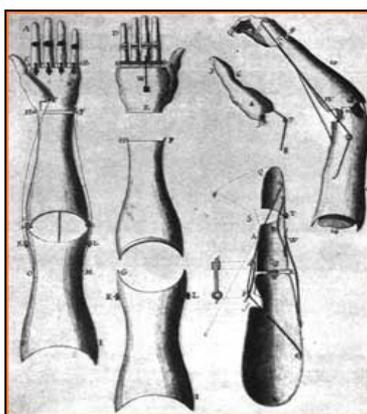


Fig. 16

Progetto per un braccio artificiale.

⁴⁵ ALFRED CHAPUIS-EDUARD GELIS, *Le monde des automates. Etude historique et technique*, 2 voll., Paris: s.n., 1928, II, p. 311; ed. anast. Geneve: Slatkine, 1984. La traduzione di questa e delle seguenti citazioni è dello scrivente.

⁴⁶ JEAN-GAFFIN GALON, *Machines et inventions approuvées par l'Académie Royale des Sciences, depuis son établissement jusqu'à present (1666-1754)*, 7 voll., Paris: Martin, 1735-1777.

Tuttavia è proprio il Settecento, secolo in cui la declinazione più tipica della fabbricazione di automi è rappresentata dagli androidi, il momento in cui emerge con maggiore evidenza lo stretto rapporto tra ortopedia ed oggetti autocinetici. La situazione esemplare è indubbiamente rappresentata dalla bottega dei Jaquet-Droz, non solo rinomati orologiai svizzeri ma anche costruttori di alcuni dei più celebri androidi tuttora esistenti e conservati al Musée d'Art et d'Histoire di Neuchâtel: uno scrivano, un disegnatore ed una organista (conosciuta anche come 'clavicembalista' o *Musicienne*). Nel registro dell'atelier è stato trovato, infatti, un documento molto importante: un elenco delle componenti necessarie alla costruzione di una protesi, con i relativi materiali. Vi sono indicati:

la giuntura del gomito con tutte le parti in acciaio che la compongono;
il cuoio che copre il moncherino dalla spalla alla giuntura;
la giuntura del polso ivi compreso il pezzo dello scatto fissato alla detta giuntura, fatto in acciaio con il cavo di comunicazione;
la carta e la pergamena formanti il braccio dal gomito alla giuntura del polso;
il polso in sughero con la molla e il bariletto.⁴⁷

È un documento assolutamente rappresentativo, non solo di come ortopedia ed automazione potessero incontrarsi, ma anche di come androidi e protesi potessero essere materialmente realizzati nella stessa bottega artigiana.

ANDROIDI NEL XVIII SECOLO

Androidi come attrazioni

Come è stato appena affermato, il Settecento può essere considerato il secolo principe della fabbricazione di androidi. Si ricorda che 'androide' indica un automa propriamente detto (cioè non è una parte mobile di una struttura fissa) avente sembianze umane, il quale compie un'azione in modo effettivo e non la imita semplicemente. Convenzionalmente gli androidi del XVIII secolo si suddividono in quattro tipologie: quelli che camminano, quelli che scrivono, quelli che parlano e quelli che suonano. La produzione complessiva di androidi musicali nell'Europa settecentesca è piuttosto ampia. Tre esemplari di musicisti meccanici sono ancora oggi esistenti; si tratta dell'organista conservata al Musée d'Art et d'Histoire di Neuchâtel (atelier Jaquet-Droz, 1773-74), della suonatrice di salterio conservata al Musée National des Arts et Métiers di Parigi (David Roentgen-Peter Kintzing, 1784-85) e di un tamburino militare conservato presso le Civiche Raccolte d'Arte Applicata di Treviso (probabile manifattura veneziana, seconda metà XVIII sec.) [figg. 17, 18, 19].

⁴⁷ *Journal de fabrication, livres de métier et de correspondance*, ms., Bibliothèque de Genève, in ALFRED CHAPUIS-EDUARD GELIS, *op. cit.*, p. 313.



Figura 17

Androide organista: atelier Jaquet-Droz, La Chaux de Fonds, 1773-74.



Fig. 18

Joueuse de tympanon: David Roentgen-Peter Kintzing, Neuwied, 1784-85.



Fig. 19

Androide tamburino: manifattura veneziana, seconda metà XVIII secolo.

Accanto a questi si collocano altri androidi musicali di cui non sono rimasti esemplari, ma che sono documentabili grazie a diverse attestazioni indirette sia letterarie che iconografiche. I casi più rappresentativi sono dati dal flautista e dal suonatore di

*galoubet & tambourin*⁴⁸ di Jacques de Vaucanson, costruiti a Parigi tra il 1735 e il 1738 [fig. 20].

