

# Breve introduzione storica alle prime unità di misura

Paolo Agnoli <sup>1</sup>

Ottobre 2006

©2006 Paolo Agnoli. Tutti i diritti riservati.  
E' vietato riprodurre il contenuto di questo documento senza autorizzazione.

---

<sup>1</sup> Dottore in fisica e in filosofia. Dopo una prima esperienza di ricerca in ambito pubblico da anni opera in settori R&D privati. Attualmente è dirigente della Elecom s.c.s.l. di Roma, e collabora altresì con il prof. Giulio D'Agostini dell'Università La Sapienza per una ricerca sulla storia del sistema metrico ed il prof. Gian Carlo Mancini dell'Università di Tor Vergata per studi relativi all'analisi di dati statistici a supporto di decisioni in ambito medico

## SOMMARIO

1 Introduzione.....	3
2 Da unità antropomorfe a unità prese dalla natura.....	4
2.1 Il numero come misura .....	5
2.2 Il cubito e i primi campioni.....	6
2.3 Sulle misure di capacità.....	8
2.4 Gli Ebrei.....	10
2.5 I Greci, i Romani e il piede.....	11
2.6 La cultura anglosassone.....	13
2.7 L'esigenza di un sistema di misura universale.....	15
2.8 Sulla genesi del sistema metrico.....	16
3 Il computo del tempo nel passato.....	19
3.1 Il sistema sessagesimale.....	20
3.2 Il calendario.....	21
3.3 La strumentazione iniziale.....	23
3.4 I primi orologi meccanici.....	24
Bibliografia.....	26

## 1 Introduzione

*In tema di pesi e misure, il punto di partenza è dato dallo stesso dilemma a cui i legislatori Solone e Licurgo fornirono risposte opposte: sono i cittadini che devono conformarsi alle leggi, o sono le leggi che vanno modellate sui cittadini?*  
Thomas Jefferson

Quando oggi compriamo una quantità di un certo prodotto al mercato o effettuiamo una qualsiasi altra operazione di natura simile, diamo naturalmente per scontato che la stessa bilancia sia utilizzata dal compratore e dal venditore. Nelle prime civiltà umane tale fede sarebbe stata del tutto malriposta. Esistevano infatti grandi variazioni nelle misure e nei pesi usati in posti diversi e spesso, in tempi diversi, in quelli usati da differenti individui nella stessa località.

La transizione da questa situazione caotica alla presente (virtuale) uniformità di pesi e misure è stata resa possibile dalla precisa definizione di unità di misura condivise e dalla realizzazione di accurati campioni nazionali ed internazionali. La fiducia che nei nostri tempi riponiamo nella correttezza di una transazione commerciale è in larga parte dovuta a queste unità ed a questi campioni. Questa condizione non è stata raggiunta da un giorno all'altro, e neppure in poche decine di anni. E' il risultato di un lunghissimo periodo di evoluzione graduale basata sugli sforzi di studiosi che più di altri hanno riconosciuto il bisogno crescente di accuratezza nel campo delle misure.

L'analisi di questi sviluppi ha un considerevole valore storico di carattere sociale, economico ed ovviamente scientifico.

Come noto un evento di svolta nella storia della metrologia è stato rappresentato dall'avvento del *sistema metrico decimale*. La definizione originaria di *metro* risale ad una risoluzione effettuata dall'Assemblea Nazionale francese alla fine del XVIII secolo, in piena Rivoluzione. Il metro fu allora fissato, su proposta dell'Accademia delle Scienze, come la decimilionesima parte della lunghezza di un quadrante di meridiano terrestre. Come unità di tempo, il *secondo*, si scelse, solo qualche anno più tardi, una antica definizione (risalente al medioevo), la 86400-esima parte del giorno solare medio.

Le definizioni originarie di secondo e metro potrebbero però essere in qualche modo fra loro collegate. Esiste infatti una singolare coincidenza tra metro e secondo: se si considera un pendolo semplice lungo un metro, si può verificare che questo batte il secondo, ossia che ogni oscillazione dura approssimativamente quanto l'unità di tempo. Si tratta di una coincidenza sorprendente (che non ha nessuna giustificazione fisica), se si considera che, almeno ufficialmente, le definizioni iniziali delle due unità erano appunto assolutamente indipendenti.

In collaborazione con il prof. Giulio D'Agostini ho analizzato a lungo tutta la documentazione relativa alla scelta effettuata dalla commissione dell'Accademia delle Scienze francese, che il 19 marzo 1791 presentò la sua proposta di riferire l'unità di lunghezza alla lunghezza del meridiano, decisione accettata dall'Assemblea Nazionale il 26 dello stesso mese. Ne abbiamo tratto il sospetto che gli accademici francesi abbiano preferito quella frazione del meridiano terrestre il cui sottomultiplo decimale approssimasse al meglio la lunghezza del pendolo del secondo, anche se questo fatto non è mai riscontrabile in documenti scritti. Qui non analizzerò oltre questo tema storico, per il quale rimando senz'altro all'articolo presente in rete all'indirizzo <http://arxiv.org/physics/0412078>. In questo documento invece mi limiterò ad alcune riflessioni di carattere storico ed introduttivo sullo sviluppo e proliferazione dei pesi e misure dall'antichità alle soglie dell'era moderna (cap. 2), quindi prima della creazione del sistema metrico, con uno specifico approfondimento poi su come veniva misurato il tempo nell'antichità (cap.3). Completa il lavoro la bibliografia dei testi o articoli citati.

