

Il periodo arabo

Baghdad,
“La casa
della saggezza”

*L'impero
Sasanide
nel '500.
Sono indicati
anche i confini
dell'impero
romano
d'Oriente.*

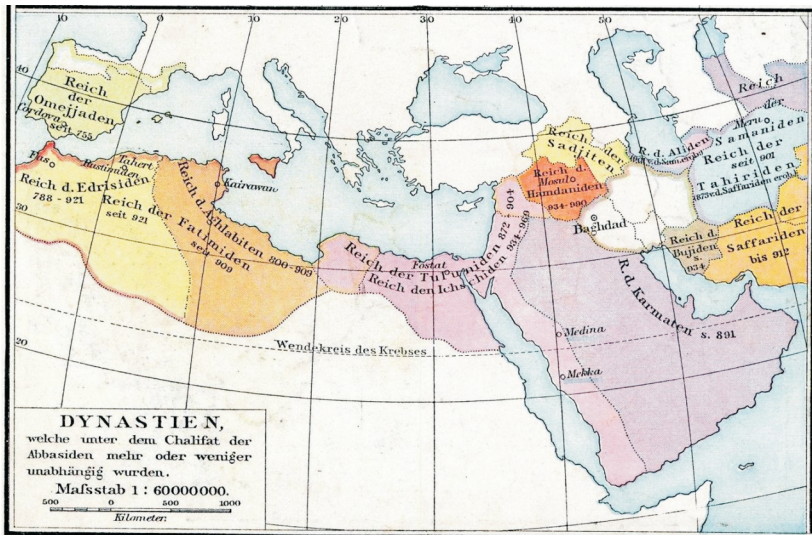
Dopo la lenta caduta di Alessandria inizia, per le conoscenze scientifiche greche che si salvano dagli incendi e dalle devastazioni fisiche e culturali, un lungo periodo di viaggi e traduzioni: dal greco al siriano, all'arabo e al pahlavi, poi dall'arabo al latino e infine alle lingue moderne europee, seguendo percorsi di guerre e di pacificazioni, di viaggi e di studi. I testi greci venivano tradotti in modo attivo per mantenere, trasmettere, elaborare e utilizzare le conoscenze acquisite. Un ruolo importante nel mantenere viva la cultura greca ebbero l'alta Mesopotamia (Harran e Resh'ayna), dove i testi greci fondamentali iniziarono ad essere tradotti in siriano, e successivamente la dinastia Sasanide (226-651), che governò la Persia fino alla conquista islamica, e con essa il sovrano Khosrow I Anushirwan il Giusto (501-579), che promosse le traduzioni dei testi scientifici dal greco e dal siriano in pahlavi, nella convinzione che le conoscenze scientifiche antiche fossero verità rivelate dal profeta Zarathustra e quindi un patrimonio religioso da tutelare. Per gli Abbasidi, e per i loro califfi al-Mansur (714-775), fondatore di Baghdad nel 762, e al-Ma'mun (786-833), il cui archivio era noto come la “Casa della saggezza”¹ (Bayt al-Hikma), tradurre i testi greci significò anche recuperare e appoggiare la cultura delle popolazioni che



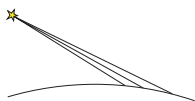
li avevano sostenuti. Al-Mansur si fece promotore del passaggio da una “cultura araba” chiusa ai soli arabi a una “cultura di lingua araba” aperta a qualunque etnia. Il califfo al-Ma`mūn intensificò le traduzioni, proponendo con forza il mondo islamico come erede del mondo greco-ellenistico, in opposizione al mondo dei bizantini, che «cancellarono la filosofia, eliminarono le tracce, distrussero i sentieri, cambiarono e corrupero ciò che gli antichi greci avevano affermato in chiare esposizioni»². La “cultura della traduzione” significava trasferire in lingua araba interi corpus di conoscenze, e in questo modo «l’eredità culturale greca si conservò in un area linguisticamente non greca,...in un territorio vastissimo, come era accaduto per il greco in periodo ellenistico»³.

Un aiuto alla comprensione della cultura islamica di questo periodo ci viene dalle numerose classificazioni arabe delle conoscenze contemporanee scritte intorno all’anno mille, che testimoniano di una visione enciclopedica del sapere. Donald R. Hill cita – come una delle più significative – il libro di al-Khwarazmi *Le chiavi delle scienze* (Ma-fatih al-ulum), un’enciclopedia dei termini usati in ogni disciplina, con riferimenti etimologici, scritto tra il 975 e il 991, dove le scienze vengono divise tra islamiche (teologia, tradizione, giurisprudenza etc.) e non islamiche (filosofia, logica, matematica, astronomia, musica, meccanica e alchimia)⁴.

Califfato
Abbaside e
principati
musulmani
dipendenti
dagli Abbasidi,
750 - 990.
Mappa
dell'Atlante
storico di Gustav
Droysen, 1886.



I fratelli Banū
Mūsā,
Baghdad,
800 d.C.



