



Anche il tempo ha una sua storia

Acqua che scorre, ruota che gira, essenza della materia.

di Francesca Ronzio

L'esigenza di misurare il tempo, di riuscire a scandire con precisione l'ineffabile scorrere dei secondi è radicata nell'uomo tanto quanto il desiderio di aggregazione, di comunicazione o di conoscenza. Sin dalle epoche primitive apparve chiaro come fosse di importanza fondamentale, perfino vitale, essere in grado di seguire il susseguirsi dei cicli giornalieri e stagionali: non a caso, infatti, i primi strumenti di misurazione si basavano, naturalmente, sul movimento del sole. Il sole, infatti, con il suo movimento lungo la volta celeste, dava sempre indicazioni attendibili sulla giornata che stava trascorrendo, su quanto tempo rimanesse prima del calare delle tenebre: il modo più immediato per sfruttare tale proprietà era quello di considerare l'ombra che ciascun oggetto genera una volta che viene colpito dalla luce del sole e che si muove seguendo proprio il movimento del sole. I primi orologi della storia, infatti, furono le meridiane: questo tipo di strumento diventava totalmente inutilizzabile di notte o in caso di cielo nuvoloso e, pertanto, non era considerato completamente soddisfacente.

Diverso era il principio alla base del funzionamento delle clessidre: queste, infatti, sfruttano il principio secondo il quale quantità uguali di liquido (acqua), o di solido molto fine (sabbia), impiegano lo stesso tempo ad attraversare un orifizio di ridotte dimensioni. Anche questo strumento, però, presentava delle imprecisioni notevoli in quanto era possibile effettuare la misura solo di un determinato lasso di tempo (ad esempio 1 ora) e non parti di questo intero (ad esempio 30 minuti): era infatti la durata dell'intero processo di passaggio della sostanza presente nella clessidra a essere costante e non la velocità di passaggio. In effetti, tale inconveniente è presente anche nei moderni orologi, ma mentre in questi l'intervallo minimo misurabile è dell'ordine del centesimo di secondo, nelle clessidre tale intervallo è piuttosto grande, dell'ordine del minuto o più, con conseguenti insopportabili perdite di tempo!

La percezione del tempo come flusso attraverso una superficie o come ciclo era alla base degli strumenti di misurazione illustrati finora: questo non deve meravi-

gliare in quanto l'esperienza dell'acqua o della sabbia che scorre, di una candela che si consuma o del ciclo degli astri era di dominio comune: il vero salto di qualità fu riuscire a superare il concetto di tempo visto come "acqua che scorre" o "ruota che gira", ma di concepire sistemi di misura del tempo basati su fenomeni oscillatori. Un netto e sostanziale miglioramento nelle tecniche di misurazione si ebbe solo quando l'evoluzione della tecnica e delle tecnologie furono tali da consentire la costruzione di orologi meccanici. Le prime notizie di tali congegni si hanno nel 1276-1277: nel *Libros del saber de Astronomia* Alfonso X di Castiglia, detto "Il Saggio", fa il primo accenno a un orologio meccanico che per il suo funzionamento sfruttava un moto rotatorio continuo e regolare. Il sistema descritto, in realtà, trovava collocazione all'interno di un più complesso astrolabio: il meccanismo si basava su un flusso, viscoso, di mercurio che era in grado di regolare il movimento di una ruota motrice che a sua volta faceva girare un astrolabio in cui erano segnate le posizioni delle stelle.

Misure più precise del tempo si ebbero con l'utilizzazione di congegni meccanici che si basavano su movimenti meccanici ciclici, ovvero movimenti che si ripetono sempre uguali dopo un determinato intervallo di tempo, chiamato periodo e generalmente indicato con T tale che $f(t+T) = f(t)$.

Tutti i meccanismi presenti in un orologio di questo tipo sono, generalmente, divisibili in tre sottosistemi in base alla loro funzione: il sistema del tempo, il sistema della suoneria e il sistema di controllo.

Senza voler scendere troppo nel dettaglio è bene ricordare quali siano le parti essenziali di questi congegni: sarà presente un motore, un organo che oscilli di moto regolare, un organo per la trasformazione del moto da oscillatorio a rotatorio intermittente (chiamato scappamento), organi per le trasmissioni dentate (essenzialmente ruote delle più diverse dimensioni e con vari rapporti di trasmissione) e, infine, organi indicatori (generalmente chiamati sfere). Uno dei primi esempi di questo tipo di meccanismo è l'orologio di Salisbury, che risale al 1386: tale orologio, inserito all'interno di una torre medievale, fu costruito per scandire il susseguirsi del giorno e della notte segnalando il trascorrere di ogni singola ora: a differenza degli

orologi che siamo soliti consultare non vi era né quadrante esterno, né interno.