Come spesso mette in luce il fisico e critico della scienza Marcello Cini nei suoi scritti, ogni volta che in una disciplina scientifica – e la metrologia certo non fa eccezione – si giunge ad un punto di svolta, ci si trova di fronte alla necessità di scegliere tra diverse opzioni ( che si sono sviluppate in

base a vari fattori, quali, ad esempio, le tematiche da affrontare, le possibili prospettive di successo e le differenti esigenze pratiche e concettuali)<sup>2</sup>. La scelta a cui si arriva è il risultato di una lunga contrattazione nella quale svolgono un ruolo importante la capacità di persuasione degli studiosi, i loro rapporti di forza, l'analisi dei vantaggi che da tale scelta possono scaturire, la volontà di essere in continuità con la tradizione della disciplina stessa o di interrompere quella stessa continuità a favore delle esigenze e delle tendenze storiche ovvero culturali, filosofiche, sociali, politiche ed economiche della loro società e del loro tempo. Ciò porta a sottolineare che non esiste una scienza "fuori dal mondo" (la nascita del sistema metrico è davvero un caso esemplare al riguardo) e che

la storia della scienza non è altro che un aspetto particolare della storia umana, e, di conseguenza, che la comprensione della successione delle sue tappe salienti implica per ognuna di esse una ricostruzione dei sentieri abbandonati, delle alternative contrapposte, delle forze e degli interessi in gioco, delle ragioni che hanno fatto prevalere una scelta rispetto alle altre possibili e, soprattutto, dei "vantaggi" che la scelta vincente presentava per la successiva affermazione nel contesto sociale e culturale di vedere il mondo che esso implicava. (Cini, 1994, 45)

Il fatto che un evento si sia verificato non implica cioè che esso doveva necessariamente verificarsi, anche se, una volta che le cose sono andate in un certo modo, non si può più tornare indietro.

E' indubbiamente vero che Napoleone è stato sconfitto a Waterloo, ma questa sconfitta non era ineluttabile: è lecito domandarsi perché le cose non sono andate diversamente. (ivi, 10)

Le misure sono sicuramente una delle pratiche sociali più antiche dell'umanità, ma anche una delle sue conquiste scientifiche e tecnologiche più avanzate: la storia delle unità di misura, l'analisi della loro affermazione in tempi e luoghi diversi e lo studio dello sviluppo delle loro definizioni sono senza dubbio la migliore conferma di questa affermazione.

## 2 Da unità antropomorfe a unità prese dalla natura

*Il mondo era ritagliato a misura d'uomo [...] Ella stava al centro della creazione e la filtrava attraverso di sé, come i fili di una trama attraverso il pettine di un telaio. Potrei perfino dire che misurava il mondo col proprio corpo: il palmo, il pollice, la lunghezza del braccio, il cubito, l'apertura delle braccia, il passo, il piede, il pugno, la tesa, il lancio di una pietra, i battiti del cuore, il calore del corpo, il suo peso, la portata dello sguardo o della voce: tali erano le sue misure e i suoi pesi.*

Pandelis Prevelakis

Una delle esigenze fondamentali dell'uomo è la necessità di comunicare. Nel campo della scienza, della tecnica e del commercio poi, la necessità di comunicare assume un duplice aspetto: quello fondamentale di trasmettere correttamente dei concetti, ma anche l'esigenza di trasferire informazioni tecniche dettagliate e prive d'ambiguità, essenziali al fine di un processo di *scambio*. Ciò che rende fondamentale la misurazione è proprio il fatto che consente un corretto scambio di merci e servizi. La misurazione di un pezzo di stoffa, di un gregge di pecore o di un sacco di semi dà a queste cose un *valore*, consentendo agli altri componenti della società di offrire qualcos'altro di valore equivalente.

Il processo storico che ha portato alla scelta di un sistema internazionale di misura è stato davvero lungo e complesso, ed è stato caratterizzato da alcuni momenti culturali fondamentali che hanno reso possibile tale standardizzazione certamente, ed inevitabilmente, non conclusa.

La prima di queste tappe, iniziata davvero agli albori della civiltà e conclusa, si può dire, solo con la nascita della scienza moderna è stata sicuramente caratterizzata da unità di lunghezza di tipo antropomorfo<sup>3</sup> e da grande eterogeneità. Al suo interno questa tappa è sicuramente caratterizzata

<sup>2</sup> Vedi per esempio Cini, 1994

<sup>3</sup> Gli esseri umani da tempi antichissimi codificano ciò che li circonda con se stessi, ed è famosa la fortunata frase attribuita al filosofo greco Protagora "l'uomo è misura di tutte le cose".

da una prima fase in cui le unità di misura sono individuate da rappresentazioni soggettive e da un periodo successivo in cui siamo ormai in presenza di concetti teorici: con la società civile nasce infatti il bisogno di avere campioni di misura comuni e uniformi.

Il passaggio da rappresentazioni concrete a quelle di tipo astratto segnò in verità una fase completamente nuova e rivoluzionaria nella storia della metrologia, come bene mette il luce lo storico e sociologo Witold Kula:

La cesura intellettuale consiste nel passaggio dalle rappresentazioni concrete a quelle astratte, dal “dito mio o tuo” al “dito in generale”. Le misure del tipo “cubito”, “palmo” o “spanna”, “piede”, sono state usate nella nostra civiltà in tempi ancora relativamente recenti, fino alla piena egemonia del sistema metrico. Ma erano ormai concetti astratti. Era il “passo in generale”, di una lunghezza stabilita, valida in ogni occasione (benché nel corso del tempo questa lunghezza potesse mutare), di una lunghezza un po' più grande o un po' più piccola del passo “mio” o “tuo”. (Kula, 1970, trad. it. 24)

Nelle civiltà antiche unità di misura erano usate per lunghezze, aree, volumi, capacità, pesi e, nella “scienza”, per misure angolari. Molti esempi di queste unità sono stati riportati alla luce dagli archeologi<sup>4</sup>.

Anche quando si arrivò a concepire le grandezze in maniera astratta, come dimensioni pure, non vennero comunque affatto eliminate le differenze nello stabilire il valore delle relative unità, a seconda delle regioni o del tempo<sup>5</sup>.