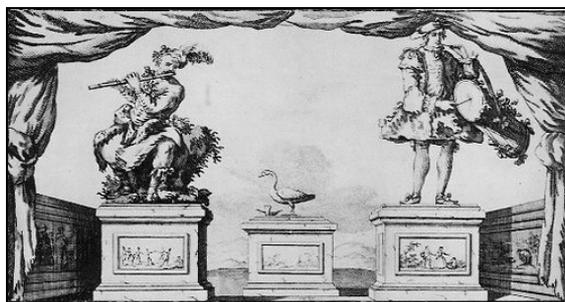


Fig. 20

Manifesto per l'esposizione degli androidi di Vaucanson: Parigi, 1738.

Considerando gli ulteriori casi, si può osservare come il Settecento abbia lasciato traccia di altri otto flautisti, un secondo suonatore di *galoubet & tambourin*, una seconda organista, un arpista e una suonatrice di pianoforte (probabilmente una terza organista, con uno strumento dalle sembianze di pianoforte).

La prima dimensione che questi oggetti vivono è quella dell'esibizione, dello spettacolo. Che si tratti di un'esposizione aperta al pubblico – pagante, naturalmente – o che si tratti di un evento all'interno di una corte reale, gli androidi sono presentati come attrazioni. Un primo esempio è fornito proprio dal flautista di Vaucanson. La realizzazione di questa figura meccanica è stata possibile grazie ai fondi offerti al costruttore da un prestatore, Marquin. Quest'ultimo, secondo il contratto stipulato con Vaucanson, avrebbe recuperato una parte dei soldi investiti prelevando

metà dei guadagni giornalieri dell'esposizione della macchina.⁴⁹

Un altro documento, relativo al sequestro dell'androide in seguito ad uno dei numerosi strascichi legali che hanno caratterizzato il rapporto professionale tra Vaucanson e Marquin, riferisce qualche ulteriore dettaglio dell'esibizione. Infatti si legge che nell'aprile 1738

una macchina rappresentante un fauno che suona il flauto traverso [è] esposta all'hôtel de Langueville.⁵⁰

L'occasione è stata molto probabilmente un successo di pubblico, dato che, nel solo giorno precedente il sequestro, si dichiara che

si sono presentate numerose persone per vedere la suddetta macchina.⁵¹

⁴⁸ *Galoubet*: flauto dritto a bocca zeppata con tre fori nella parte terminale, due anteriori e uno posteriore. *Tambourin*: lungo tamburo cilindrico.

⁴⁹ *Commissions extraordinaires du Conseil*, V, 7, n. 510, in EMILE CAMPARDON, *Les spectacles de la foire. Documents inédits recueillis aux Archives Nationales*, 2 voll., Paris: Berger-Levrault, 1877, II, p. 448. Le traduzioni sono dello scrivente.

⁵⁰ *Archives des commissaires au Châtelet de Paris*, n. 3021, in EMILE CAMPARDON, *op. cit.*, II, p. 447.

⁵¹ *Ibid.*

Di certo il pubblico non è mancato alla prima esposizione dei tre androidi realizzati da Pierre Jaquet-Droz, da suo figlio Henri-Louis e dal loro fidato collaboratore Jean-Frederic Leschot. Il gruppo era costituito da un disegnatore, uno scrivano e dalla organista citata poco sopra (conosciuta anche come 'clavicembalista' o *Musicienne*). L'esposizione si è tenuta nella seconda metà del 1774 all'interno dell'atelier dei costruttori a La Chaux-de-Fonds, nei pressi di Neuchâtel. Una lettera indirizzata al governatore di questa città testimonia che

si vedevano sfilare i maggiorenti dei paesi vicini e i balì dei cantoni con le loro famiglie; l'ambasciatore di Francia vi si recò in incognito.⁵²

Il successo che è stato decretato a questi androidi ha contribuito alla scelta, da parte degli stessi costruttori, di intraprendere un vero tour di esibizioni in Europa. La prima tappa è stata Parigi, dove le creazioni dei Jaquet-Droz potevano essere ammirate, oltre che dalla corte di Luigi XVI e Maria Antonietta, dalla gente comune:

tutti i giorni all'hôtel Lubert, rue de Cléry. [...] I primi posti costano cinque lire, e i secondi tre lire.⁵³

Il tour è durato all'incirca un decennio, durante il quale gli androidi hanno toccato città come Ginevra, Londra e numerosi altri centri in Francia settentrionale, nelle Fiandre e in Olanda.