Uno dei primi compiti dati ai Banū Mūsā da al-Ma'mun fu quello di calcolare la circonferenza della Terra. Per eseguirlo andarono ad al-Sinjar, un deserto piatto nel nord dell'Iraq. Determinarono da un punto la latitudine della Polare e poi andarono verso nord in linea retta, misurando il percorso con una corda, fino a quando la latitudine della Polare non aumentò di un grado. Poi ripeterono lo stesso procedimento verso sud, ripetendo le misurazioni. Il valore a cui arrivarono fu di 66 miglia e 2/3 per un grado di latitudine, dando alla circonferenza della Terra la lunghezza, corretta, di circa 24.000 miglia.

La diffusione dei classici greci si avvale, a partire dalla seconda metà dell'VIII secolo, anche di due fatti nuovi: chi copiava i manoscritti greci rinunciò alla scrittura in sole maiuscole, consentendo di far così fronte a una domanda di copie che poté, col minuscolo, diventare più rapida, occupando anche meno fogli, e nello stesso periodo nel mondo islamico comparve la carta – un segreto Cinese almeno dall'inizio del II secolo d.C. – che soppiantò il papiro, resistente al tempo soltanto nell'ambiente secco egiziano.

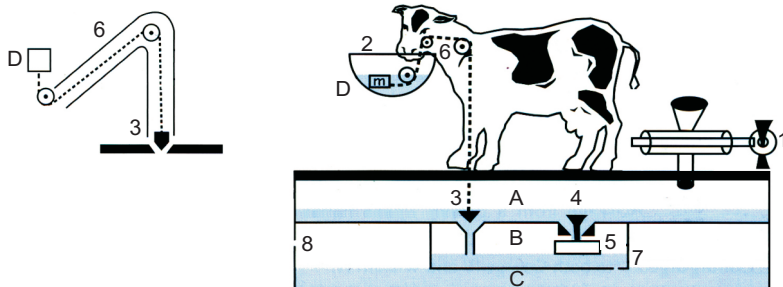
“La casa della saggezza” di Baghdad (ampliata da al-Ma'mūn a partire dall'832) raggiunse, nel periodo del suo massimo splendore, la cifra di mezzo milione di volumi⁴, un numero equivalente alla quantità di papiri conservati nella Biblioteca di Alessandria. Come Alessandria, Baghdad divenne il centro di riferimento culturale per gli intellettuali dell'epoca: a Baghdad vissero il musicista, matematico, e astronomo (tolemaico) al-Kindī (801ca.-866/73), che introdusse la filosofia greca nel mondo musulmano; al-Khūwārizmī (780-850 ca.) matematico, astronomo e geografo, da cui viene il nome algoritmo, considerato il padre dell'algebra e il cui libro, tradotto nel 1126 da Adelardo di Bath, introdusse lo zero nel mondo occidentale; Hunayn ibn Ishaq (808-873), medico, traduttore e scienziato, che tradusse in arabo opere di Galeno, Aristotele, Platone, Ippocrate, Tolomeo; Thābit ibn Qurra (826-901), astronomo, astrologo e matematico, che tradusse testi di Archimede, Apollonio, Euclide e Tolomeo e fu uno dei padri della geometria non euclidea e del calcolo integrale; al-Rāzī (865-930), autore di testi di chimica, filosofia e medicina, medico capo dell'ospedale di Baghdad e, infine, i fratelli Banū Mūsā Ibn Shākir: Abū Ja'far Muhammad, Ahmad e al-Hasan.

Nella classificazione araba delle scienze di al-Farabi (870-950), gli automi fanno parte della scienza degli artificieri meccanici, a sua volta parte della matematica. Per la storia degli automi, le persone e i testi principali di questo periodo, che va dall'800 al 1200, sono i fratelli Banū Mūsā, che scrissero *Il libro dei congegni ingegnosi*⁶, al-Muradi con *Il libro dei segreti risultanti dai pensieri*⁷ e al-Jazari, che scrisse *Il libro della conoscenza dei meccanismi ingegnosi*⁸.

I fratelli Banū Mūsā, Muhammad, Ahmad e al-Hasan, vissuti nel IX secolo – figli di un astronomo amico del califfo al-Ma'mun – studiarono geometria, meccanica, musica e astronomia nella “Casa della saggezza” di Baghdad. I Banū Mūsā diedero vita a una scuola di traduttori, e resero in arabo testi medici, matematici e

filosofici greci, pubblicando a loro volta una ventina di opere, tra cui il *Libro dei congegni ingegnosi* (850), che ebbe una grande reputazione nel mondo medievale islamico. I congegni dei Banū Mūsā rimandano a macchine simili di Erone (Meccanica e Pneumatica), Filone (Pneumatica) e ai loro testi, che è possibile i tre fratelli abbiano potuto leggere direttamente, anche se nel loro libro non citano le fonti. Una ventina di meccanismi sono ripresi da Filone o da Erone, mentre altri mostrano una sostanziale differenziazione rispetto ai modelli greci: nei congegni vengono usati in modo combinato e innovativo una decina di componenti come valvole coniche, pulegge, ingranaggi, prese d'aria nascoste, ruote a vento, galleggianti, manovelle e sifoni originali, con un uso delle valvole automatiche, dei dispositivi di temporizzazione e dei sistemi di ritardo che dimostra una grande inventiva⁹. Il lavoro dei Banū Mūsā è in qualche modo esaustivo della materia, perché nel mondo islamico nessuno, dopo di loro, ebbe una simile padronanza di sistemi idraulici e pneumatici o provò ad emularli. Una notevole quantità di questi componenti Islamici riapparve in Europa tra il XII e il XVIII secolo. I congegni ingegnosi ad acqua (idraulica) e ad aria compressa (pneumatica) dei Banū Mūsā sono un centinaio, e tra questi sei fontane e ottantatré “vasi magici”. La varietà degli effetti ottenuti è oltremodo varia e sorprendente: tra questi, una brocca dalla quale il flus-