Una esigenza reale di un sistema di misura *universale* iniziò ad imporsi solo nel XVIII secolo, a seguito dell'accrescersi della comunicazione scientifica e delle attività commerciali internazionali. Comunque le diverse misure antropomorfe, una volta trasformatesi da individuali-concrete in astratte poterono assolvere perfettamente, e per lungo tempo, una funzione intersoggettiva nelle relazioni umane all'interno delle rispettive società. Società non ancora, diremmo oggi, “globalizzate”. Il nostro concetto di misura, razionale e valido per tutti, sempre e dovunque, non è certamente applicabile alle misure antiche, dipendenti fortemente dal contesto sociale e culturale dei loro tempi.

## 2.1 Il numero come misura

In breve, *misurare* una grandezza fisica significa associare ad essa un *numero* che, riferito ad un ben precisato campione, cioè ad una ben precisata *unità di misura*, ne fornisca il relativo rapporto, ovvero il *valore*.

Probabilmente il concetto di numero iniziò a delinarsi compiutamente in situazioni quotidiane, ad esempio durante la distribuzione del cibo o in occasione dello scambio di merci, nei giochi, nelle scommesse, nei balli folcloristici, nei festini di guerra o durante la celebrazione di riti religiosi: tutte le volte, cioè, in cui era necessario confrontare i componenti di un gruppo – persone, animali, cose, avvenimenti celesti o terreni –, con i componenti di un altro gruppo<sup>6</sup>. Il concetto di numero fu così probabilmente elaborato all'interno di una cultura specifica che inventò dei metodi indiretti di confronto tra i gruppi, nel momento in cui non era nelle condizioni di poter operare agevolmente raffronti diretti: questo avveniva, in particolare, quando gruppi di oggetti dovevano essere comparati in momenti successivi e non contemporaneamente. Il confronto indiretto implicava l'idea che i membri di un dato gruppo di oggetti o di eventi potessero essere associati con un altro gruppo attraverso un terzo insieme che fungesse da intermediario, come ad esempio dita, sassolini, gettoni, tacche, lacci e nodi.

<sup>4</sup> Vedi per esempio Berriman, 1957. Gli Assiri e i Babilonesi sono ritenuti gli ideatori dei più antichi sistemi di misura: molti pesi sono stati rinvenuti tra le rovine dei palazzi reali e del tempio dove i pesi campione erano conservati e custoditi come sacri da appositi sacerdoti funzionari statali.

<sup>5</sup> Per uno tra i primi importanti studi sull'argomento vedi Hallock, Wade, 1906

<sup>6</sup> Vedi Roche, 1998, Brainerd, 1979 e Boyer, 1968

Accanto alle linee o tacche isolate presenti sulle ossa o sugli oggetti in pietra, si osserva presto la comparsa di segni. Queste forme di annotazione precedono nel loro contenuto concettuale l'invenzione stessa della scrittura. Per usare una espressione di Denise Schmandt-Besserat <sup>7</sup>, studiosa delle espressioni che hanno preceduto la scrittura vera e propria, *sembra proprio che l'uomo abbia imparato prima a far di conto che a scrivere il proprio nome.*

In effetti l'attività del contare iniziò molto prima di quando furono inventati i simboli numerici perché è possibile contare senza usare alcun simbolo, per esempio contando con le dita. Si può anche memorizzare il conteggio attraverso segni su un pezzo di legno o di osso. Si possono anche usare pezzi di argilla con disegnata una figura di pecora per contare pecore, o con figura di cammello per contare cammelli. L'uso di semplici simboli per i numeri si sviluppò circa 3 mila anni or sono, quando tali contatori venivano messi in speciali contenitori anch'essi di argilla. Come mette in luce lo storico e matematico Ian Stewart <sup>8</sup> era però un fastidio rompere il "coperchio" ogni qual volta si volesse controllare il contenuto, e ricostruirne un altro quando finito. Così le persone impararono a mettere speciali segni all'esterno del contenitore per riassumere ciò che c'era dentro. Si resero quindi conto che in effetti non avevano bisogno di nessun contatore fisico all'interno: potevano utilizzare gli stessi segni su semplici tavolette di argilla.

Un sistema di conteggio che faceva uso di gettoni fu ampiamente usato in tutta l'Asia occidentale tra il IX e il II millennio a.C.. I gettoni si distinguevano sulla base delle dimensioni e dei segni incisi o impressi.

I gettoni si evolsero man mano, dando origine a un sistema complesso con numerose forme e con segnature incise o punzonate, che servivano a registrare molti tipi di beni con una sempre maggiore precisione.

## 2.2 Il cubito e i primi campioni

Anche se sembra probabile <sup>9</sup> che gli uomini ebbero coscienza prima del concetto di tempo e poi di quello di spazio, sembra anche che essi perfezionarono <sup>10</sup> prima misure di lunghezza e poi quelle di tempo (sebbene questa ipotesi non possa che essere il frutto di congetture teoriche). Il linguaggio stesso comunque proverebbe questa assunzione:

le designazioni di tempo, come "breve" o "lungo," sono prese dal vocabolario dei concetti spaziali. Noi parliamo di uno "spazio" o di un "intervallo" di tempo: "prima", etimologicamente, significa "davanti a." Sotto questo aspetto le lingue semitiche sono particolarmente istruttive, fatto messo in evidenza da Ignaz Goldziber. La parola ebraica corrispondente a "prima" è *lifney*, il cui significato originario è "di fronte a," "davanti a"; molte altre parole, per esempio *Kedem*, *aharey*, mostrano chiaramente la tendenza a passare dalle qualificazioni spaziali a quelle temporali. Come dato di fatto, questo orientamento si può già riconoscere nell'antica parola sumerica *danna*, che esprimeva in origine una misura di lunghezza e più tardi indicò una certa parte del giorno (unità di tempo). (Jammer, 1954, trad. it. 17-18)