L'ampio consenso di pubblico raccolto da tali esibizioni è ribadito dalla vicenda personale di un costruttore inglese, James Cox. Nel 1772 questi ha esposto una personale collezione di automi – tra cui alcuni androidi – in una grande sala affittata in Spring Garden a Londra; l'obiettivo era supplire alla loro mancata vendita a principi e raja indiani. L'evento è stato legato ad una lotteria, i cui premi erano costituiti proprio dai pezzi esposti. Il risultato è stato molto chiaro: ben 120.000 biglietti venduti. Se da un lato la formula della lotteria ha inevitabilmente contribuito alla dispersione della collezione, dall'altro però il suo successo costituisce una prova evidente della capacità d'attrazione spettacolare di questi oggetti.

Tutti i casi sopradescritti confermano quanto il XVIII secolo continui a concepire gli automi – anche nella loro forma più recente, gli androidi appunto – in modo sostanzialmente tradizionale. Le fiere e le esibizioni costituiscono un innegabile contesto di fruizione stupefacente; gli androidi sono ancora macchine da diletto e da meraviglia. Essi sono considerati oggetti meravigliosi, veri e propri prodigi, e come tali sono descritti, annunciati, esibiti.

⁵² Lettera firmata da Isaac Droz e indirizzata a Monsieur de Lentulus governatore di Neuchâtel, in ROLAND CARRERA-DOMINIQUE LOISEAU, *Androidi. Le meraviglie meccaniche dei celebri Jaquet-Droz*, trad. it. di Gianni Guadalupi, Milano: Franco Maria Ricci, 1980, p. 19.

⁵³ «Le journal de politique et de littérature contenant le principaux événements de toutes le cours et les nouvelles de la république des lettres», 25 gennaio 1775, in ROLAND CARRERA-DOMINIQUE LOISEAU, *op. cit.*, pp. 19-20.

Androidi e scienza

Indiscutibilmente gli androidi hanno svolto il ruolo d'attrazioni meravigliose; tuttavia non è unica ed esclusiva tale loro dimensione ludico-spettacolare. Essi hanno assunto anche altri significati e valori.

Il valore principale che molti costruttori attribuiscono alle proprie opere è di carattere scientifico; viene proprio cercato un riconoscimento ufficiale dell'importanza degli androidi per la scienza. Ne sono un chiaro esempio le occasioni in cui essi sono stati presentati all'Accademia Reale delle Scienze di Parigi, cioè alla più importante istituzione scientifica di Francia. Un'eventuale accettazione degli androidi, da parte dell'Accademia, avrebbe definitivamente determinato la loro rilevanza per il patrimonio delle conoscenze scientifiche. È ancora una volta il caso del flautista di Jacques de Vaucanson ad essere rivelatore. Nello stesso anno in cui ha esposto pubblicamente l'androide, nel 1738, egli ha redatto una relazione per la presentazione ufficiale all'Accademia Reale delle Scienze, in seguito data alle stampe.⁵⁴ L'androide flautista ha svolto un ruolo duplice. Innanzitutto la sua costruzione ha richiesto uno studio preliminare di natura scientifica, studio relativo all'acustica degli aerofoni – in particolare del flauto traverso – e all'ingegneria meccanica. In secondo luogo il suo funzionamento ha fatto da prova sperimentale della correttezza delle conoscenze teoriche di base, nonché della validità dei dispositivi tecnici adottati. Proprio in virtù di ciò è stato ufficialmente riconosciuto il valore dell'iniziativa di Vaucanson. Queste sono le parole con cui il Segretario Perpetuo dell'Accademia Reale delle Scienze, Fontenelle, ha sancito nel maggio 1738 tale riconoscimento:

[l'Accademia] ha giudicato questa macchina estremamente ingegnosa, e ritenuto che il suo autore abbia trovato i mezzi per impiegare nuovi e semplici dispositivi, tanto per fornire alle dita di tale statua il necessario movimento, quanto per modificare l'aria che entra nel flauto [...] con l'imitazione artificiale di tutto ciò che è necessario ad un uomo. Inoltre la relazione del signor Vaucanson è scritta con tutta la chiarezza e la precisione di cui è suscettibile la materia; il che mostra l'abilità tecnica dell'autore e la grande conoscenza dei diversi rami della meccanica.⁵⁵

Lo stesso flautista ha ricevuto un ulteriore riconoscimento scientifico, sebbene in forma indiretta. La voce *Androïde* dell'*Encyclopedie* di Diderot e D'Alembert – il cui importante sottotitolo recita: *Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers* (Dizionario ragionato delle Scienze, delle Arti e dei Mestieri) – è infatti totalmente basata sulla descrizione dell'androide di Vaucanson.

Un altro androide musicale testimonia un'esperienza analoga, sempre incentrata sulla volontà di sottrarre tali oggetti alla sola dimensione del puro intrattenimento. Si tratta della *Joueuse de tympanon* di Peter Kintzing e David Roentgen. Questo automa raffigura una donna che percuote con una coppia di martelletti un salterio in forma di clavicembalo ad ala. È un androide espressamente donato alla regina Maria Antonietta,

⁵⁴ JACQUES DE VAUCANSON, *Le mecanisme du flûteur automate présenté aux Messieurs de l'Academie Royale des Sciences*, Paris: Guerin, 1738.

