Rellotge d'aigua àrab - rellotge hidràulic

Autor:
Data de publicació: 23-10-2016

L'anomenat rellotge del "castell", a causa d'al-Jazari, segle xii.

Els rellotges hidràulics àrabs són els hereus dels rellotges hidràulics de l'antiguitat grecoromana. Inspirats pels principis i aplicacions descrits, entre d'altres, per Filó de Bizanci (finals del segle iii aC) i Heró d'Alexandria (segle ier de l'era moderna), els seus enginyosos mecanismes seran assumits i perfeccionats en l'època medieval, sovint en forma lúdica, per erudits com els germans Banou Moussa (segle ix) i especialment per Al-Jazari (segle XII i xiii).

Aquests rellotges, de vegades dedicats a personalitats d'alt rang i de vegades públic portats a la porta de les principals mesquites de les grans ciutats, es perpetuaran i acompanyaran la civilització araboismanmanmana durant més de 800 anys (del segle viii al xiv).

El món occidental s'ha apropiat d'algunes de les seves tècniques, probablement introduïdes al voltant de l'any 1000, però aviat elrellotge mecànic les reemplaçarà avantatjosament.

Inspiracions
Les principals fonts són de tradició grega. Entre els autors de referència, podem esmentar Arquimedes, Apol·loni de Perge, Filó de Bizanci (tractat dels Pneumàtics, tractat dels autòmats,tractat de la clepsídra). Tots van viure al segle III aC. Podem afegir Ctesibios,del mateix segle, conegut a través de Vitruvi; Més tard, al segle i, trobarem Heró d'Alexandria (Els Pneumàtics, Els Autòmats)1.

No sembla que hi hagi autors bizantins que poguessin haver influït en els àrabs, però aquest últim podria haver estat conscient d'un rellotge hidràulic monumental situat a Gaza, en els anys 500. Una llarga descripció ens ha arribat a través dels escrits de Procopi,historiador de l'època.

L'edat d'or dels rellotges hidràulics
En la tradició científica àrab2 La part tecnològica de la mecànica s'anomena, seguint els grecs, la "ciència dels processos enginyosos". Consta de tres àrees principals:

l'àmbit civil incloent-hi rellotges, entre altri;
el camp militar;
El camp dels autòmats l'únic propòsit dels quals era distreure.

Entre els àrabs, els rellotges i els autòmats estan íntimament lligats; Per tant, l'estudi dels rellotges s'abordarà sense distinció de classe. Les obres dels Antics sobre rellotges hidràulics han estat traduïdesN 1 i assimilat pels estudiosos àrabs. Les seves aplicacions es van estendre al llarg del període comprès entre el segle ix i el segle xvi corresponent a l'edat d'or de les ciències àrabs:"Els especialistes en mecànica àrab van aplicar les idees dels seus predecessors desenvolupant-les i estenent-les amb innovacions enginyoses. 3 ».

Descripció dels famosos rellotges hidràulics àrabs

Els rellotges hidràulics àrabs són més coneguts pel seu aspecte extern acompanyat pels moviments dels seus diversos autòmats.

El rellotge de Gaza

Datada dels anys 500, és anterior als rellotges àrabs, però no hi ha dubte que un estret vincle connecta aquest rellotge amb les seves hereves.
Procopi ho descriu en detall en el seu Tractat sobre edificis,de manera que Diels va ser capaç de donar-ne una imatge bastant convincent. Ho podrem veure, a través de la descripció4, que les funcions d'ús cobreixen pràcticament totes les que s'utilitzaran en l'època araboismanmanmana.

Es va instal·lar en una plaça pública, en un edifici de 2,7 m d'ample i 6 m d'alçada, el que dóna una visió general de les dimensions que podria tenir el rellotge.

Reconstrucció de la façana del rellotge

a la part superior de l'estructura hi ha un cap gorgònia que gira els ulls cap a la dreta i l'esquerra a l'hora de son;
a sota, una primera fila de dotze obertures quadrades. S'utilitza per indicar les dotze hores de la nit(hores temporals)per una llum especial, movent-se a cada hora;
s'utilitzarà una segona fila de dotze portes de doble fulla per indicar les hores temporals del dia. Aquestes portes amaguen dotze estatuetesd'Hèrcules amb atributs corresponents a les seves dotze obres;
una estàtuad'Hèlios,amb un mapa mundial a les mans, es mou d'hora en hora davant de les dotze portes de les hores del dia;
Per sobre de cada porta espera una àguila, sostenint en les seves urpes una corona de llorers.

Al final de la primera hora del dia, Hèlios apareix davant la porta corresponent que s'obre i deixa avançar l'estatueta d'Hèrcules portant l'emblema de la seva primera victòria, la pell del lleó de Nemea; l'àguila, col·locada per sobre, estén les seves ales i ve a presentar la seva corona de llorers al cap de l'estatueta.
Llavors Hèrcules es va retirar, les portes es van tancar i l'àguila va tancar les seves ales.
L'escenari es va repetir d'hora a hora fins a la posta de sol.

A la part inferior de l'edifici hi ha tres llaunes amb columnes, cadascuna amb una estàtua d'Hèrcules.

Al centre l'estàtua "sona" les hores colpejant un gong amb el seu club. Es coneix el detall de l'anellament: un cop va ser colpejat al final de la primera hora, després dos, tres... Fins a les sis del migdia. El cicle va començar de nou d'una a sis de la tarda. "Per sobre del bastó, una estatueta de Pan va aixecar l'orella a cada anell del gong i, la parella de sàtirs que l'envoltaven es burlaven d'ell fent ganyotes."

Sota el cant de l'esquerra, Hèrcules està representat, suposadament caminant, és coronat per un pastor immòbil; sota el dosser de la dreta, Hèrcules està a punt per treure una fletxa, és coronada per una estatueta de Diomedes anunciant a la seva trompeta la dotzena hora, fi del dia del sol i treball.
Entre les llaunes, retrocedint, dos esclaus corren cap a Hèrcules sonant les hores, un portant el menjar del matí a primera hora, l'altre l'aigua per al bany de la nit a última hora.