Per quanto riguarda le misure lineari inizialmente si fece ricorso a semplici bastoni contrassegnati da tacche. Questa forma di annotazione/numerazione fu quindi il primo modo per individuare intervalli di lunghezza, per quanto alquanto precari. In seguito fu percepito il bisogno di unità di riferimento più durature. E la prima unità di misura adottata non poté che essere tarata in riferimento al corpo umano: il *cubito*, infatti, corrispondeva alla lunghezza dell'avambraccio dalla punta del gomito a quella del dito medio a mano aperta. Raddoppiando questa misura si ottiene il *braccio*, che va dalla mano alla metà del torace; raddoppiandola, si ha poi la *tesa* <sup>11</sup>, che si estende dall'estremità di una delle dita medie fino al dito corrispondente nell'altra mano, tenendo le braccia aperte: essa è non distante dall'altezza dell'uomo, misurata dalla testa ai piedi. Per i sottomultipli e

<sup>7</sup> Schmandt-Besserat, 2002

<sup>8</sup> Stewart, 1995

<sup>9</sup> Vedi Agnoli, 2004 in particolare cap. 3

<sup>10</sup> Skinner, 1954

<sup>11</sup> Il nome da noi utilizzato per questa unità deriva dal latino *tensa*, participio di tendere: l'unità corrispondeva alla lunghezza di due braccia *tese* di un uomo. Nella cultura anglosassone si utilizza il termine *fathom*

le misure più piccole, abbiamo la *spanna*, che corrisponde alla metà di un cubito, il *palmo* (equivalente alla larghezza del palmo escluso il pollice), che equivale a un terzo della spanna e, infine, il *dito* (pari alla larghezza di un dito), cioè un quarto del palmo. Il cubito viene così diviso in 24 parti uguali, con sottomultipli su base 2, 3 e 4.

La varietà delle misure significative di cui siamo a conoscenza per i vari paesi e per le varie epoche è comunque davvero sorprendente.

La distanza determinata da un tiro con l'arco è largamente diffusa. Il lancio dell'ascia come misura non stupisce; ma il lancio dell'ascia all'indietro da parte di un uomo seduto è già una misura più originale. Una definizione di distanza quale un "tiro di pietra" è ancora oggi in uso in Slovacchia; in Lettonia le misure "tiro di pietra" e "tiro con l'arco" sono attestate dagli etnografi ancora nel secolo XIX, quando ormai l'arco non è più in uso da tempo. Ma nel 1947 una spedizione etnografica in Lettonia ha segnalato la persistenza dell'uso della portata di un "nitrito" o di un "muggito" come misura di distanza ("a due muggiti di toro").(Kula, 1970, 5-6)

Tra gli indiani delle pianure degli Stati Uniti era comune l'utilizzo della *vista a pancia di cavallo*: la distanza a cui una persona poteva vedere nelle praterie stando accovacciato sotto un cavallo, circa tre chilometri.

E' curioso notare come anche il *pollice* e la sua *unghia* abbiano svolto ruoli speciali nella misurazione primitiva delle lunghezze. Questo aspetto è ben riassunto dalla seguente citazione dello storico Herbert Arthur Klein.

L'antico termine inglese *ynche – ynych – unce, o inch*, sembra fosse [...] usato per indicare la lunghezza del pollice [...] Ma *nail*, che sta qui ad indicare la larghezza dell'unghia del pollice, esordì come una più piccola unità di misura, equivalente a circa tre quarti del pollice attuale. Il *nail* (0,75 pollici) era la controparte inglese di un'unità di misura romana molto più importante, il *digit* (*digitus* in latino), basato sulla larghezza del dito, pari a circa tre quarti di un pollice o 1,9 centimetri di oggi. Il *digitus* era ampiamente utilizzato nel mondo antico.(Klein, 1988, 54)

Ma il mondo che circonda l'uomo comprende anche oggetti troppo piccoli per essere definiti con sufficiente esattezza dalle parti del corpo umano. La soluzione più frequente per superare questa difficoltà risulta l'assumere come unità di misura un chicco di cereale coltivato, la sua lunghezza, larghezza (o il suo peso). Questa misura è conosciuta in molte civiltà. Le differenze in lunghezza (e peso) di questa unità sono enormi, variano a seconda di quale cereale è più importante per una certa popolazione e di quale varietà di quel cereale viene coltivata. Per esempio un'antica misura di lunghezza di origine sassone è il *chicco d'orzo* (*barleycorn*), poi standardizzata in un terzo di pollice ed oggi ormai non più utilizzata da tempo. In India, finì a non molti anni or sono, si utilizzavano i *grani di riso*: 3 grani di riso, disposti orizzontalmente, erano equivalenti a un dito.

Non è affatto scontato o naturale quindi che l'uomo utilizzi lo stesso campione per misurare diversi tipi di misure lineari. Addirittura il contadino-pescatore, parlando della sua rete, diceva che era lunga trenta tese e larga venti cubiti. Come afferma ancora Kula il sistema era fondato sul carattere specifico di ogni azione: la lunghezza della rete era più facilmente misurabile con la tesa e la sua larghezza con il cubito<sup>12</sup>.