⁵⁵ *An account of a mechanism of an image playing on the german-flute presented to the Gentlemen of the Royal Academy of Sciences by Mr. Vaucanson, the inventor of it*, trad. ingl. di J. T. Desaguliers, London: Parker, 1742, pp. 20-21. Traduzione inglese del testo originale di Vaucanson, conservata al British Museum e pubblicata in fac-simile in ARTHUR W. J. G. ORD-HUME, *An illustrated history of mechanical musical instruments*, London: Allen and Unwin, 1973. Le traduzioni sono dello scrivente.

della quale probabilmente porta le fattezze. Una lettera del medico personale della regina, nonché membro dell'Accademia Reale delle Scienze, François Lassone, informa di un particolare rilevante. Si legge infatti che

la Regina desidererebbe che questa statua automatica fosse esaminata da qualcuno dell'Accademia delle Scienze; e se la si giudicasse degna di essere collocata nel Gabinetto delle Macchine di questa Compagnia, Sua Maestà sarebbe disposta a farlo presente all'Accademia.⁵⁶

La richiesta della regina Maria Antonietta conferma come anche in questo frangente si sia cercata un'istituzionalizzazione disciplinare; come cioè si sia voluta ottenere l'attestazione dal mondo scientifico che un androide è parte integrante di esso. Attestazione che è stata poi ufficializzata. La commissione nominata dal Segretario Perpetuo Condorcet nel 1785, infatti, ha approvato l'entrata della *Joueuse de tympanon* all'interno del gabinetto scientifico dell'Accademia.

La meccanica non è l'unico e solo ambito scientifico in merito al quale gli androidi dimostrano una certa rilevanza. Accanto ad essa vanno considerate l'anatomia e la fisiologia. A questo proposito è interessante osservare come queste discipline, con l'affermazione dell'orientamento iatromeccanico, abbiano garantito un approfondito sapere medico grazie al modello teorico della macchina. Vale a dire che pensare il corpo umano come una macchina ha permesso di indagarlo, comprenderlo e quindi conoscerlo in modo migliore rispetto al passato. Ma questa nuova e più articolata conoscenza ha stimolato nuovamente la meccanica a creare macchine che simulassero il funzionamento corporeo. Queste macchine sono appunto gli androidi.

La definizione che Vaucanson dà dei propri androidi è assolutamente indicativa: «anatomie mobili».⁵⁷ Non si tratta di una generica formula linguistica, ma una vera dichiarazione programmatica. Infatti non solo Vaucanson dimostra di possedere delle specifiche conoscenze anatomiche, ma anche di farle confluire nella fabbricazione degli androidi. Come si è visto, la prima parte della sua relazione all'Accademia Reale delle Scienze affronta, in via preliminare, la questione della produzione del suono in un flauto traverso. Oltre alle informazioni squisitamente acustiche, per l'autore è necessario mostrare

quali parti di una persona vivente contribuiscano a fornire una forza maggiore o minore [all'immissione dell'aria nel flauto].⁵⁸

Descrive perciò le operazioni corporee di riferimento:

la pressione dei muscoli pettorali sui polmoni spinge l'aria fuori dagli alveoli che la contengono. Quando giunge alla bocca attraverso la trachea, esce attraverso l'apertura che le labbra formano quando sono applicate all'imboccatura del flauto. La maggiore o minore intensità dell'aria dipende, primo, dalla maggiore o minore pressione dei muscoli pettorali che la spingono; secondo dalla maggiore o minore apertura delle labbra attraverso cui l'aria esce.⁵⁹

⁵⁶ Lettera di François Lassone al Segretario Perpetuo dell'Accademia Reale delle Scienze marchese Condorcet, in ALFRED CHAPUIS-EDOUARD GELIS, *op. cit.*, II, p. 282.

⁵⁷ *Commissions extraordinaires du Conseil*, V, 7, n. 510, in EMILE CAMPARDON, *op. cit.*, II, p. 447.

⁵⁸ J. T. Desaguliers (trad. ingl.), *op. cit.*, p. 7.

⁵⁹ *Ibid.*

Nella seconda parte della relazione, dedicata all'effettiva struttura meccanica dell'androide, emerge con molta chiarezza il parallelismo tra la macchina corporea dell'uomo e quella artificiale da lui realizzata [fig. 21].