“Il toro che beve”, modello 6 dei Banū Mūsā. Qui sotto, particolare del meccanismo della ciotola.



Aperto il rubinetto (1), l'acqua entra in A. (1) viene chiuso. La ciotola (2) viene riempita d'acqua e il galleggiante D sale, aprendo la valvola (3): l'acqua passa da A a B. Il galleggiante (5) risale aprendo la valvola (4): l'acqua scende liberamente da A a B. Quando l'acqua che era in A è completamente uscita, in A si crea una pressione negativa: il tubo (6) (vedi particolare) aspirerà l'acqua dalla ciotola, e finita l'acqua aspirerà aria: sembrerà che la mucca muggisca. Poiché nella ciotola non c'è più acqua, la valvola (3) si chiude. Tra A e B rimane aperta solo la valvola (4). B si svuota lentamente dal piccolo foro (7) e la valvola (4) si chiude. L'aria in C esce dal foro (8). Si ricomincia aprendo (1).

so dell'acqua non può riprendersi, se interrotto, anche se la brocca è piena; un vaso che si riempie da solo se ne viene estratta una piccola quantità di liquido ma che non lo farà se ne verrà estratta una quantità maggiore; un vaso in cui si versano in sequenza tre liquidi diversi ma quando viene aperto il rubinetto i liquidi scaricano nella sequenza in cui sono stati versati, senza essersi miscelati; un abbeveratoio che si riempie da solo quando si attinge acqua e così via.

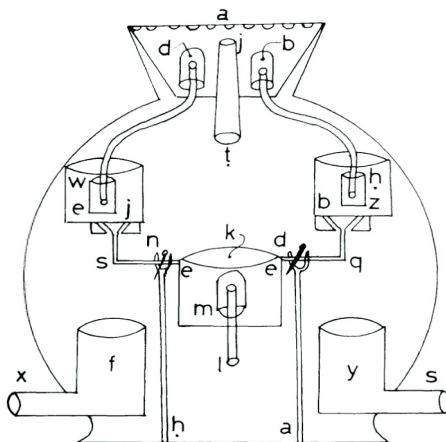
Modello 64: “Spieghiamo come fabbricare un vaso con due sbocchi, in cui versiamo acqua e vino dopo averle mischiate l'una con l'altra; da uno sbocco uscirà acqua e dall'altro vino, e tutti quelli che lo vedono credono che l'acqua sia stata separata dal vino. Il trucco è versare l'acqua e il vino separatamente, prima che la gente lo veda, quindi versare il vino e l'acqua mescolati davanti alla gente. L'acqua uscirà da uno degli sbocchi e il vino dall'altro. Chi lo vede crederà che il vino sia stato separato dall'acqua. Costruiamo un vaso, e lo facciamo grande, in modo che non sia possibile capovolverlo. Sotto la sommità installiamo un piccolo serbatoio (bjd), e installiamo nel vaso due serbatoi (hz, ew). Portiamo fuori dal serbatoio (bjd) due tubi (bz, de) che terminano vicino al fondo dei serbatoi (hz) e (ew), rendendo l'inizio del tubo (d) più alto dell'inizio del tubo (b) dell'altra tubazione. Alle estremità superiore e inferiore di questi tubi adattiamo le guaine (b, d, hz, we), come abbiamo fatto altrove per i tubi che non accettano [nulla] se il versamento dentro di loro viene interrotto. Portiamo anche fuori dal serbatoio (bjd) un tubo (jt), e la sua estremità (j) dovrebbe essere superiore all'inizio del tubo contrassegnato (d). Nel fondo

Il modello 64 del “Libro dei congegni ingegnosi”, scritto nell’850 dai fratelli Banū Mūsā, e tradotto da D. R. Hill in inglese 1100 anni dopo, nel 1979, sulla base di un manoscritto conservato alla biblioteca Topkapi di Istanbul.