Aquesta descripció pictòrica de Procopi no indica cap mecanisme que condueixi el sistema, però ens adonem, a través d'ell, de la gran complexitat d'aquest "meravellós rellotge d'aigua". Segons Diels, aquest rellotge seria la instal·lació de rellotges més antiga acompanyada d'un brunyament mecànic de les hores.

Reproducció d'una impressió antiga a Planchon: l'horologium de Carlemany, rellotge hidràulic

Datat en la dècada del 800, Eginhard,cronista de Carlemany, ho descriu en aquests termes en els seus Annales regni Francorum.5.

"Una màquina que, accionada per la força motriu de l'aigua, marca les hores per un nombre adequat de petites boles de bronze que cauen sobre un tros dellautó; al final de cada hora, un ciclista surt a través d'una de les dotze finestres, inicialment obertes i que després es tanca darrere d'ell".
És una versió molt simplificada i probablement miniaturitzada del rellotge de Gaza. Aquí, la novetat és la indicació sonora de les hores per un nombre adequat de boles que cauen sobre un segell de bronze.
Aquest és el primer rastre, al món occidental, del saber fer rellotgeria àrab.

Intent de representar l'anomenat rellotge d'Arquimedes.

El rellotge de "Arquimedes"
Probablement datat al segle x, el Llibre de la fabricació de rellotges s'atribueix, per tradició, a Arquimedes.
Descripció d'un rellotge hidràulic6.

La part superior de la façana del rellotge presenta el sistema horari amb els seus autòmats.

la indicació horària es realitza sobre dues columnes emmarcant la canya de la façana. Dotze marques defineixen les hores temporals, ja sigui de dia o de nit. Dues estatuetes muntades sobre pedestal i mòbil indiquen verticalment en un costat les hores "ascendents" d'una a dotze; de l'altra, són les hores de "caiguda" les que indiquen el nombre d'hores que queden abans del final del dia o de la nit;
a la part central de la façana es representa un cap gorgònia (pel que fa al rellotge de Gaza) els ulls del qual canvien de color cada hora.7 ;
encara al centre de la façana, però més avall, cada hora, s'emet un senyal sonor per la caiguda d'una bola que un corb cau del seu bec en una tassa de llautó.

La part inferior del rellotge té un panell decoratiu fet d'un arbre estilitzat on els ocells volen8.
A l'hora de l'anellament, dues serps petites s'alequen i rellisquen cap als ocells. Un mecanisme els fa emetre "un petit xiulet clar" 9.

Diversos mecanismes de rellotge són detallats per Donald R. Hill a partir dels manuscrits i les seves il·lustracions.10.

El rellotge de Ridwan a Damasc
Ara desapareguda, estava situada en una de les portes de la Gran Mesquita dels Omeies,porta anomenada "la porta de les hores".
Construït entre 1154 i 1174 per un rellotger, reparat i modificat una mica pel seu fill Ridhwan al-Sa'ati abans de 1203, ha estat objecte de dues reconstruccions modernes a Frankfurt i el Caire.11.

L'obra de Ridwan la descriu d'una manera excepcional -especialment en els seus mecanismes- i, el 1184, un viatger andalús descriu precisament el seu aspecte extern que es pot reinventar:

Muntatge fotogràfic per a prova de restitució del rellotge ridwan.

"A la dreta, quan surts per la porta de Jairoun, es troba a la dreta a la paret del Palau, una galeria que té la forma d'un gran arc d'un cercle. En ella hi ha petits arcs de cercles de coure a l'interior que obren portes el nombre correspon al nombre d'hores del dia. Mitjançant un dispositiu mecànic, es construeixen de tal manera que al final de cada hora, dos pesos cauen del bec de dos falcons. Els falcons estan fets de coure i es troben davant de dos bols de coure que estan un per sobre de l'altre.El primer falcó està per sota de la primera porta, i el segon per sota de l'última. Els dos bolos estan perforats. Quan les dues boles cauen, entren a l'interior de la paret a través d'un canal. Veiem, per un dispositiu meravellós, que els dos falcons estenen el coll amb les boles per sobre dels bols i els llancen davant d'ells. Quan cauen, se sent un soroll. I la porta que correspon a l'època, es tanca immediatament per una fulla de coure. Això torna a passar al final de cada hora, fins que totes les portes estan tancades i han passat les hores. Després l'obra torna al seu estat original (és a dir, com al principi del dia).
Per a la nit hi ha un altre dispositiu: en l'arc per sobre dels petits arcs esmentats, hi ha 12 cercles cisellats en coure. Davant de cada cercle hi ha una finestra a l'interior de la paret de la galeria. Darrere del vidre hi ha una làmpada1 que és portada pel flux d'aigua, en correspondència amb el temps. Quan s'ha acabat l'hora, la llum de la làmpada parpelleja a través del vidre i els seus raigs emanen del cercle col·locat al davant.A continuació, la làmpada es mou a la ubicació d'una altra finestra vidriada, fins que han passat totes les hores de la nit i tots els cercles s'han il·luminat de vermell.
Hi ha un home assignat al manteniment del rellotge que ha de comprovar el bon funcionament del conjunt, i que sap com comprometre el dispositiu obrint les portes i col·locant els pesos al seu lloc...12»13.

Els rellotges d'al-Jazari

Al segle xii, al-Jazari descriu detalladament sis rellotges d'aigua en la seva obra: el Llibre del coneixement de mecanismes enginyosos.N 2 citat més amunt.
Aquests rellotges són un reflex de l'estat de l'art islàmic rellotgeria de l'època. És probable que no tots els models presentats tinguessin una existència efectiva.14. No obstant això, alguns d'ells han estat reconstituïts recentment.

Al-Jazari presenta els seus rellotges hidràulics en el següent ordre15 :

el rellotge del castell;
el rellotge de tambor;
el rellotge del vaixell;
el rellotge de l'elefant;
el rellotge de l'escriba;
El rellotge dels paons.

1 - El rellotge del castell

Inspirat en part pel rellotge d'Arquimedes, Al-Jazari el millora i aporta les seves pròpies innovacions: ho descriu en la seva aparença, operació i mecanismes en més de 24 pàgines en la traducció de Hill.16. Segons els detalls de construcció presentats en el manuscrit - veure la il·lustració del rellotge en la subhasta - el rellotge probablement es va fer, però la seva ubicació no està indicada.