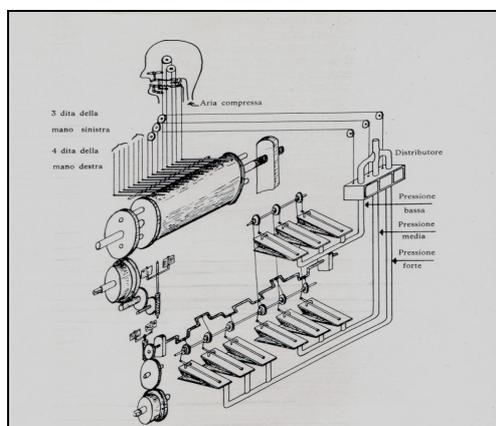


Fig. 21

Meccanismo del flautista di Vaucanson: ricostruzione di Edmond Droz.

Infatti nove mantici contenuti nel piedistallo, su cui è collocata la figura meccanica, forniscono l'aria necessaria affinché il flautista possa suonare, svolgendo quindi la funzione dei muscoli pettorali e dei polmoni. Poi tre condotti nel petto della statua si riuniscono in uno, il quale sale attraverso la gola; questa è chiaramente la soluzione che replica la trachea. Inoltre le labbra artificiali sono regolate esattamente per modulare l'intensità dell'insufflazione; difatti

danno una maggiore o minore spinta all'aria, a seconda che siano più o meno aperte; tanto per l'esecuzione di ciò, quanto per l'allontanamento o l'avvicinamento [delle labbra all'imboccatura], c'è un particolare meccanismo.⁶⁰

Il parallelismo continua anche per i dispositivi che guidano il movimento delle dita del flautista. Nella parte posteriore del piedistallo è contenuta un'intelaiatura per le quindici leve che corrispondono alle altrettante parti mobili dell'androide: tre valvole dell'insufflazione, sette dita, quattro movimenti delle labbra (apertura-chiusura; avvicinamento-allontanamento) e la lingua. Il movimento coordinato delle diverse parti è regolato da un cilindro chiodato, posto nella zona anteriore del piedistallo. La connessione materiale tra le leve e le parti mobili è affidata a dei cavi d'acciaio. Quelli corrispondenti alle leve delle dita

salgono perpendicolarmente fino alle spalle; qui fanno angolo per correre lungo la parte superiore del braccio fino al gomito, dove si piegano ancora per poi allungarsi fino al polso.⁶¹

⁶⁰ *Ibid.*, p. 12.

⁶¹ *Ibid.*, p. 13.

È evidente che la disposizione dei cavi è modellata sullo scheletro, del quale viene ricalcata la struttura. La replica dell'anatomia corporea è esplicitata subito dopo. Dal polso, infatti, ogni cavo si collega ad una leva corrispondente contenuta nella mano, leva che

imita l'osso che gli anatomisti chiamano *metacarpo*;⁶²

ciascuna poi

nello stesso modo si unisce all'osso della prima *falange*.⁶³

Ogni volta che una leva è azionata dal cilindro, e dunque viene tirato il corrispettivo cavo di connessione, il dito corrispondente è in grado di muoversi. Questa struttura meccanica è quindi perfettamente funzionante: è una vera simulazione della parte del sistema osteo-articolare relativa al movimento degli arti superiori.

Una riprova del rapporto stretto tra le conoscenze medico-scientifiche di Vaucanson e la fabbricazione dei suoi androidi è data dalla costruzione di quello più noto ai suoi contemporanei: un'anatra meccanica. Si tratta di un automa che piega il collo per beccare del grano, lo ingerisce e lo espelle dopo averlo digerito. La descrizione della sua realizzazione, analoga a quella contenuta nella relazione all'Accademia Reale delle Scienze e coeva a quest'ultima, è presente in una lettera indirizzata all'abate De Fontaine, amico personale del costruttore. Innanzitutto Vaucanson conferma la volontà di replicare delle strutture anatomiche dettagliate. Esponendo la costituzione e il funzionamento delle ali, infatti, informa che sono composte da tre ossa: omero, cubito e radio. Si ripropone anche in questo caso la simulazione del sistema osteo-articolare. Ma questa macchina simula in modo talmente accurato la realtà, che questa può essere resa immediatamente comprensibile dalla macchina stessa. Vaucanson infatti confessa che il suo progetto è quello di

dimostrare il modo di svolgersi delle azioni, piuttosto che mostrare una macchina.⁶⁴

Una dimostrazione così precisa da rivelarsi didattica: la macchina è cioè in grado di

illustrare meglio la natura propriamente imitata rispetto al più lungo dettaglio che una descrizione anatomica di un'ala fornirebbe.⁶⁵

Tuttavia la realizzazione di una struttura anatomica corretta e funzionante non è l'obiettivo primario. Infatti Vaucanson, in quest'anatra meccanica, punta a riprodurre le operazioni di digestione del cibo. Chiaramente non pretende di replicare una digestione perfetta, comprendendo pure i fenomeni che oggi chiamiamo metabolici; l'obiettivo è comunque ben definito:

⁶² *Ibid.*

⁶³ *Ibid.*

⁶⁴ *Ibid.*

⁶⁵ *Ibid.*

imitare il meccanismo dello svolgimento di queste tre azioni, primo ingerire il grano, secondo macerarlo o dissolverlo, terzo espellerlo sensibilmente cambiato rispetto a come era.⁶⁶

Il secondo punto citato, relativo alla macerazione o al dissolvimento, è importante perché rivela come Vaucanson abbia considerato la digestione un processo chimico e non meccanico, prendendo quindi una precisa posizione in merito ad un processo fisiologico allora interpretabile secondo due prospettive, appunto quella meccanica e quella chimica.

Un altro caso estremamente significativo, in merito alla questione del contributo delle conoscenze mediche alla realizzazione di androidi, è rappresentato da quelli usciti dalla bottega dei Jaquet-Droz. Nel registro dell'atelier, come è stato indicato in precedenza, si trova una nota relativa ai dispositivi e ai materiali per la costruzione di un braccio artificiale. Si tratta da un lato di molle, bariletti, cavi di connessione in acciaio (dispositivi identici a quelli utilizzati per gli androidi); dall'altro di carta, cuoio, pergamena e sughero per modellare gli arti artificiali. Non sembra irragionevole pensare che specifiche conoscenze ortopediche dei costruttori, necessarie per la fabbricazione di queste protesi, siano state anche alla base della realizzazione degli androidi, in particolare degli arti e della loro capacità di movimento. Sicuramente una solida base scientifica era posseduta da Pierre Jaquet-Droz, valentissimo orologiaio e meccanico nonché fondatore dell'atelier. È stato infatti allievo del Collège d'Erasmus a Basilea, nel quale insegnava fisica ed anatomia Daniel Bernoulli, figlio di un altro professore, Jean Bernoulli, il quale aveva compiuto importanti ricerche sull'applicazione del calcolo infinitesimale alla fisiologia. I due docenti, probabilmente, avevano una buona conoscenza relativa agli automi. Sono stati infatti incaricati dalle autorità municipali di Basilea, nel 1738, di esaminare degli «oggetti animati e macchine automatiche curiose»⁶⁷ che dovevano essere esposti pubblicamente nella città. Senza ipotizzare necessariamente una collaborazione diretta di Pierre Jaquet-Droz a questo esame, è comunque legittimo ritenere che la competenza dei Bernoulli (in ambito matematico-fisico, meccanico e medico) abbia formato Pierre e pensare quindi che tale formazione abbia in seguito contribuito alla scelta di costruire androidi.

Infine anche la fabbricazione di androidi parlanti è collocabile in un contesto di interessi medico-scientifici. Si tratta di macchine dotate, generalmente, di un dispositivo centrale che prevede un mantice per fornire aria, la quale viene convogliata in alcune cellette in cui sono fissate delle ance appositamente modellate; queste, vibrando, generano un suono paragonabile alla pronuncia della parola. Nessuna di queste macchine è in grado di formulare interi discorsi, ma normalmente possono pronunciare singole parole o brevi frasi. Sono comunque macchine che vogliono replicare il meccanismo della fonazione umana, utilizzando il mantice come polmone e le ance come glottide o corda vocale. Ne sono un esempio le teste parlanti dell'abate Mical, un automa costituito dal dispositivo sopra descritto e da una struttura di sostegno, in cui è inserito, raffigurante appunto due teste [fig. 22]. A questa tipologia di androidi va ricondotta anche la macchina parlante del barone Wolfgang von Kempelen, la quale è analoga a quella del costruttore francese sebbene non abbia alcuna somiglianza umana [fig. 23].

⁶⁶ *Ibid.*

⁶⁷ ROLAND CARRERA-DOMINIQUE LOISEAU, *op. cit.*, p. 16.



Fig. 22

Stampa raffigurante le teste dell'Abate Mical: Parigi, 1783.



Figura 23

Macchina parlante: Wolfgang von Kempelen, 1790 ca.

Anche gli androidi parlanti hanno cercato un'istituzionalizzazione scientifica, un riconoscimento ufficiale. I casi appena citati ne sono una testimonianza: von Kempelen ha formalmente raccolto ed ordinato i risultati delle proprie ricerche in un trattato specifico edito nel 1791;⁶⁸ l'abate Mical ha invece presentato le proprie macchine direttamente all'Accademia Reale delle Scienze di Parigi.