dei serbatoi (hz, we) facciamo due buchi [uno per serbatoio] e saldiamo le valvole di apertura verso l'alto (b, j) e saldiamo alle spine delle valvole due aste (bqe, jse) come nel disegno, ciascuna piegata ad angolo retto. Dividiamo (qe) in due metà in (d) e alziamo sotto la posizione (d) un'asta (da). Saldiamo la sua estremità (a) sul fondo del vaso e facciamo sì che l'asta (qe) possa ruotare attorno all'asta (da) con un perno, in modo che se la fine (e) dell'asta viene caricata, essa si abbassi e la fine (q) si alzi e la valvola (b) si apra. Allo stesso modo alziamo l'asta (nh) e la colleghiamo al centro dell'asta (e) con un perno nel punto (n). Costruiamo un serbatoio (kme) e lo installiamo in modo tale che il liquido che viene scaricato del tubo (jt) scarichi in esso, e lo saldiamo alle estremità (e, e) delle aste. Nel serbatoio (ekm) montiamo un tubo (kml) come il tubo del sifone concentrico. Sotto le valvole (b, j) installiamo due piccoli serbatoi (f, y) e colleghiamo a ciascuno un tubo di scarico che sporge all'esterno dei serbatoi (sy, fx). Installiamo i serbatoi (f, y) nella posizione dove cadrà il liquido scaricato dalle valvole (b, j), se aperte. Dovrebbe essere chiaro che quando verseremo acqua nella parte superiore del vaso essa scorrerà attraverso il tubo (bz) nel serbatoio (hz), mentre se verseremo del vino esso scorrerà attraverso il tubo (de) nel serbatoio (ew). E se la persona vuole operare davanti alla gente, mescolerà il vino e l'acqua e poi lo verserà nella parte superiore del vaso, da dove scorrerà attraverso il tubo (jt) nel serbatoio (km). Il contenitore (km) diventerà quindi pesante e affonderà, le valvole (b, j) si apriranno, l'acqua scaricherà dal tubo (s) e il vino da (x). E questo è quello che volevamo spiegare.”

Schema del modello 64 del "Libro dei congegni ingegnosi". Donald R. Hill ha tradotto il testo dei Banū Mūsā da tre fonti diverse, curandone l'interpretazione con schemi illustrativi e descrizioni dei particolari.



Al-Muradi,
Córdoba,
ca. 1050 d.C.



*In alto:
Particolare della
"Clessidra delle
Gazzelle" nella
ricostruzione di
Eduard Farré
Olivé, 1998,*



*A sinistra:
la "Clessidra
delle Gazzelle" in
una ricostruzione
di Eduard Farré
Olivé (1998).*

Due secoli dopo i Banū Mūsā, nell'XI secolo, Ibn Khalaf al-Muradi, ingegnere di Córdoba, capitale della Spagna Musulmana, scrive il *Libro dei Segreti risultanti dai pensieri*, un trattato arabo di ingegneria meccanica, che descrive 31 congegni. Il libro è un altro dei ponti arabi tra la tecnologia greca e l'ingegneria rinascimentale e moderna. Andato perduto nella versione originale, ne è rimasta un'unica copia al mondo (realizzata nel 1266 e molto rovinata) presso la Biblioteca Medicea Laurenziana di Firenze. Descritto nel XVIII secolo dal bibliotecario Giuseppe Assemani, fu riscoperto nel 1974 dallo storico della scienza David A. King che lo segnalò a Donald R. Hill, uno dei più prestigiosi studiosi di scienza araba. Hill lo descrive come il primo trattato arabo sull'ingegneria meccanica e sugli orologi ad acqua¹⁰ e anche come un «promettente» trattato, di cui «si spera di trovare una versione in migliori condizioni, per superare "the gap in our knowledge" tra I Banū Mūsā e al-Jazari»¹¹.

Nel 1982, J. Vernet, R. Casals e M. Villuendas¹² dell'università di Barcellona ne interpretarono il primo capitolo, dove si descrive la "Clessidra delle Gazzelle", e incaricarono E. Farré Olivé di realizzarne un esemplare. (vedi la descrizione dettagliata a pagina 230)¹³.

Nella Clessidra delle gazzelle l'energia che mette in movimento il meccanismo è quella dell'acqua, che scende attraverso vari contenitori mettendo in azione tutti i dispositivi dell'automa. Nello stesso automa si fa uso di bilancieri al mercurio, che utilizzano la fluidità e la pesantezza di questo metallo per imprimere degli strattoni decisi ai cavi che muovono i meccanismi.

Nel 2008, il centro studi Leonardo3 di Milano e la Qatar Museums Authority hanno riportato in vita alcune macchine di al-Muradi, interpretando e ricostruendo in 3D gli straordinari congegni descritti nel libro. Mario Taddei, che insieme a Edoardo Zanon ha interpretato il testo¹⁴ e ricostruito gli automi, scrive: «Le macchine, che diventano più comprensibili grazie ai disegni tridimensionali, hanno in comune alcuni meccanismi e si