John Quincy Adams in un importante studio del 1821<sup>13</sup> sottolinea come la necessità di possedere misure lineari si sviluppi in diverse fasi dell'esistenza umana, e che quindi non può verificarsi naturalmente che l'uomo utilizzi la stessa misura, o la stessa scala di proporzioni e numeri per vestirsi o per calcolare la distanza dei suoi passi. Di fatto, per la misurazione di tutti gli oggetti che

<sup>12</sup> Kula, 1970

<sup>13</sup> Adams, 1821. Il 3 marzo 1817 venne approvata dal Congresso degli Stati Uniti una risoluzione in cui si chiedeva al Segretario di Stato, allora appunto John Quincy Adams (futuro sesto presidente), di approntare una ricerca sul problema dei pesi e delle misure. Adams sottopose una relazione al Congresso il 22 febbraio 1821. La relazione di Adams considerò in dettaglio l'allora giovanissimo sistema metrico francese, individuandone vantaggi ma anche difetti. Benché egli affermasse che esso si avvicinava alla "perfezione ideale di uniformità", infine lo rifiutò perché "i tempi non erano giusti". E' importante ricordare subito comunque che Adams effettuò i suoi studi nel periodo in cui nella stessa Francia il futuro del sistema metrico non era affatto chiaro, e che la scelta francese del metro fu del tutto repentina e ruppe una collaborazione internazionale che aveva visto coinvolto tra gli altri lo stesso Thomas Jefferson

può sollevare e maneggiare, la tesa, il braccio, il cubito, la larghezza della mano, la spanna e le dita sono gli strumenti a lui proposti dalla natura; mentre il *passo* e il *piede* sono da questa messi a sua disposizione per la misurazione delle distanze. Questi campioni naturali non saranno mai dimenticati dal singolo individuo, in qualsiasi fase di sviluppo della società umana. Probabilmente, ancora oggi, sono molto pochi coloro che non usano, almeno occasionalmente, le proprie braccia, mani e dita per misurare gli oggetti che adoperano, o il loro passo per misurare una distanza terrestre.

Dunque, c'è qui un motivo di *diversità* rispetto ai campioni che è proprio perfino delle misure lineari e che deriva dalla differenza delle relazioni tra l'uomo e la natura fisica. Sarebbe tanto sconveniente e innaturale per l'organizzazione del corpo umano misurare, ad esempio, un arco o una freccia, primi attrezzi dell'uomo solitario, con il suo piede o con il suo passo, quanto misurare la distanza di un giorno di viaggio, o di una passeggiata mattutina verso il terreno di caccia con il suo braccio o la sua mano. (Adams, 1821, 657)

Storicamente è rilevante notare però che il piede si è infine imposto come una unità di misura comune.

Il piede ha infatti, rispetto al cubito, il vantaggio di essere una parte frazionata comune sia al passo che alla tesa, e fornisce così naturalmente il modo per ridurre i due campioni di misura a uno solo. La sua adozione rappresentò un grande passo in avanti verso l'uniformità e questo può spiegare l'abbandono da parte di tutte le moderne nazioni europee della principale misura campione dei tempi primitivi, il cubito appunto.

Se, seguendo il primo e originario dettato di natura, il cubito dovrà essere assunto come modello di misura lineare per l'uso della mano, e il passo per la misura del moto o per la misura lineare sulla terra, ci saranno due unità di misure di lunghezza – una per la misura della materia e un'altra per la misura del moto. Né esse saranno riducibili a una, perché né il cubito né il passo sono una frazione o un multiplo dell'altra. Ma se si dovesse scoprire che il *piede* è tout court una frazione del passo nella misurazione del moto e della tesa nella misurazione della materia, allora questo verrebbe scelto come campione comune di misura per entrambi e, di conseguenza, ci sarebbe una sola unità modello per le misure di lunghezza. (ivi, 658)

Il primo campione di cui si ha traccia certa è comunque il cubito egiziano, standardizzato intorno al 2600 a.C. in un pezzo di marmo di circa mezzo metro (*cubito reale*, tra i 52 e i 53 centimetri <sup>14</sup>), i cui sottomultipli principali erano il *palmo egiziano* (7 in un cubito) e il *dito egiziano* (4 in un palmo). Presso i Sumeri il sistema delle unità di misura di lunghezza era basato sul *cubito sumero* equivalente a 49,5 cm. Come riporta lo storico O. A. W. Dilke <sup>15</sup>, abbiamo questa informazione grazie ad una statua (oggi conservata al Louvre) risalente al 2170 a.C., che rappresenta Gudea, re di Lagash (per inciso, gli storici hanno individuato ben otto diversi cubiti tra le antiche civiltà: misurano in media poco più di 50 centimetri di oggi)

La necessità di conservare dei campioni di pesi e misure, come unità di riferimento recanti iscrizioni in nome del re e depositate nei templi principali, fu riconosciuta almeno fin dal 2000 a.C. I manufatti, ritrovati durante gli scavi in Egitto o in tante altre località di periodi molto antichi, confermano proprio quanto fosse importante, da un punto di vista pratico, avere a disposizione campioni di pesi e di misure.

### 2.3 Sulle misure di capacità

Anche se probabilmente, come detto, la grandezza fisica che per prima divenne oggetto di misurazione “accurata” fu quella di lunghezza, già nella preistoria il sorgere e lo sviluppo degli scambi commerciali resero necessari modi e mezzi per misurare anche capacità e quantità di merce

<sup>14</sup> Un'ottima introduzione alle unità di misura egizie può essere vista in Warren, 1903

<sup>15</sup> Dilke, 1993

per la cui determinazione quantitativa non si poteva ricorrere al semplice conteggio <sup>16</sup>. Nell'antichità esistevano due metodi a questo scopo, che venivano applicati entrambi: la determinazione del peso e la determinazione del volume o spazio occupato.

Le misure di capacità sono rese necessarie dalla natura dei liquidi, che possono essere tenuti insieme in definite quantità solo da contenitori fatti di sostanze più compatte di loro. Inoltre, sono necessarie anche per la misurazione di quelle sostanze che la natura produce in quantità troppo grande per la numerazione. Di questa natura sono tutti i chicchi e i semi che, da quando l'uomo diventa agricoltore, costituiscono le materie prime più importanti della sua sussistenza. Ma la natura non gli ha fornito i mezzi per soddisfare questa esigenza nella sua persona.