Androidi come simulazioni dell'uomo

Tutti gli androidi settecenteschi possono essere intesi come simulazioni della vita reale. Lo afferma apertamente Vaucanson in due occasioni; quando dichiara che i movimenti del flautista sono stati da lui progettati

in comparazione con quelli di una persona vivente,⁶⁹

e quando, in seguito, informa che la propria anatra meccanica è stata realizzata

per imitare tutte le azioni dell'animale vivente.⁷⁰

⁶⁸ WOLFGANG VON KEMPELEN, *Mechanismus der menschlichen Sprache nebst der Beschreibung seiner sprechenden Maschine*, Wien: Degen, 1791.

⁶⁹ J. T. Desaguliers (trad. ingl.), *op. cit.*, p. 16.

⁷⁰ Lettera di Jacques de Vaucanson all'abate De Fonatine, in J. T. Desaguliers (trad. ingl.), *op. cit.*, p. 23.

Ma la medesima logica di fondo si può ritrovare nella scelta di dotare gli androidi di alcuni movimenti apparentemente ornamentali, ma in realtà concepiti come completamento di un comportamento umano totale. I tre androidi dei Jaquet-Droz sono emblematici. Tutti sono provvisti del movimento degli occhi. Il disegnatore è anche in grado di soffiare via la polvere dal foglio che ha di fronte (grazie ad un mantice particolare che entra in azione ad ogni cambio di posizione della mano, l'aria dalla bocca è spinta all'esterno). La musicista, oltre a fare la riverenza piegando il busto e muovendo la testa al termine dell'esecuzione di ciascuno dei suoi cinque brani, simula addirittura il respiro. Anche altri androidi hanno stesse caratteristiche. La *Joueuse de tympanon* di Roentgen e Kintzing è dotata del movimento della testa e degli occhi; così come il tamburino conservato presso le Raccolte d'Arte Applicata dei Musei Civici di Treviso muove gli occhi, piega la testa ed apre la bocca grazie ad un mento mobile [fig. 24].



Fig. 24

Androide tamburino: volto con mento mobile.

Gli androidi avrebbero potuto compiere le proprie azioni principali senza questi movimenti secondari. Eppure ne sono stati forniti. Evidentemente perché fosse accresciuta la loro attrattiva spettacolare, ma anche perché fossero delle repliche fedeli in ogni particolare. Non è poi un caso che, negli stessi anni, si moltiplichino i tentativi di dotare gli androidi della parola, cioè di un ulteriore tratto caratteristico dell'essere umano.

A questo punto è importante ricordare che gli androidi, tecnicamente, sono macchine, cioè sono sistemi costituiti da componenti interne interagenti secondo le pure leggi della meccanica. Se mettiamo in relazione la specifica natura tecnica degli androidi con il concetto secondo cui essi simulano compiutamente la vita reale, emerge un loro ruolo culturale estremamente rilevante per il XVIII secolo. Difatti possono concretizzare l'idea che l'uomo sia effettivamente pensabile come una macchina. In fondo rappresentano una possibile conferma sperimentale della concezione meccanicista applicata all'uomo. Se quest'ultima non fosse valida, se cioè l'uomo non fosse strutturato e funzionante in base a leggi meccaniche, nessuna macchina potrebbe replicarne i comportamenti. Invece gli androidi fanno proprio questo: simulano meccanicamente i movimenti corporei fin nei dettagli, respiro compreso. L'affermazione dell'*Uomo Macchina* di La Mettrie, secondo cui gli uomini sono

«macchine che si muovono in posizione verticale»⁷¹, acquisisce allora un senso ancora più stringente. Come si è visto, nel Settecento esistevano realmente macchine di tal sorta; non è dunque improbabile che il medico-filosofo francese ne abbia avuto esperienza diretta.

Bibliografia

An account of the mechanism of an image playing on the German-Flute presented to the Gentlemen of the Royal Academy of Sciences by Mr. Vaucanson, the inventor of it, trad. ingl. di J. T. Desaguliers, London: Parker, 1742; ed. anast. in ARTHUR W. J. G. ORD HUME, *Clockwork music. An illustrated History of Mechanical Musical Instruments*, London: Allen and Unwin, 1973.

ANTOINE DE RIVAROL, *Lettre à M. le président de *** sur le globe aérostatique, sur les têtes parlantes et sur l'état présent de l'opinion publique à Paris*, Londres: Cailleau, 1783.

Androides, in *The Edinburgh Encyclopaedia*, 18 voll. a cura di David Brewster, Edinburgh: Blackwood, 1830, II, p. 66; ed. anast. London-New York: Routledge, 1999.

GIORGIO BAGLIVI, *Opere complete*, trad. it. di Raimondo Pellegrini, Firenze: Coen, 1842.

EMILE CAMPARDON, *Les spectacles de la foire. Documents inédits recueillis aux Archives Nationales*, 2 voll., Paris: Berger-Levrault, 1877.