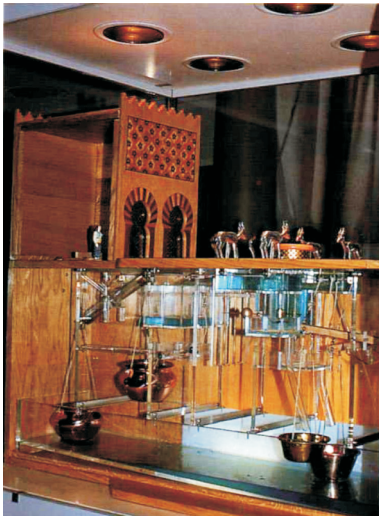
possono dividere in cinque famiglie: *gli orologi*, tutti idraulici, che funzionano tramite un galleggiante che affonda lentamente in un recipiente e trascina col suo movimento tutti gli ingranaggi: le ore vengono segnalate con l'emissione di una pallina metallica, dal movimento di automi e dalla presenza di lampade. *I teatrini*, ovvero scatole meccaniche con pupazzi, che si muovono secondo percorsi prestabiliti: hanno in comune meccanismi a corde, carrucole e ingranaggi che prendono il moto da serbatoio o flussi d'acqua. Queste scatole meccaniche hanno lo scopo di raccontare una storia come se fossero dei piccoli teatri meccanici. *I dispositivi bellici*, che hanno in comune alcuni congegni simili e servono per raggiungere punti sopraelevati o distanti. Il meccanismo a forbici estensibile è proposto come elemento "magico" che oltre a far funzionare i congegni dovrebbe avere anche un impatto psicologico sui nemici. *I pozzi magici*, che aiutano a prelevare l'acqua in modo "originale". *Le meridiane*, che segnano il tempo e le ore con la luce del sole»¹⁵.

A sinistra:
meccanismo della
"Clessidra delle
Gazzelle" in una
ricostruzione di
Eduard Farré
Olivé (1998),
part.

A destra:
meccanismo della
"Clessidra delle
Gazzelle",
Firenze, Biblioteca
Medicea
Laurenziana,
Ms. Or. 152, cc. 3r.

Taddei nota che il «manoscritto è sicuramente "figlio" del trattato dei Banū Mūsā» dal momento che il linguaggio grafico è simile. Ne è la prova lo schema rettangolare proposto in ogni progetto, dove vengono utilizzate persino le stesse lettere per indicare i vertici.

Donald Hill commenta il libro di Al-Muradi scrivendo che «The first five machines of Al-Muradi have great significance in the history of mechanical techno-





*In alto:
Meccanismo
dell'“Orologio
con tre
personaggi”,
Firenze,
Biblioteca
Medicea
Laurenziana,
Ms. Or. 152,
cc. 21r.*

logy»¹⁶ e rilevando che nelle figure sembrano essere presenti ingranaggi epicicloidali e ingranaggi segmentati, mentre non è possibile capire se la velocità delle ruote ad acqua che azionano alcuni meccanismi potesse essere regolata da scappamenti. Di questi, un centinaio di anni dopo, sembra parlare al-Jazari che, «in a passage of his book describing musical automata, suggests that he knew of such mechanisms»¹⁷. Hill paragona i meccanismi di al-Muradi a quelli di Anticitera: entrambi sono ingranaggi complessi, ma le ruote ad acqua di al-Muradi trasmettono sforzi di torsione molto maggiori. L'impiego di ingranaggi così sofisticati, scrive ancora Hill, può essere ritrovato soltanto circa 300 anni dopo, nell'orologio astronomico (astrario) di Giovanni Dondi (v. pagina 77).

Nell'orologio con tre personaggi, ricostruito fisicamente da Leonardo³, una biglia metallica viene espulsa ogni ora dalla bocca di una donna, per essere presa in consegna da un personaggio maschile che la lascia cadere in un vasetto metallico: il suono della biglia che cade e il numero di biglie presenti nel vaso segnalano il trascorrere delle ore.

Nei personaggi sono in movimento la mascella della donna, la testa dell'uomo seduto, il braccio e il corpo dell'uomo in piedi, che scorre su un carrello.

Anche in questo caso la forza propulsiva è l'acqua e il meccanismo si avvale di cavi, pulegge, bilancieri al mercurio e contrappesi in piombo.

*A destra:
“Orologio con
tre personaggi”,
da Ibn Khalaf
al-Muradi,
“Il Libro
dei segreti”.
Immagine
per gentile
concessione
di Leonardo 3.*



Al-Jazari,
Al-Jazira,
1136-1206 d.C.

*L'orologio
elefante di Al-
Jazari, in una
ricostruzione di
1001 Inventions
e in una delle
pagine del "Libro
sulla conoscenza
degli artifici
meccanici", 1315,
calligrafo Abd al-
Latif, Metropoli-
tan Museum of
Art, New York.*

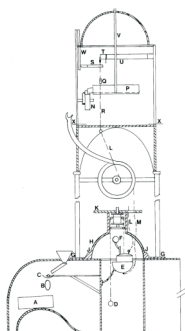


Al-Jazari (1136-1206) ultimo costruttore di automi arabo di quest'epoca, visse nella zona della Jazira, tra il Tigri e l'Eufrate, presumibilmente nella città di Amida, al servizio del sultano Nasir al-Din, re della provincia di Diyar Bakr, della dinastia turcomanna degli Artuqidi, in un periodo di quiete sociale.