És l'anomenat rellotge astronòmic amb la representació del Sol i la Lluna que recorren en temps real el cel a través dels signes del zodíac; els horaris indicats són les hores temporals del lloc.

L'estructura global fa aproximadament 1,35 m d'ample per 2,25 m d'alçada, als quals cal afegir el semicercle del zodíac de 0,75 m de radi.

Diagrama del rellotge, seguiment.

De dalt a baix trobem:

El disc del zodíac comprèn els dotze signes del zodíac dels quals només sis són visibles per sobre de l'horitzó. Teòricament realitza un torn en 23 h 56 min;
el disc solar daurat, en relació amb el signe del zodíac que li correspon. Recorre el seu semicercle en 12 hores temporals, està emmascarat en la seva carrera nocturna (sota l'horitzó) durant les 12 hores de la nit temporal;
El disc de la Lluna transparent, il·luminat de nit. Una màscara permet visualitzar les seves diferents fases (primer trimestre, lluna plena, etc.). Cada matí, la posició d'aquests tres elements es controlava i ajustava manualment en relació amb el seu ascens a l'horitzó;
Baixar una primera fila de portes de doble fulla que representen les dotze hores temporals del dia. Es van obrir successivament i van deixar aparèixer una estatueta;
per sota d'una segona fila d'obertures en correspondència amb les anteriors. A cada hora un cartell de colors indicava que l'hora havia passat;
un índex que es desplaçava de la sortida del sol a la posta del sol visualitzava el temps temporal efectiu;
Cada hora, dos ocells deixaven caure una bola metàl·lica dels seus becs en un gerro, accionant així címbals per indicar el temps en la distància;
al centre, dotze obertures rodones, disposades en un arc d'un cercle, van aparèixer les hores nocturnes. S'il·luminaven successivament d'hora en hora; Al final de la nit, totes les obertures estaven il·luminades.
a la part inferior, els músics (dues trompetes, dos tambors, un cymbalier) anuncien pels seus instruments les hores 6a, 9a i 12 del dia i de la nit.
2 - El rellotge de tambor
És una versió simplificada del rellotge del castell. Es tracta d'hores temporals, com abans.17.

El rellotge del tambor

De dalt a baix trobem:

Dotze obertures circulars per a hores nocturnes. A primera hora s'il·luminen totes les obertures. S'apaguen gradualment d'hora en hora. Així, els discos il·luminats corresponen al nombre d'hores de nit restants abans de la sortida del sol;

a continuació, dotze ranures que representen les hores del dia;
un personatge movent-se durant tot el dia darrere de la muralla, indica pel seu dit índex de la mà dreta, el temps que és;
un sol falcó central indica el temps de sonada;
a més, cada hora del dia o de la nit, els músics, inclosos diversos tambors, cobden vida i toquen els seus instruments.

3 - El rellotge del vaixell
Es pot considerar en el seu ús com un cronòmetre en moments constants o iguals.

El rellotge del vaixell.

La seva estructura està formada a la base d'un casc de vaixell de bella artesania de llautó. A la coberta hi ha un bastons sota el qual s'assenta un personatge. Té a la mà un llapis que es dirigeix cap a marques que fan com divisions en una safata suposadament circular. Per sobre d'ella s'articula una serp al voltant d'un eix central. El seu cap s'obre sota el cos d'un falcó disposat a la part lateral de la cúpula dominant el dosser.

L'escriba.

A l'inici d'un "timing" l'estilet de l'escriba és oposat a la primera marca. El personatge s'encendrà imperceptiblement i el llapis es mourà davant de les successives marques del tauler. La quinzena i última marca de l'altiplà s'arriba al cap d'una hora.
En aquest moment l'ocell deixa caure una bola de bronze (n'hi ha 15 en total) a la boca de la serp que després es mou lentament sota el pes. Girarà al voltant del seu eix central fins que el seu cap, en la posició baixa, deixi sortir la pilota que colpejarà un címbal i després s'aturarà a la coberta de l'embarcació. El cicle s'ha acabat: el personatge tornarà ràpidament a la seva posició inicial amb el seu llapis que recuperarà el seu origen cap a la primera marca, la serp es redreça i un segon cicle es compromet.
El nombre de cicles possibles és d'un màxim de 15N 3. "Una disminució d'hores en el dia es compensa en la nit i es compensa una disminució d'hores a la nit durant el dia", la qual cosa suggereix que les indicacions es refereixen a la igualtat d'hores anomenades constants en el text traduït. Suposant l'origen de les hores a l'alba, les mateixes hores considerades són per a nosaltres les hores babilòniques. El recompte d'hores dedicades, no especificat, s'havia de determinar a partir del nombre de pilotes situades a la coberta de l'embarcació.18.

4 - El rellotge de l'elefant

El rellotge de l'elefant.

És del mateix tipus que el rellotge de l'embarcació,compta les hores "constants", però és més elaborat.
Trobem aquí els elements del rellotge anterior, millorats i empeltats sobre una estructura "elefant" integrant el motor hidràulic en el seu ventre. Els seus components són l'escriba que indica amb les seves divisions de temps de llapis, així com dues serps (en lloc d'una en la versió de l'embarcació) situades sota dos falcons separats per un operari assegut al balcó del castell.

L'operari assegut al balcó del castell.

Per sobre d'aquest personatge un semicercle ventilador amb 14 obertures circulars permet visualitzar les hores passades. Dos autòmats addicionals, un mahout (o mahout) i un ocell enfilat completen el dispositiu sense afegir res al funcionament del rellotge.

En la posició inicial, a l'alba, l'estilet de l'escriba es troba davant de la primera graduació, la del "zero"; Tots els forats del ventilador de semicercle estan ocults en negre.
Després de mitja hora, l'agulla es troba davant de la graduació 7N 4 : els xiulets i girs d'ocell enfilats, la primera obertura del ventilador es torna mig blanca per significar mitja hora, se suposa que el mahout dóna un cop de destral i mallerenga al cap de l'elefant. La mà dreta de l'operador del balcó allibera el cap del falcó oposat que després pot deixar caure una bola a la boca oberta de la serp situada a dalt. Després de pivotar la serp, la pilota cau en un gerro i serà portada a colpejar un címbal situat al ventre de l'animal. Alliberada del pes de la pilota la serp tornarà a la seva posició original i l'escriba tornarà a la seva posició original.
El cicle tornarà a començar, l'escriba gira i quan el seu llapis arribi davant de la graduació 7 el primer forat del ventilador es torna completament blanc indicant el final de la primera hora. El procés es pot reprendre per atacar la segona hora.
El rellotge pot comptar fins a 14 hores diàries (el dia més llarg de la suposada latitud); en aquest cas tots els forats del ventilador es tornen blancs. Al final de les hores del dia, un mecanisme fa que els forats del ventilador tornin a ser negres per comptar les hores nocturnes i el procés torna a començar fins a les 24 hores.19.