Per questa misura è costretto a guardare nella natura delle cose e, molto probabilmente, avrà trovato la sua prima misura di capacità nell'uovo di un grosso uccello, nel guscio di un cetaceo o nel corno di un animale. Non essendo stata ancora avvertita la necessità di un campione *comune*, queste misure saranno di varie dimensioni, né ci si deve aspettare che l'uomo naturalmente abbia mai pensato di stabilire un rapporto tra il suo gomito e la sua tazza, di graduare il suo forcone con la misura del suo piede o di uniformare le sue parti con il numero delle sue dita.(ivi, 657)

E' interessante notare che il campione di misura più antico, eccezion fatta per le unità di lunghezza e tempo <sup>17</sup>, non fu un'unità di peso, bensì di volume:

il famoso vaso d'argento del principe Entemena di Lagash (circa 2500 a.C.), la cui capacità, come testimonia l'iscrizione incisa sulla sua superficie, serviva a definire 10 *sila* (circa 5 litri). Le unità di peso, al contrario, variavano notevolmente nel tempo oltre che da luogo a luogo. Soltanto all'epoca di Shalmanassar V, re di Assiria (726-722), la *mina* venne proclamata campione ufficiale di peso (circa 1000 grammi).(Jammer, 1961, trad. it. 26)

Il fatto stesso che la bilancia sia compresa fra i segni dello Zodiaco basta a provare che essa è comunque conosciuta sin dalla più remota antichità <sup>18</sup>. L'invenzione della bilancia, forse il primo strumento di precisione costruito dall'uomo, e la sua diffusione in territori con tradizioni e costumi diversi segnarono una primitiva globalizzazione: la bilancia servì infatti a riunire per la prima volta popoli diversi in abitudini e regole commerciali comuni. I primi materiali usati per i pesi furono le pietre e i sassi e, per i più piccoli, i semi di piante come per esempio la carruba, dotati di grande uniformità <sup>19</sup>.

Quantità di merci diverse venivano comunque misurate con unità diverse.

Questa grande varietà di unità di peso per diversi tipi di merci - un fatto che si riflette ancora nella metrologia di alcune antiche nazioni orientali - non trova ragione soltanto nella mancanza, in quei tempi, di accordi internazionali, poiché ciò non spiega la diversità di unità nella medesima nazione. Si ha qui piuttosto l'espressione di un principio filosofico fondamentale, dominante nel pensiero degli Antichi, a proposito del concetto di peso: questo non era inteso infatti, come nella scienza moderna, come una grandezza universale dinamica come una forza, proporzionale alla quantità di materia o massa (nello stesso luogo), ma piuttosto come una proprietà dei singoli corpi, cioè come una qualità, a somiglianza del colore, dell'odore, della fragilità. (ibidem)

A noi sembra che il sistema metrico permetta di esprimere tutte le proporzioni in maniera semplice, efficiente e naturale. Una cosa, come spesso sottolinea Kula nei suoi scritti, tuttavia è certa: le misure antiche, i cui inizi risalgono alla preistoria dell'umanità e che si sono perfezionate nel corso di decine di secoli, dal momento in cui composero un sistema coerente hanno assolto bene al proprio compito e hanno servito bene l'uomo nel suo lavoro per moltissimo tempo.

<sup>16</sup> Fu quindi la necessità pratica a originare la nozione di quantità di materia, cioè il concetto che anticipò il concetto moderno di massa (vedi anche Jammer, 1957).

<sup>17</sup> Vedi anche cap. 3.

<sup>18</sup> Molti studiosi ritengono che il suo uso fu introdotto dagli Assiri. Le bilance antiche raggiunsero una considerevole precisione: una bilancia egiziana studiata nel Museo della Scienza di Londra e risalente a circa il 1370-1380 a.C. aveva una sensibilità tra l'1 e lo 0.2 %, a seconda del peso (Roche, 1998).

<sup>19</sup> Dai semi di carruba ha, del resto, preso il nome l'unità (il *carato*) impiegata ancora oggi per i gioielli

## 2.4 Gli Ebrei

Leggere la Bibbia significa leggere molto di noi stessi e delle origini della nostra cultura. Ebbene, nella Bibbia si può innanzi tutto apprendere che i pesi (e possiamo così supporre le misure in generale) hanno addirittura origine divina:

Stadera giusta e bilancia son del Signore, e tutti i pesi in uso appartengono a lui. (Proverbi, 16, 11)

Si può inoltre appurare che il calcolo dei numeri attraverso l'*aritmetica decimale* e l'uso del *cubito* come misura campione di lunghezza erano stati già istituiti prima del diluvio universale. Noè, come ci viene raccontato, costruì, secondo le indicazioni divine, un'arca lunga *trecento* cubiti, larga *cinquanta* e alta *trenta*.

Allora Iddio disse a Noè: [...] Fatti un'arca di legno resinoso; falla a celle e spalmata di bitume di dentro e fuori. Ecco di quali dimensioni la devi costruire: la lunghezza dell'arca dovrà essere 300 cubiti, la larghezza 50, e l'altezza 30. (Genesi 6, 13-15)

Anche divisione del tempo in *giorni*, *mesi* e *anni* era già esistente da tempi immemorabili. Le età dei patriarchi, per esempio, erano calcolate in unità, decine e centinaia di anni.

Adamo all'età di 130 anni generò a sua somiglianza, e secondo la sua immagine, un figlio e lo chiamò Set, e dopo aver generato Set, Adamo visse ancora 800 anni e generò figli e figlie [...] Enos all'età di 90 anni generò Cainan [...] Enos visse in tutto 905 anni poi morì. [...] Noè all'età di 500 anni generò Sem, Cam e Jafet. (Genesi 5, 3-32).

Sempre nella Bibbia si racconta che Abramo dà a Agar un otre d'acqua e compra da Efron l'Eteo il campo di Macpela, pagandolo con il *peso* di quattrocento *sicli* d'argento, moneta corrente tra i mercanti.