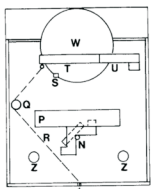
Intorno al 1206 al-Jazari completa la scrittura del *Libro sulla conoscenza degli artifici meccanici*¹⁸, che Donald Hill indica come il «culmine della trattatistica araba sull'argomento»¹⁹. Al-Jazari dichiara apertamente i debiti con le opere dei suoi predecessori Alessandrini e arabi (Archimede per le macchine ad acqua, al-Asturabi per il progetto dell'orologio a candela, i fratelli Banū Mūsā per le fontane, al-Husajn per gli automata musicali) e illustra 49 suoi dispositivi meccanici (dieci orologi ad acqua, dieci recipienti e figure adatte per bere, dieci brocche e bacini per flebotomia e abluzioni prima delle preghiere, dieci fontane che cambiano la loro forma alternativamente e macchine per il moto perpetuo, cinque macchine di raccolta dell'acqua e quattro dispositivi vari (compreso il lucchetto a combinazione primaria) con le istruzioni per costruirli, conquistando per secoli al suo libro una gran fama nel mondo islamico, come dimostra l'esistenza di una decina di copie del manoscritto, magnificamente illustrate, e per questo spesso brutalmente manomesse.

Nel trattato di al-Jazari, che è stato scritto circa duecento anni dopo la stesura del libro di al-Muradi, si ritrovano analoghi congegni idraulici ad orologeria. Non

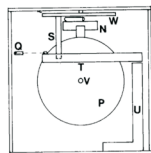




A MAIN ELEVATION (FROM FIG. 17, IN THE NEXT SPOT, SHOWING THE CASTLE'S EXTERIOR VIEW)



C VIEW IN DIRECTION OF ARROW Y (BACK PLATE AND CASTLE REMOVED)



B PLAN INSIDE CASTLE

In alto: illustrazioni dello schema di funzionamento dell' elefante di al-Jazari, nella ricostruzione di Donald R. Hill, "Arabic water clocks", University of Aleppo, Syria, 1981, pag. 114.

solo al-Jazari descrive macchine simili a quelle di al-Muradi, ma alcuni meccanismi, quali l'espulsione delle palline, il loro trasporto tramite tubi, pupazzi e serpenti, e il modo in cui vengono caricate ed espulse, sono gli stessi.

Parte del lavoro di questo straordinario ingegnere è stato quello di perfezionare tecniche precedenti, descrivendo per esempio la tecnica della sabbia verde nelle colate di ottone e rame come una tecnica tradizionale islamica (in Europa inizia nel 1500), l'utilizzo dei modelli in legno e in carta nel design, la calibrazione degli ugelli, la laminazione del legno per ridurre le deformazioni, i regolatori flottanti che scaricano a tempo (brevetto inglese del 1784), gli ingranaggi a denti segmentati. Tra gli strumenti "scoperti" dall'ingegneria europea secoli dopo, troveremo molte delle sue invenzioni, delle sue tecniche costruttive e del riutilizzo di tecniche ancora più antiche. Pulegge, assali e cuscinetti, ruote dentate ad angoli retti, ruote dentate che ingranano un pignone lanterna per ingranare assi paralleli, pignoni e cremagliere, il cricco con becco, sono tutti ingranaggi che hanno una lunga storia: ruote dentate di bronzo sono state trovate in scavi Cinesi dal III secolo a.C. La maggior parte di queste ruote sono usate per usi leggeri come trasferire movimento e non energia, mentre le ruote idrauliche, come le ruote a pale orizzontali o verticali prendono energia dall'acqua e la trasmettono ad altri meccanismi.

Un esempio di meccanismo complesso di al-Jazari, dove vengono utilizzati una varietà di meccanismi, è l'orologio elefante, che sarà descritto in dettaglio più avanti (da pagina 238), dove sono rappresentate le varie culture presenti nell'Islam: l'elefante (India e Africa), il dragone (Cina), la fenice (Egitto), l'idraulica (Grecia), il turbante (Islam).

Il "motore" dell'orologio è nella pancia dell'elefante, che contiene un serbatoio d'acqua con un galleggiante che ha sul fondo un piccolo foro, da cui entra, in mezz'ora, la quantità d'acqua sufficiente per farlo affondare. Nel momento in cui il galleggiante affonda tira con sé una cordicella, collegata a un meccanismo posto in cima alla cupola, nascosto, che libera una biglia metallica. La biglia mette in rotazione la fenice, muove le braccia di un uomo seduto, viene poi presa in bocca alternativamente da uno dei due dragoni e quindi depositata in una delle anfore poste dietro il *mahout*, che muove le braccia, mentre lo scriba alle sue spalle ruota, indicando con una canna i minuti trascorsi. Al termine della sua corsa la pallina incontra un cembalo, segnando così anche acusticamente lo scorrere del tempo.

Orologi ad acqua
con automi
(500-1350 ca.)