ALFRED CHAPUIS-EDUARD GELIS, *Le monde des automates. Etude historique et technique*, 2 voll., Paris: s.n., 1928; ed. anast. Geneve: Slatkine, 1984.

ENRICO FALQUI, *Antologia della prosa scientifica italiana*, 2 voll., Firenze: Vallecchi, 1943.

ALFRED CHAPUIS-EDMOND DROZ, *Les automates: figures artificielles d'hommes et d'animaux. Histoire et technique*, Neuchatel: Edition du Griffon, 1949.

ALFRED CHAPUIS-EDMOND DROZ, *Les automates des Jaquet-Droz*, Neuchatel: Musée d'Histoire, 1951.

ALFRED CHAPUIS, *Chez un grand collectionneur italien*, «La Suisse Horlogère», vol. 69, n. 1., aprile 1954.

CARLO LODOVICO RAGGHIANI, *Lo spettacolo automatico*, «Spettacolo. Storia e critica del teatro e del cinema», I/3, maggio-giugno 1961.

WILLIAM HARVEY, *Opere*, a cura di Franco Alessio, Torino: Boringhieri, 1963.

RENÉ DESCARTES, *Opere scientifiche*, 2 voll., Torino: UTET, 1966-1983, I: *La biologia*, a cura di Gianni Micheli (1966).

LUCIANO BERTI, *Il principe dello studiolo. Francesco I dei Medici e la fine del Rinascimento fiorentino*, Firenze: Edam, 1967.

⁷¹ JULIEN OFFROY DE LA METTRIE, *Opere filosofiche*, a cura di Sergio Moravia, Roma-Bari: Laterza, 1992, p. 229.

RENÉ DESCARTES, *Opere*, 2 voll. a cura di Eugenio Garin, Bari: Laterza, 1967.

GIOVANNI ALFONSO BORELLI, *De motu animalium*, 2 voll. a cura di Osvaldo Cappellini trad. it. di Maria Teresa Bruscolini, Urbino: Argalia, 1970.

ARTHUR W. J. G. ORD HUME, *Clockwork music. An illustrated History of Mechanical Musical Instruments*, London: Allen and Unwin, 1973.

Guida introduttiva agli strumenti musicali meccanici. Collezione Marino Marini, testi di Luigi Gerli, Bologna: Musiani, s. a. [1974].

ROLAND CARRERA-DOMINIQUE LOISEAU, *Androidi. Le meraviglie meccaniche dei celebri Jaquet-Droz*, trad. it di Gianni Guadalupi, Milano: Franco Maria Ricci, 1980.

GIAN ANTONIO FERRARI, *Meccanica "allargata"*, in *La scienza ellenistica*, atti di tre giornate di studio (Pavia, 14-16.IV.1982), a cura di Gabriele Giannantoni e Mario Vegetti, Napoli: Bibliopolis, 1984.

FRANCESCA BONICALZI, *Il costruttore di automi: Descartes e le ragioni dell'anima*, Milano: Jaca Book, 1987.

JAN HASPELS, *Automatic Musical Instruments: their Mechanics and their Music. 1580-1820*, Koedijk: Nirota Musiekdruk, 1987.

EUGENIO BATTISTI, *L'antirinascimento*, II ed., 2 voll., Milano: Garzanti, 1989.

MARIO G. LOSANO, *Storie di automi. Dalla Grecia classica alla Belle Époque*, Torino: Einaudi, 1990.

EUGENIO MANZATO, *Villa Lattes. Istrana*, Milano: Federico Garolla, 1990.

SIEGFRIED WENDEL, *Le macchine parlanti*, Legnano: EdiCart, 1990.

Il mito dell'automa. Teatro e macchine animate dall'antichità al novecento, a cura di Umberto Artioli e Francesco Bartoli, Firenze: Artificio, 1991.

JULIEN OFFROY DE LA METTRIE, *Opere filosofiche*, a cura di Sergio Moravia, Roma-Bari: Laterza, 1992.

GIORGIO COSMACINI, *L'arte lunga. Storia della medicina dall'antichità a oggi*, Roma-Bari: Laterza, 1997.

GIORGIO WEBER, *L'anatomia patologica di Lorenzo Bellini, anatomico (1643-1704)*, Firenze: Olschki, 1998.

MASSIMO CENTINI, *La sindrome di Prometeo. L'uomo crea l'uomo: dalla mitologia alle biotecnologie*, Milano: Rusconi, 1999.

JULIUS VON SCHLOSSER, *Raccolte d'arte e di meraviglie del tardo Rinascimento*, II ed. it, Firenze: Sansoni, 2000.

Royal Music Machines, edited by Jan Haspels, Utrecht: National Museum from Musical Clock to Street Organ, 2006.