Abramo acconsentì a Efron, e gli pesò il prezzo che gli aveva chiesto in presenza degli altri Etei, 400 sicli d'argento, di moneta corrente tra i mercanti. (Genesi 23, 16)

Questo passo si riferisce ovviamente all'epoca in cui il denaro era ancora pesato; le monete, come mezzo per far risparmiare tempo e rendere superflue pesate ripetute, pare siano state introdotte solo nel VII secolo avanti Cristo<sup>20</sup>.

Il processo della pesatura implica due sostanze, ognuna delle quali costituisce il modello e la prova di verifica dell'altra. E' stato osservato<sup>21</sup> che nella storia dell'uomo, l'uso dei pesi precede la pesatura di metalli, ma che quando i metalli furono scoperti e vennero utilizzati per la prima volta per scopi pratici, il loro valore poteva essere calcolato solo grazie al loro peso; cosicché divennero subito modelli sia per il peso che per il valore di molte altre cose. Questa teoria è confermata dalla storia dei pesi e delle misure tanto degli Ebrei quanto dei Greci. Il termine *talento*, nel suo primitivo significato in lingua greca, significa *bilancia*: esso era al tempo stesso peso e denaro<sup>22</sup>. La scoperta dei metalli e la loro estrazione dalle viscere della terra d'altronde devono, negli annali della natura umana, essere successivi, ma molto vicini, al primo uso dei pesi: una volta scoperti, l'uomo avrà presto capito che l'unico modo per accertarsi del loro "valore" era individuarne il peso.

Ancora oggi del resto le valute di molte nazioni hanno etimologicamente un riferimento all'unità di peso. In inglese antico il termine *pound* significava peso (dal latino *pondus*), ed oggi come noto si riferisce sia all'unità di peso che alla moneta. La *lira* ricavava il suo nome dal latino *libra*, bilancia (termine che definiva anche una unità di peso). Il *peso*, moneta di alcuni stati americani, non ha bisogno certo di commento. La *peseta* spagnola trae la sua origine da *pesetero*, peso. Nel greco

<sup>20</sup> Jammer, 1961

<sup>21</sup> Adams, 1821

<sup>22</sup> Su questi aspetti vedi anche par. 2.4, 2.5 e 2.6.

antico il termine *dracma* indicava anch'esso un peso, e dalla stessa tradizione deriva il nome della valuta tedesca, *marco*.

Dalla Bibbia, sottolineiamo ancora, scopriamo che le misure di lunghezza, quelle agrarie e quelle di capacità<sup>23</sup> sia per aridi che per liquidi, i pesi, le monete e i numeri decimali erano già stati istituiti in tempi antichissimi, e comunque prima del diluvio universale.

Tra i precetti - divini, e non di un legislatore umano - ce ne sono due che riguardano i pesi e le misure. Il primo afferma:

Non commettete ingiustizie nel giudicare, come pure nelle misure di lunghezza, di peso e di capacità. Usate bilance giuste, fate pesi giusti, siano esatti l'*efa* e l'*hin*.(Levitico, 19, 35, 36)

Il secondo stabilisce<sup>24</sup>:

Non avere nel tuo sacchetto due pesi, l'uno grande e l'altro piccolo. Non avere in casa due misure, una più grande e una più piccola. Tieni pesi esatti e giusti come pure misure esatte e giuste, affinché tu abbia lunga vita nella terra che il signore Iddio tuo sta per darti. Poiché chiunque fa tali cose e chiunque pratica la frode è in abominio davanti al Signore, Iddio tuo.(Deuteronomio, 25, 13-16).

I precetti inerenti i pesi e le misure vengono quindi dettati come se questi *esistessero già* e fossero già conosciuti. Il primo di questi comandamenti dispone soltanto che i campioni debbano essere giusti e che, nelle transazioni in cui debbano essere usati i pesi e le misure, venga osservato il principio di giustizia. Il secondo prescrive che le copie dei modelli utilizzati dai singoli debbano essere non diversi e conformi ai modelli.

Già da queste prime considerazioni si ricava la conseguenza che, storicamente, la competenza propria della legge è stata quella, in materia di pesi e misure, di regolamentare e non di creare.

## 2.5 I Greci, i Romani e il piede

L'Agorà di Atene era il centro commerciale della città, e proprio nell'Agorà sono stati ritrovati i pesi e le misure degli ispettori ufficiali (*metronomoi*) di differenti città greche. In generale ci si trovava sempre di fronte allo stessa situazione: in Grecia i campioni delle misure differivano in varia forma, in relazione alle diverse *polis* o regioni e al periodo storico. Per esempio la lunghezza del piede (*pous*) oscillava tra i 27 e i 35 cm, anche se solo il *piede olimpico* (di circa 31 centimetri) è conosciuto con un certo grado di affidabilità. Dato che questa unità è sicuramente grande rispetto ad un piede umano adulto scalzo (in media circa 25 centimetri), si suppone una possibile derivazione da un piede calzato<sup>25</sup>. Di norma valevano comunque le seguenti relazioni<sup>26</sup>:

4 *daktyloi* (larghezza di un dito) = 1 *palaste* (palmo)

3 *palastai* = 1 *spithamē*

4 *palastai* = 1 *pous*

1  $\frac{1}{2}$  *pedes* = 1 *cubito*

4 *cubiti* = 1 *orguia*

10 *orguiai* = 1 *amma*

10 *ammata* = 1 *stadion*

<sup>23</sup> Sempre dall'Antico Testamento si può apprendere che le misure di capacità erano l'*efa* per gli aridi e l'*hin* per i liquidi: il loro primitivo modello tratto dalla natura era il guscio di un uovo.