El rellotge de l'escriba.

5 - El rellotge de l'escriba
Al-Jazari va construir aquest rellotge simplificat a petició d'un rei anomenat Salih Abu al-Fath Mahmud. No era tenir cadenes, escates o boles com en rellotges anteriors; d'altra banda aquest instrument havia de ser de disseny bonic, adequat per viatjar o ser utilitzat com a rellotge de taula. Les hores, no ajustables, havien de ser constants. La construcció es basa en el principi de l'escriba assegut que, girant, descriu amb un llapis un disc de temps graduat - com es detalla en els dos rellotges anteriors. El disc horitzontal té 217,5 divisions. Quinze divisions de 4 minuts cadascuna va donar una hora constant. Per tant, el temps de rotació de l'escriba estava previst per a 14 h 30 min per al dia més llarg de l'any a la latitud donada. Després de tornar al punt original, la màquina encara podia funcionar 9 h 30 min per a la nit, per un total de 24 h constants.20.

6 - El rellotge de paó
Al-Jazari indica en el preàmbul que aquest rellotge en temps constants s'havia d'erigir sobre una font amb conca.

A la part inferior, hi ha quatre paons en representació en tres "mi?râb"N 5 » :

a la part inferior, en una bola (no visible) un mascle fa la roda;
a dalt, dos joves oposats semblen mesurar-se l'un a l'altre;
a la part superior, en una pilota, una femella, més elegant que el mascle (sic), té el coll i el bec estirat cap a la recta vertical (per a ella) del seu mi?râb.

A la part superior, un semi-marcatge, com ja s'ha esmentat, amb al voltant de 15 obertures rodones de vidre per indicar les hores.

A l'alba, el paó femella té el bec dirigit, com en la figura, cap a la quantitat correcta del seu mi?râb.
Després, gira lentament sobre la seva pilota, a la seva esquerra, fins que arriba amb el seu bec a l'esquerra dreta. En aquest moment ha passat mitja hora, la meitat de la primera obertura es torna vermella; els dos joves paons es barallen, emetent un fort seu, i el mascle es gira lentament com si estigués desfilant.
Llavors la femella torna al seu origen, el bec cap a la quantitat correcta.
El cicle pot començar de nou fins a la posta de sol: a cada hora recorreguda l'obertura corresponent es torna vermella.
Al final del dia, hi ha tantes obertures vermelles com hores des de la sortida del sol.
A la nit, res canvia en el procés excepte que les obertures de les últimes hores nocturnes estan totes il·luminades fins al final de la nit.
Al-Jazari especifica que el servidor d'aquest dispositiu ha de moure un clau en el mecanisme a la nit i a trenc d'alba, de manera que hi hagi similitud entre la durada del dia i la nit efectius i l'exhibició en el semicercle d'igualtat d'hores; també indica com aquesta màquina es pot adaptar a les hores temporals21.

Els rellotges dels Libros del saber
Escrit al voltant de 1268, el Llibre del Coneixement Astronòmic (Libros del saber)descriu un rellotge d'aigua de tradició antiga i un rellotge de mercuri del tipus clepsydrade tambor.

El rellotge de l'aigua

link=Fitxer:Horloge_hydraulique_du_%22Libros_del_Saber%22.png

El compilador del llibre del coneixement és de l'opinió que la descripció d'aquest rellotge, en les seves fonts, era "molt magra" i que l'adaptava una mica amb els seus coneixements personals... L'edició dels Libros del saber de astronomía,a Madrid, el 1866, inclou un diagrama d'aquesta màquina que va servir de model per a una reproducció realitzada pel Museu d'Història de la Ciència i de la Tècnica de l'Islam de Frankfurt.

El rellotge sembla tenir un tanc superior on el flux està regulat per un compensador de pressió. Alimenta un contenidor inferior per flotar que permet llegir, en suposades escales zodiacals, les hores temporals corresponents.22.

El rellotge de mercuri

El rellotge de mercuri.

És de disseny atípic. El principi del seu funcionament

es desenvolupa a la pàgina de la clepsydra del tambor: succintament, un pes, unit a un cable embolicat al voltant d'un tambor cilíndric orientat, el gira. El moviment està regulat per un dispositiu hidràulic utilitzant mercuri i integrat en el cilindre. El moviment rotacional del tambor es transmet, a través d'un engranatge a un astrolabi que indicarà l'hora. La il·lustració en el llibre del coneixement és un assaig sobre la representació de la perspectiva del sistema; De fet, el tambor i l'astrolabi estan un darrere l'altre.

Alguns autors com Gerhard Dohrn-van Rossum,a La història de l'hora,pensen que aquest tipus de rellotge és un concepte que mai va ser realitzat pels àrabs. No obstant això, el seu principi va donar lloc, diversos segles més tard, a la fabricació de rellotges d'aigua d'aquest tipus (sense astrolabi) principalment a Itàlia i França.
Les reproduccions d'aquest rellotge de mercuri han estat realitzades pel Museu de Frankfurt.23 d'una banda i de Silvio A. Bedini, de l'altra. Aquest últim va seguir el model del llibre de coneixements i va realitzar proves operatives que van resultar inconcluses.24. De fet, el moviment rotacional de la màquina era bastant caòtic i de vegades s'aturava aleatòriament.

Els rellotges de Fes
El rellotge públic
ElRellotge Bouinaniyya de Fes és un rellotge monumental que mesura uns 11 metres d'ample i 12 metres d'alçada.

El rellotge públic.