Ci sono altri quattro orologi ad acqua che vanno citati anche se, per ragioni di spazio, non è possibile descrivere il meccanismo che li anima: il primo è il "Castello" di al-Jazari, dove i segni zodiacali, il sole e la luna sono in movimento. L'orologio è alto circa tre metri, incluso il disco dello zodiaco, ed è largo poco meno di un metro e mezzo. I dodici segni dello zodiaco sono in alto, su un disco rotante che ne mostra la metà. Sotto di esso vi sono due dischi colorati che rappresentano il sole e la luna, il primo di vetro giallo e il secondo di vetro bianco. È possibile ruotarli, in modo da settarli nella posizione giusta dello zodiaco per qualsiasi giorno. Sotto il disco dello zodiaco c'è una serie di dodici porte, ognuna a due ante, e sotto di essa un'altra serie di dodici porte, ad una singola anta. Sotto queste porte c'è un fregio, da cui si

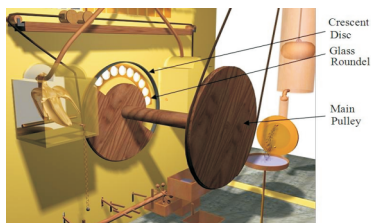
The Castle Water Clock, da al-Jazari's "Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices": Museum of fine arts, Boston. La fonte principale su questo orologio è D. Hill, "Arabic water clocks", op. cit., con una descrizione dettagliata del meccanismo. Una ricostruzione è stata realizzata nel 1976 per lo Science Museum di Londra da D. Hill e altri. Una ricostruzione digitale è stata proposta dal Prof. Salim al-Hassani, Muslim Heritage.



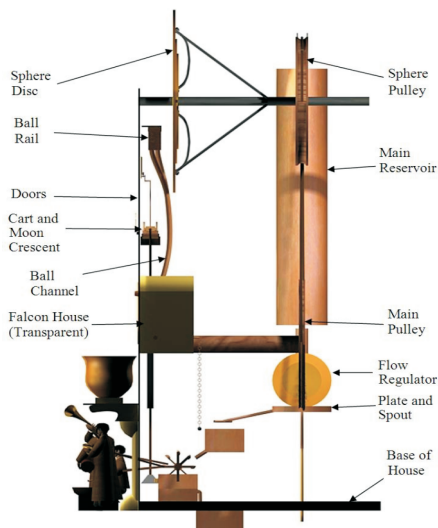


Nel "Castello" di al-Jazari i segni zodiacali, il sole e la luna sono in movimento, il passaggio delle ore è annunciato da due falconi dorati e dall'apertura delle finestre, mentre i musicisti suonano strumenti a fiato e a percussione.

alza verticalmente un'asta, che regge una piccola mezzaluna che si trova al livello della seconda serie di porte. Sotto il fregio, al centro dell'orologio, c'è un semicerchio con dodici dischi di vetro. Ad ogni lato del semicerchio c'è un falcone, in piedi in una nicchia, e sotto ogni nicchia c'è un vaso con un cembalo sospeso al suo interno. Infine, alla base dell'orologio ci sono le figure di cinque musicisti: due trombettieri, due percussionisti e un cembalista. All'inizio del giorno la mezzaluna inizia a muoversi davanti alle porte e, quando è passata un'ora, si trova tra la prima e la seconda porta. A quel punto si apre la porta superiore scoprendo una figura, mentre la porta inferiore ruota cambiando colore e i falconi si sporgono in avanti con le ali spiegate, facendo cadere una sfera metallica nei vasi, per poi tornare nella posizione eretta. All'alba il sole si alza nel suo segno, e il cerchio dello zodiaco gira durante il giorno, fino al calar della notte. Anche la luna è in fase e nella sua posizione corretta nello zodiaco. Alla sesta, nona e dodicesima ora i percussionisti colpiscono i loro strumenti e si sente un suono che viene dai trombettieri. Durante la notte l'operazione è del tutto simile, ad eccezione del fatto che i musicisti suonano soltanto alla sesta e alla dodicesima ora. All'inizio della notte il primo disco di vetro si illumina gradualmente, finché non è pieno di luce, e a quel punto un'ora della notte sarà passata. Ogni ora si illuminerà un disco finché, alla fine della notte, tutti e dodici i dischi saranno illuminati.



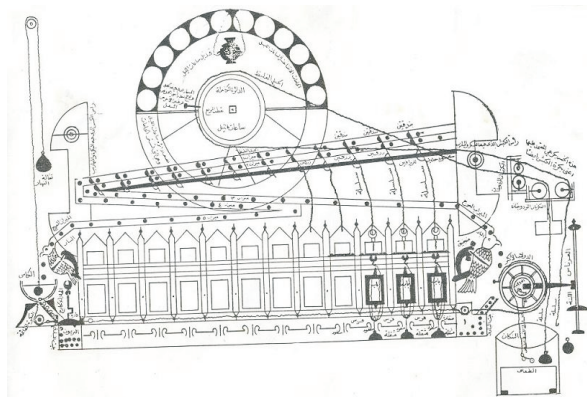
Ricostruzione digitale del meccanismo del Castello di al-Jazari, del Prof. Salim al-Hassani, Muslim Heritage. Sopra: Falconi e ore notturne. A destra: Sezione del meccanismo ad acqua, del cerchio dello zodiaco, dell'indicatore a mezzaluna, della nicchia dei falconi e della ruota dei musicisti.



A destra,
un disegno
dell'orologio
ad acqua di
Damasco, tratto
dal libro "Sulla
costruzione di
orologi e sul loro
uso" di Ridwan al
Sa'ati (1203).