È da ricordare che parallelamente a questo filone erano più o meno diffuse altre metodologie tecnologiche per la realizzazione di strumenti in grado di misurare il trascorrere del tempo: l'orologio ad acqua e lo svegliarino monastico. Gli innumerevoli contributi al sapere del mondo arabo, la passione bizantina per gli automi meccanici, le conoscenze siriane e persiane: tutto questo, ma non solo, era stato in grado di produrre dispositivi di elevato livello tecnologico: nel *Libro della conoscenza di dispositivi meccanici ingegnosi* di al-Jazari, del 1204-1206, ma anche in altri testi, si legge di come gli scienziati arabi fossero stati in grado di utilizzare la forza motrice dell'acqua al fine di ottenere meccanismi in cui un flusso regolare di liquido produceva un moto circolare regolare che veniva poi trasformato in moto alternato attraverso complessi sistemi tuttora studiati nei corsi più avanzati di meccanica applicata alle macchine. I problemi che si riscontravano con questo tipo di dispositivo erano essenzialmente dovuti alla purezza dell'acqua e al punto di congelamento dell'acqua. Diverso il discorso per quanto riguarda



A destra: Huygens fu il primo, nel 1657, a impiegare il principio del pendolo nella costruzione di un orologio meccanico. In basso: una clessidra. Nella pagina precedente: la meridiana è stata probabilmente il primo strumento usato dall'uomo per misurare lo scorrere del tempo.

lo svegliarino monastico: la regola benedettina prevedeva – e prevede ancora oggi – una vita vissuta all'insegna del *ora et labora*: era quindi necessario un meccanismo che fosse in grado di misurare con una considerevole precisione il trascorrere del tempo, soprattutto quando le avverse condizioni meteorologiche non consentivano l'uso di altri strumenti basati sui fenomeni naturali.

Negli esempi che ci sono pervenuti di questi svegliarini benedettini vediamo come la trasmissione del moto fosse realizzata mediante una ruota corona e pignone a lanterna che facevano ruotare l'albero e il cerchio della suoneria con otto campane, secondo un meccanismo molto simile a quello ancora oggi utilizzato all'interno dei *carillon*.

La storia della tecnica dell'orologio è la storia del miglioramento di tutti i sistemi illustrati, essendo il principio di funzionamento rimasto identico per quasi mezzo millennio, fino a quando l'intervento rivoluzionario di Huygens. La costruzione di un orologio meccanico in cui si utilizzava il pendolo quale regolatore fu concepito per la prima volta proprio dallo studioso olandese (1657). Ad essere precisi era stato Galileo, più di un secolo prima, a scoprire due importanti principi sulle oscillazioni di un pendolo: innanzitutto il fatto che il periodo di oscillazione di un pendolo è indipendente dalla massa e dalla sostanza del corpo oscillante, ma varia solo in funzione della lunghezza del filo che lo sostiene e il secondo, ovvero la legge sull'isocronismo delle piccole oscillazioni, secondo la quale le oscillazioni di un pendolo minori di un angolo di 10° sono isocrone, ovvero hanno uguale durata. Altre importanti novità nel campo dell'orologeria attribuibili



a Huygens furono il peso di mantenimento (congegno che mantiene la forza del meccanismo mentre si ricarica il peso o la molla principale) e il bilanciere a molla (che permise di ottenere una notevole riduzione degli ingombri).

La storia degli orologi procede, poi, seguendo un'evoluzione parallela a quella delle tecniche e delle tecnologie: oggi esistono orologi che utilizzano la corrente elettrica attraverso l'introduzione nel meccanismo di un motore sincrono che permette di ottenere estrema semplicità costruttiva, ottima precisione dovuta all'assenza di organi in movimento oscillatorio e soprattutto silenziosità. Dato che la frequenza della corrente elettrica di alimentazione, ovvero quella caratteristica della bassa tensione (50 Hz in Europa, 60 Hz negli Stati Uniti) non è perfettamente costante, la precisione non può essere assoluta.

Orologi più precisi vengono alimentati da corrente alternata generata da un oscillatore a quarzo ma, per ottenere precisioni ancora più elevate, bisogna utilizzare la frequenza naturale delle oscillazioni di atomi o di molecole eccitate: bisogna, cioè, guardare all'essenza della materia. ■