"Es va construir un mangana amb arcs i gerros de coure davant de la porta de la nova madrassa, carrer mercat del palau de Fes. Per indicar l'expiració d'una hora, una bola metàl·lica va caure en un gerro i es va obrir un dels arcs (és a dir, la porta de l'arc). La seva construcció es va completar al voltant de juny de 1357"25.
A la façana, hi ha 12 portes sota les quals es col·loquen 13 consoles cadascuna que suporta un bol o címbal probablement en bronze. A la part superior es pot veure una alineació de tiges que sobresurt. Cadascun d'ells sosté una bola metàl·lica per un filferro.
Es creu que el rellotge estava dedicat a la indicació d'hores de dia temporals.
El cicle diari podria ser aquest: a l'alba, una bola de bronze va caure en el primer bol. El soroll marcava l'hora zero. Al final de cada hora, es va obrir una porta i una pilota va caure a la copa corresponent. Les hores estaven així indicades fins a la dotzena hora del dia (d'aquí 13 bols) quan les 12 portes estaven per tant obertes. Al final d'aquest període les portes s'havien de tancar i les boles es van elevar a la part superior de la seva forca. El cicle es podria reprendre l'endemà, a l'alba.26.

Article principal: Rellotge Bouinaniyya de Fes.

El rellotge astronòmic
Les fonts d'aquest rellotge són rares i de vegades contradictòries. La descripció següent es basa principalment en una reconstrucció duta a terme pel Museu de Frankfurt.

El rellotge astronòmic.

El rellotge encaixa en un tros cantoner de fusta de cedre pintada. Consta de dos bufets perpendiculars amb una alçada de 2,4 m.

El gran bufet, de 4,3 m d'ample, té en la seva part superior 24 portes amb, per sota de 24 bols de llautó.

El marcatge astronòmic

El petit bufet, perpendicular, d'1,2 m d'ample, rep un dial astronòmic fix amb una aranya d'uns 40 cm de diàmetre. Per sobre i per sota del marcatge es pot veure en el rellotge original dues vegades dotze finestres petites. A l'interior d'aquest armari hi ha el motor hidràulic i part de la transmissió.

És el rellotge d'aigua més antic existent que divideix el dia en 24 hores iguals.
En el gran bufet, cada hora, es tanca una de les portes de fusta, el que dóna una visió general de les hores que han passat. Aquest senyal visual va acompanyat d'un xiulet donat pel cop d'una gran bola que cau en el bol corresponent. El marcatge astronòmic fix presenta una aranya que fa el seu torn en 24 hores. A la perifèria (o fulla) de l'instrument observem graduacions el pas de les quals és de 4 minuts. Cada 4 minuts, per tant, una petita pilota caurà en un dels 24 bols. Això fa que, en total, 360 boles petites i 24 grans que caiguin en els bols esmentats. El marcatge astrolabical era per fer possible la lectura de les hores temporals i possiblement indicar les hores de pregària que s'havien d'indicar als fidels a la part superior del minaret on es trobava el rellotge. Les altres funcions habituals de l'astrolabi van haver de ser explotades com les posicions de temps de les estrelles més importants del cel (incloent-hi el Sol). Les portes per sobre i per sota del dial es poden haver utilitzat per indicar les 12 hores temporals de dia i de nit.27.

Article principal: Rellotge qarawiyyin de Fes.

Mecanismes
Els diferents mecanismes s'integren en una estructura global sempre construïda segons el mateix model. Inclou en primer lloc el motor, per descomptat hidràulic. Garantirà el funcionament dels diferents controladors mitjançant transmissions adaptades a cada tipus de rellotge.

La força motriu
Hi ha diferents solucions de motors hidràulics. El primer és un mecanisme complex adequat per a rellotges grans amb hores temporals i, els següents, són dispositius més senzills que garanteixen el funcionament dels rellotges a parts iguals.

El motor per a hores temporals

Diagrama de motor hidràulic adaptat a hores temporals.

Inclou:

un dipòsit principal: ha de ser de gran capacitat, assegurant un funcionament les 24 hores. Un flotador, d'una forma adaptada per evitar friccions, controla el moviment durant el seu descens; el seu pes ha de ser suficient per impulsar tots els mecanismes dels autòmats. A la sortida baixa, un tub de bronze modelat, amb una vàlvula d'ajust, permetrà que l'aigua flueixi;
Dipòsit de control secundari: aquesta cambra conté un flotador sobre el qual es solda la part masculina d'una vàlvula cònica, la part femenina s'integra en el tub superior. Les dues parts de la vàlvula es van obtenir del mateix model i es van executar juntes per a un segellat òptim. Quan aquest tanc s'alimenta, el seu flotador s'eleva i la vàlvula es tancarà; l'aigua flueix cap avall a través d'una canonada de petita secció, el nivell després cau, la vàlvula s'obre i deixa a través d'un degoteig d'aigua pujant pel flotador.N 6... L'alçada de l'aigua a la cambra és pràcticament fixa, assegura així una pressió i flux constants de sortida;
un sistema de variació de flux adaptat a les hores temporals: la canonada de sortida del dipòsit de control es doblegeix i pot girar al voltant del seu eix; La posició del seu extrem varia l'alçada del flux de sortida - per tant el flux - que per tant es pot adaptar a temps desiguals. En aquest extrem, una àntxia equipada amb un dit índex permet ajustar l'alçada de sortida en un marcatge graduat d'acord amb un calendari zodiacal calibrat; l'afinació del cabal mitjà és proporcionada per un limitador de fluxN 7. L'aigua que flueix a través de l'òrix es pot recuperar en un contenidor que, en alguns casos, es convertirà en un motor secundari28.

La transició de les hores diürnes a les nocturnes es realitza manualment actuant sobre la posició de l'índex de l'òrix; per al mateix dia, les dues posicions són gairebé simètriques en el marcatge del calendari zodiacal.

Motor de l'anomenat rellotge d'Arquimedes (abans de l'any 1000).

Motor de rellotge Ridwan (1203).

Motor de rellotge del castell d'al-Jazari (c. 1206).

Motors per a la mateixa hora

Tres dispositius són descrits per al-Jazari per operar els seus últims quatre rellotges; aquestes solucions estan destinades a treballar sense intervenció durant unes quinze hores. Trobem:

Un sistema de flotadors d'ompliment de temps

S'utilitza en el rellotge de la barca i el de l'elefant.

Motor hidràulic del vaixell d'al-Jazari.