Nella città di Fes è possibile visitare i resti di un grande orologio ad acqua, la "Casa dell'orologio" (dar al-Magana), voluta dal sultano Abu Inan Faris e realizzata nel 1357. I riferimenti del progettista erano il Castello di al-Jazari, dal libro del 1206, e un orologio ad acqua, costruito a Damasco, in Siria, circa duecento anni prima, tra il 1154 e il 1174 (regno di Nur al-Din Zangi) da Muhammad al-Sa'ati, e descritto dal figlio Ridwan nel 1203, nel libro *Sulla costruzione di orologi e sul loro uso*.

In basso,
"La casa
dell'orologio"
di Fes, costruita
nel 1357,
appartenente alla
scuola coranica
Bou Inania.
Anche in questo
orologio sono
presenti dodici
finestre e due
falconi che
scaricano palle
su bacili metallici.



Per i grandi orologi ad acqua c'è un riferimento ancora più antico, di cui riferisce Procopio di Gaza (465 - 528). Nella *Èkphrasis* 6 (le èkphrasis sono descrizioni di dialoghi o di opere d'arte²⁰), descrive gli elementi di un orologio che era montato in una piazza di Gaza, di cui purtroppo non abbiamo immagini o reperti, ma nel quale troviamo, nella descrizione di Procopio, una serie di elementi che abbiamo già incontrato negli orologi precedenti, a volte con piccole variazioni: dodici porte, figure di aquile che stringono tra gli artigli una corona, incoronando un Eracle ogni volta che escono per segnare le ore, statuette di satiri, di Diomede, di Pan.

Questi quattro orologi-automi, che vanno dal 500 circa al 1357, da Gaza a Damasco, da al-Jazira a Fes, e quindi dalla Palestina alla Siria, dalla Mesopotamia al Marocco, ci raccontano come le conoscenze meccaniche greche e arabe siano state trasmesse con costanza nel tempo e nello spazio, a sottolineare l'importanza e la fama di questi manufatti e dei libri che li descrivevano, che andava molto al di là dell'ambito locale o dei confini territoriali. Queste tecniche verranno riprese in occidente, come vedremo tra breve.

Immagine del frontespizio del Castello di al-Jazari, nella ricostruzione digitale del Prof. Salim al-Hassani, Muslim Heritage.



Note:

- 1) Jim al-Khalili, *La casa della saggezza*, Bollati Boringhieri, Torino, 2013.
- 2) Al-Mas'udi, *Muruj al-dhahab wa ma'adin al-jawhar*, § 741, cit. in Dimitri Gutas, *Pensiero greco e cultura araba*, Torino, 2002, p.105.
- 3) Francesca Casule, *La rinascita dell'antico*, in *Eureka! Il genio degli antichi*, catalogo della mostra, Electa, Napoli, 2005. pp. 267-273.
- 4) Hill [LS], p. 250.
- 5) Pier Francesco Zarcone, *Filosofia araba islamica e persiana*, in *Studi interculturali*, 1/2015, Dipartimento di studi umanistici, Università di Trieste.
- 6) Banū Mūsā, *The book of ingenious devices* (Kitāb al-Hiyal), trad. di Donald R. Hill, Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1979. Hill [BM].
- 7) Ibn Khalaf al-Muradi, *Kitab al-Asrar fi nata'ij al-afkar*, Biblioteca Laurenziana, Firenze, 1266 – trad. italiana *Il libro dei segreti risultanti dai pensieri*, Ed. Leonardo 3, Milano, 2008.
- 8) Al-Jazari, *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices: Kitāb fī ma'rifat al-hiyal alhandasiyya*, trad. di Donald R. Hill, Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1974. Hill [BK].
- 9) Hill [BM], p. 23.
- 10) Ahmad Y. al-Hassan e D. R. Hill, *Islamic Technology*, Cambridge Press, Cambridge, 1986, p. 57. Hill [IT].
- 11) Ibidem, p. 69.
- 12) Vernet, J., Casals, R., Villuendas, M.V.; *El capitulo primero del Kitab asrar fi nata'iy al-akfar*. "Awraq", 5-6, 1982-83, pp. 7-17. Reeditado en "De Abd Al-Rahman I a Isabel II". Universidad de Barcelona 1989, p. 319-330.
- 13) Eduard Farré Olivé, *La clepsidra de las gacelas del manuscrito de relojes de al-Muradi*, "Arte y Hora" n.12-8H11, Mar-Apr, pp.10-18.
- 14) Ibn Khalaf al-Muradi, *Il libro dei Segreti risultanti dai pensieri*, a cura di Massimiliano Lisa, Mario Taddei, Edoardo Zanon, Leonardo3, Milano, 2008.
- 15) Leonardo3, op.cit., p. 23
- 16) Hill, [IT], p. 62.
- 17) Hill, [IT], ivi.
- 18) Al-Jazari, *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*. [Hill, BK].
- 19) [Hill, BK].
- 20) H. Diels, *Über die von Prokopios beschriebene Kunstuhr in Gaza*, in *Abhandl. Akad. Berlin, Phil. hist. Kl.*, 1917, 7.