Consisteix en un abeurador ple d'una certa quantitat d'aigua en el qual hi ha un flotador hemisfèric connectat a l'abeurador per un enllaç en tarteres. Aquest flotador rep cap a la seva base un òrix perforat. El seu diàmetre està calibrat de manera que l'aigua que hi entra fa que el flotador flueixi en exactament una hora, temps calibrat amb un rellotge d'aigua calibrat. A aquest flotador s'adjunten tres tipus de cables:

un filferro 1 amb una bola de bronze que assegurarà la transmissió al moviment horari durant el descens del flotador en el seu abeurador;
un altre cable 2 s'estenia cap a l'arribada del flotador a la part inferior de la conca que desencadenarà l'animació horària del rellotge per boles de bronze i, al final, el dispositiu d'elevació;
tres cadenes 3 assenyadament lligades que permetran, durant l'animació, la inclinació, l'ascens i el buidatge del flotador que tornarà a la seva posició inicial d'alta29.

Un sistema de tanc cònic de flux

Diagrama del motor hidràulic de l'escriba d'al-Jazari.

Aquesta és la solució motora utilitzada en el rellotge de l'escriba.

El sistema s'inspira en la clepsidra egípcia i els

rellotges d'aigua de l'antiguitat en forma de dipòsit i en el principi retingut per al flux de líquid: Omplert fins a un cert nivell, l'aigua del dipòsit podrà fluir a la base de l'instrument a través d'un petit orifici de comunicació entre les cambres. Centrada en el tanc superior, una vareta vertical fixa servirà de guia per a un flotador en forma de "nap".
A aquest flotador s'adjunta un filferro estirat que transmetrà, baixant, el moviment al mecanisme d'indicació de temps.

La forma cònica del tanc superior s'aproxima pel seu angle d'obertura d'un perfil per obtenir un cabal constant. La possible diferència entre el cabal efectiu i el cabal constant teòric es fa notar per un rellotge testimonial. Aquesta diferència es té en compte en l'entrada de les graduacions horàries30.

Un sistema de cubs de temps d'inclinació
La font d'alimentació del rellotge de paó es basa en aquest principi;

Principi de conducció del rellotge de paó d'al-Jazari.

El rellotge està situat per sobre d'una font, se suposa que el seu subministrament d'aigua és continu.

Un dipòsit superior, inspirat en antics rellotges hidràulics, es troba a una alçada i un flux constants d'aigua. L'orifici de l'òrix situat a la part inferior està calibrat per omplir la galleda inferior en mitja hora;
la galleda de sota s'inclina. La seva forma de "vaixell" li permet, un cop omplert (després de mitja hora), girar al voltant d'un eix fix i abocar tot el seu líquid a l'abeurador de sota; adequadament equilibrat, després torna a la seva posició horitzontal inicial;
l'abeurador receptor porta la galleda inclinada a través del seu eix que descansa sobre dos coixinets. Després de bolcar l'aigua es distribueix als mecanismes d'animació del rellotge.

La galleda inclinada pot rebre un flotador auxiliar que controlarà altres mecanismes secundaris31.

Mecanismes d'animació
El component motor garantirà el funcionament dels diferents autòmats mitjançant transmissió d'energia motora.
Aquests mecanismes són innombrables, adaptats a cada tipus de rellotge i plc.
Les seves estructures inclouen filferros (cables, cadenes), politges, pesos i contrapesos per assegurar el moviment, però també trobarem rodes amb galledes, engranatges, sectors dentats, pawls; per a alguns músics autòmats, s'utilitzaran acumuladors d'aire, etc.

Aquí hi ha alguns exemples il·lustrats, els primers són elementals, altres són mecanismes globals que forcen el respecte per la seva complexitat.

Mecanismes d'animació simples

1 - Animació dels diferents escribes.

2 - Mecanisme del rellotge de l'escriba.

3 - Roda de cub i engranatge.

4 - Roda de cub i acumulador d'aire.

5 - Conduir per roda de trinquet (trinquet).

Mecanismes complexos

1 - L'anomenat rellotge "Arquimedes".

2 - Moviment de les portes de les hores.

3 - Rellotge Ridwan, set.

Obres
Moltes obres relatives a rellotges i autòmats puntuen aquest període:

Al segle ix,

El Llibre dels Mecanismes Enginyosos,la primera obra àrab de la mecànica, va ser escrit pels tres germans Ban? M?s?. Hi ha la descripció de prop d'un centenar d'aparells mecànics o autòmats.32 ; alguns rellotges de preocupació, com les "vàlvules" que permeten la regulació d'un flux o pressió, un sistema que encara es trobava fa uns anys en els carburadors dels cotxes de gasolina;
Es diu que el famós Al-Khwârizmî,conegut com a matemàtic,va publicar tres escrits sobre rellotges: un mecanisme per determinar hores iguals i desiguals, una "clepsídra anomenada còdol" i un rellotge de rodes.33 ;

Al segle x,

a Les claus de la ciència,una obra enciclopèdiques, al-Balkh? dedica un capítol a instruments que operen amb aigua; una mica més tard, Alhazen també conegut com Al Haytham, un gran científic de l'època especialitzat en òptica, va concebre -una obra marginal- una "clepsídra".33 ;
El Llibre de la Fabricació de Rellotges és una obra convencionalment atribuïda a Arquimedes. Es tracta d'un tractat existent només en àrab - conegut a partir de manuscrits incomplets conservats a París, Londres, Oxford i Istanbul - al qual Ibn Al-Nadim,Ridwan es refereix34 Al-Jazari. Encara que s'atribueix a Arquimedes, sembla ser un compendi

d'idees gregues, iranianes, bizantines i islàmiques. El biobibliografista al-Nadim (m. 995 o 998), el primer, el cita en la seva obra al-Fihrist (El catàleg)35. Aquest manuscrit encara està traduït a l'Orient Mitjà en un període tardà, entre els segles xviixvii. Hi ha mecanismes que sovint posen en moviment figures humanes i animals, afegint al propòsit principal de l'instrument una dimensió lúdica.36 ;

al segle xi, el Llibre dels Secrets... d'al-Muradi només es coneix per una còpia parcial feta a Toledo durant el regnat d'AlfonsX el Savi (1252-1284). Aquesta còpia només es va trobar al segle xx. "Hi ha trenta-un mecanismes d'interès per a la clepsidra, rellotges i autòmats lúdics que implementen sistemes d'engranatges complexos; Entre ells, dinou models de rellotges [incloent-hi un amb mercuri33] es descriuen en ell. Un d'ells anuncia les hores amb llums que s'il·luminen automàticament, un altre té miralls que il·luminen successivament al final de cada hora37. » ;
al segle xii, hi ha una professió especialitzada en la realització i manteniment de rellotges38. Tres obres d'aquest període han sobreviscut:

El llibre sobre l'equilibri de la saviesa és un tractat d'Al-Khazini publicat a principis de segle. Un dels seus capítols està dedicat als rellotges d'aigua. Un d'ells, original es diu "clepsydra universal"; treballava dia i nit i donava l'hora al minut gràcies a un sistema d'escala amb braços desiguals.39 - 33. La seva descripció sembla haver estat presa un temps més tard per Al-Jazari. ;
Llibre sobre la construcció dels rellotges i el seu ús escrit per Ridwan B. al-Sa'ati,fill d'un rellotger. El seu tractat (1203) descriu detalladament les reparacions que va fer al monumental rellotge hidràulic construït pel seu pare entre 1154 i 1174 a Damasc.40 ;
El llibre del coneixement dels enginyosos mecanismes d'al-Jazari (1206). És el tractat més notable publicat abans del Renaixement.41. Va descriure en detall sis rellotges d'aigua i, per a informació, quatre rellotges d'espelmes.42 ;

al segle xiii, el Llibre del Coneixement Astronòmic (Libros del saber)escrit a petició del rei Alfons X de Castella esmenta d'una banda un rellotge tradicional (tipus rellotge hidràulic antic)amb dos dipòsits i indicador de temps flotant"33, i d'altra banda, un rellotge o clepsídra de tambor el fluid regulador del qual és el mercuri43 ;
al segle xvi, gairebé 400 anys després d'al-Jazari, un dels últims representants d'aquesta tradició rellotgera, Taqi al-Din publica dues obres que contenen descripcions de rellotges. El primer, El llibre dels processos nobles sobre instruments meravellosos,presenta rellotges de sorra i clepsídra (o rellotges hidràulics?); El segon, Planetes preciosos per a la construcció de rellotges,sembla estar dedicat als rellotges mecànics.44.

Testimonis
A part de les obres que ens han arribat, hi ha testimonis sobre rellotges que van funcionar a Bagdad, Andalusia, Sicília i el Magrib:

L'any 806, Carlemany va ser ofert un prestigiós horologi per un ambaixador del califa abbàssida de Bagdad, Haroun ar-Rashid. Es tracta d'un rellotge hidràulic conegut a través de la descripció que en va fer el cronista de Carlemany, Eginhard5 ;
Al segle xi, al voltant de 1080, a Toledo, Al-Zarqâlî (conegut com a Azarchel en francès), va construir dos rellotges d'aigua gegants a la vora del Tajo. Encara funcionaven el 1133.45 ;
Al segle xii, més precisament el 1142, el rei normand del Regne de Sicília, Roger II,és el "successor" dels àrab-musulmans que van dominar l'illa des del segle ix aC fins al segle xi. Tenia un rellotge d'aigua instal·lat al seu palau de Palerm. Aquest rellotge es coneix a través d'una estela escrita en llatí, grec i àrab.46.

Estela trilingüe sobre el rellotge hidràulic del rei Roger II.

al segle xiv, la ciutat de Fes,al Marroc,s'enorgulleix de tenir dos rellotges47 :

el primer és un rellotge públic, construït el 1357 i obra d'Ibn al-Fahhâm. Es troba a la madrassa Bou Inânia; les seves restes encara són visibles avui dia; el 2018, s'està restaurant la seva façana;
El segon, és un rellotge astronòmic l'última versió del qual va ser construïda entre 1361 i 1362 per Abd al-Rahman al-Lajâ'i, estudiant d'Ibn al-Bann, també conegut com a Aboul-Hhassan. Es troba a la mesquita de Qarawiyin; també hi ha alguns vestigis i s'ha dut a terme una reconstrucció en els últims anys a Frankfurt.

Reproduccions actuals
Els rellotges hidràulics musulmans són objecte de reconstruccions CAD, animacions i rèpliques més o menys fidels. Diversos llocs, citats en enllaços externs,presenten aquestes diferents reproduccions.

Notes i referències
Notes

? Algunes d'aquestes obres ens han arribat exclusivament a través de les seves traduccions a l'àrab.
? És un treball amb calaixos, no sempre fàcil d'entendre...
? 15 ha de correspondre al nombre d'hores del dia més llarg de l'any; després d'una possible intervenció humana al capvespre per a una restauració a l'estat inicial, es poden comptar les hores nocturnes.
? Així, cada interval entre dues paparres correspon a 15 ° d'una hora o 5 min.
? Terme no traduït per Donald R. Hills.
? Aquest procés cíclic és en cert sentit una subjugació.
? Vegeu les il·lustracions a la pàgina Rellotge hidràulic antic#El rellotge de Ctesibios (segle III aC)

Referències

? Ahmed Djebbar 2005, p. 213.
? Aquesta secció es deu principalment a Ahmed Djebbar 2005, p. 213-219.
? Ahmed Djebbar, L'Âge d'or des sciences arabes, París, Le Pommier, coll. « Le collège de la cité », 2005, 187 p. (ISBN 2-7465-0258-5), p. 146 .
? Vegeu entre d'altres Charles-Henri Eyraud 2004, p. 50-52.
? Revenir plus haut en :Ha i b Charles-Henri Eyraud 2004, p. 52.
? Vegeu la pàgina dedicada del Museu Kotsanas [arxiu].
? Vegeu façana del rellotge, imatge 1. [arxiu]
? Vegeu el panell decoratiu: imatge 3. [arxiu]
? (de) E. Wiedemann-F. Hauser, Die Uhr des Archimedes, ?, Nova acta, 1918 .
? D. R. Hill 1981, p. 15-34.
Reconstruccions modernes del rellotge de Damasc. [arxiu]
? Charles-Henri Eyraud 2004, p. 60-62.
? En construcció vegeu D. R. Hill 1981, p. 69-88.
Vegeu l'opinió del BnF. [arxiu]
? Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill 1974.
? Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill 1974, p. 18 et follows.
? Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill 1974, p. 42 et ceded.
? Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill 1974, p. 51 ; p. 57.
? Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill 1974, p. 58-59.
? Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill 1974, p. 71-72.
? Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill 1974, p. 75-76, 81-82.
? Vegeu l'article sobre els rellotges del Museu de Frankfurt, p. 109. [arxiu] ; vegeu també D. R. Hill 1981, pp. 126-130 per a explicacions detallades.
? Vegeu l'article sobre rellotges al Museu de Frankfurt, p. 110. [arxiu]
? Silvio A. Bedini, La clepsídra cilíndrica compartimentada, vol. 3-2, Primavera, coll. « Technologie i cultura », 1962 (llegir en línia [arxiu]).
? (ar) Abu'l-Hasan Ali al-Jazna'i al-Fasi, Kitab jannat al-à fi bina 'madinat fas : soit : Història de la ciutat de Fes, xivE segle .
? Vegeu la pàgina "El viatge de les màquines automàtiques en la civilització musulmana" i la seva traducció; enllaç: THE BOU 'INANIYA MADRASA CLOCK [arxiu]

? En els rellotges de Fes, vegeu D. R. Hill 1981, p. 123-124; en el rellotge astronòmic, vegeu la pàgina "El viatge de les màquines automàtiques en la civilització musulmana" i la seva traducció; enllaç: 5. El rellotge d'Al-Qarawiyyin [arxiu]; vegeu especialment el capítol "rellotges" del Museu de Frankfurt, p. 106-107. [arxiu]
? Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill 1974, p. 20-25 ; 44, 50 ; 81-82.
? Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill 1974, p. 54-57, seccions 3 i 6.
? Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill 1974, p. 71-73.
? Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill 1974, p. 76,77.
? Ahmed Djebbar 2005, p. 219.
? Revenir plus haut en :Ha b c d i e Ahmed Djebbar, La civilization arabo-musulmane au miroir de l'universel : L'eau au service de la mesure du temps, Paris, UNESCO, 2010 (ISBN 978-92-3-204180-7, lire en ligne [archive], p. 303 .
? Ridhwan al-Sa'ati: una visió biogràfica. [arxiu]
? D. R. Hill 1981, p. 15-35.
? Ahmed Djebbar 2005, p. 237.
? Ahmed Djebbar 2005, p. 215-216.
? D. R. Hill 1981, p. 69-88.
? Ahmed Djebbar 2005, p. 216.
? Vegeu entre d'altres D. R. Hill 1981.
? Ahmed Djebbar 2005, p. 307.
? El Llibre del Coneixement traduït i anotat per. Hill, Donald R. [arxiu]
? Charles-Henri Eyraud 2004, pàg. 71-72.
? Al-Hassan, Taqi al-Din i enginyeria mecànica àrab,Alep, 1976.
? Charles-Henri Eyraud 2004, pàg.
? Charles-Henri Eyraud 2004, pàg.
? Ahmed Djebbar 2005, p. 216-217 ; Charles-Henri Eyraud 2004, p. 65.

Annexos
Bibliografia

Ahmed Djebbar, L'Âge d'or des sciences arabes : La mécanique arabe, París, Actes Sud, 2005 (ISBN 2-7427-5672-8). .
D. R. Hill, Àrab Rellotges d'Aigua,Alep, Síria, Universitat, Institut d'Història de la Ciència Àrab, 1981. .
Charles-Henri Eyraud, Horloges astronomiques au tournant du xviiie siècle, Lyon, Université Lumière Lyon-2, coll. « thèse de doctorat d'histoire de l'Université de Lyon », 2004 (lire en ligne [archive]), chapitre III. .
Al-Jazari traduït i comentat per D. R. Hill, The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices : (Kit?b f? ma 'rifat al-?iyal al-handasiyya), Dordrecht-Holland / Boston-U.S.A., D. Reidel Publishing Company, 1974, 311 p. (ISBN 978-94-010-2575-1, llegit en línia [arxiu]) . .

Articles relacionats

Rellotge hidràulic ;
Rellotge hidràulic antic ;
Rellotge hidràulic xinès.

Enllaços externs

En altres projectes de Wikimedia:

Rellotge hidràulic àrab,a Wikimedia Commons

Enfocament general

Índex sanjakdar-chaarani.com/science-arabo-islamique [arxiu], feu clic a "ciència-àrab-islàmica".
Màquines automàtiques de la civilització musulmana. [arxiu]
Aigua al servei de la mesura del temps, text truncat. [arxiu]
Museu d'Història de la Ciència i de la Tècnica a l'Islam d'Istanbul, vegeu publicacions: capítol 4, rellotges. [arxiu]

Els primers rellotges

Rellotge Carlemany, descripció, vistes CAD. [arxiu]
Rellotge d'Arquimedes (vegeu pp. 94, 95), model a escala, textos antics. [arxiu]
Rellotge de Ridwan a Damasc, descripció, rèpliques. [arxiu] ; Col·lecció del Museu d'Istanbul (p. 98-99), maqueta a escala, vista del mecanisme, gravats antics. [arxiu] ;

Els rellotges d'al-Jazari

Rellotge del castell, descripció, vistes CAD, mecanismes. [arxiu]
Rellotge de vaixell, imatge CAD. [arxiu]
Rellotge elefant, § 7, reproducció, vídeo. [arxiu] ; "Rellotges" (pp. 100-102), una altra reproducció, gravat. [arxiu]
Rellotge d'escribe, imatge CAD. [arxiu] ; "Rellotges" (p. 103-105), reproducció, gravat antic, mecanisme per a hores temporals. [arxiu]
Rellotges d'elefants i escribes: vídeos. [arxiu]

Rellotges posteriors

Rellotges dels Libros del saber (p. 108-111), maquetes, il·lustracions antigues. [arxiu]
Rellotge públic de Fes, text sense imatges. [arxiu] ;
Rellotge públic de Fes, imatges, vistes 3D del mecanisme potencial. [arxiu]
Rellotge astronòmic de Fes, "rellotges" (p. 106, 107), rèplica, diagrama del mecanisme. [arxiu]