<sup>24</sup> Il Corano analogamente, afferma: "Guai ai frodatori sul peso i quali, quando richiedono dagli altri la misura, la pretendono piena! E quando pesano o misurano agli altri danno di meno!".

<sup>25</sup> Roche, 1998

<sup>26</sup> Vedi Dilke, 1993

Lo stadio greco oscillava tra i 150 e i 200 metri ed in origine equivaleva alla lunghezza di una pista da corsa<sup>27</sup> (fu anche ripreso dai Romani, dove valeva circa 180 metri)

I sistemi di pesi e misure creati presso le valli del Tigri e dell'Eufrate adottati prima dai Greci<sup>28</sup> furono in seguito ripresi dai Romani che, a loro volta, esportarono tali procedure in tutta Europa. Tracce evidenti di questi sistemi sono ancora riscontrabili nelle culture occidentali moderne. Tanto la libbra quanto il miglio di oggi derivano rispettivamente dai termini latini *libra* (che significa, come già detto, bilancia) e *mille passuum* (*milliare*), cioè “mille passi”. In origine il *passus* romano corrispondeva al passo di un legionario durante una lunga marcia: esso misurava circa 1,5 metri, pari a circa cinque piedi inglesi. Tale lunghezza è solo in apparenza eccessiva, poiché il ciclo completo sinistra-destra-sinistra o destra-sinistra-destra equivaleva al doppio di un passo singolo di circa 0,75 metri<sup>29</sup>.

A Roma la più piccola unità di misura, proprio come in Grecia, era il *digitus*, che equivaleva alla larghezza di un dito. Quindi, analogamente ad altre regioni, quattro dita formavano un palmo e 4 palmi costituivano un piede<sup>30</sup>, cosicché c'erano 16 dita<sup>31</sup> in ogni piede. Riassumendo, si può ricordare che le nove unità di lunghezza più usate dai Romani in ordine crescente erano le seguenti: il *digitus*, l'*uncia* (12 in un piede), il *palmus*, il *pes*, il *palimpes* (anche *palmipedalis*; un piede più un palmo), il *cubitus*, il *passus* (5 piedi), lo *stadium* (625 piedi), il *miliare* (1000 passi o 5000 piedi) e la *lega* (1500 passi o 7500 piedi)<sup>32</sup>.

A Roma, come in Grecia (ed abbiamo già introdotto come ciò sia stato “naturale”), vi era identità di nomi tra unità di peso e monete. L'*aes*, cioè il bronzo, fu la loro prima moneta e, poiché era pagata a peso, *aes* era il peso del bronzo sulla bilancia. Il termine *libra* fu successivamente applicato a un peso definito<sup>33</sup> e quando, in seguito, venne coniato l'argento, il *sestertius*, che significa due e mezzo, e il *denarius*, cioè pezzo da dieci, andarono a indicare i pezzi d'argento di valore pari rispettivamente a due e mezzo e a dieci dei loro originali pesi in bronzo della bilancia. Il sesterzio divenne l'unità del denaro in generale, mentre il denario delle monete d'argento.

Le misure di capacità degli aridi e dei liquidi erano analoghe e l'*amphora*, la più grande, pesava ottanta libbre d'acqua. Il *congius*, l'unità di misura di base, poteva essere un qualsiasi vaso contenente il *peso* di dieci libbre di vino.

Una certa uniformità caratterizzò l'Europa fino all'inizio dell'era cristiana, epoca in cui le misure romane erano ancora ampiamente diffuse. Diversi secoli di confusione politica succedettero al declino dell'impero e in Europa il sistema di misura si sviluppò in modo disomogeneo. Se per esempio il miglio romano era di circa 1480 metri, quello inglese ne misurerà 1610, quello italiano

<sup>27</sup> Il primo stadio fu probabilmente definito a partire dalla pista di Olimpia.

<sup>28</sup> L'unità di peso tra i Greci (chiamata generalmente *statere*, lo stesso nome della moneta) variava da 8.5 a 12 grammi circa (1 *statere* = 2 *dracme* e 100 *dracme* = 1 *mina*).

<sup>29</sup> Vedi McCoubrey, 1983 e Klein, 1988.

<sup>30</sup> Studiosi di metrologia sono arrivati a differenti conclusioni riguardo la sua lunghezza, ma l'equivalente moderno accettato correntemente è 296 millimetri.

<sup>31</sup> Come risaputo i Romani rappresentavano i numeri con alcune lettere maiuscole del loro alfabeto. Il sistema era poco adatto per eseguire calcoli o operazioni scritte rapidamente. Di certo sappiamo che eseguivano i loro calcoli con l'*abaco*: in latino i “calcoli” stavano appunto a significare i “sassolini” che si mettevano in una tavoletta con apposite scanalature.

<sup>32</sup> Quando le lunghezze erano estremamente elevate una misura spesso usata dai Romani in aggiunta al miglio e alla lega era la distanza tra due *mutationes*, stazioni dove era possibile ristorarsi e cambiare i cavalli durante i lunghi viaggi su una *via strata* (via lastricata) romana, termine da cui deriva l'odierno *strada* o l'inglese *street* (la lunghezza variava approssimativamente tra i 40 e i 45 Km odierni circa).

<sup>33</sup> Sia i Greci che i Romani disponevano di pesi per gli oggetti piccoli e preziosi diversi da quelli utilizzati per i beni voluminosi e economici. I Greci dettero loro dei nomi significativi, distinguendo il peso per la misura e il peso per il denaro. I Romani avevano la *mina* e la *libra*, e cioè il peso delle monete pari a 12 onces e il peso commerciale pari a 16 (circa 325 grammi). Se l'oncia, di cui queste libbre erano formate, fosse la stessa, è oggetto di controversia, ma di scarsa rilevanza. Durante il basso impero, questi due pesi erano noti con il nome di libbra orientale e libbra occidentale. La denominazione della prima era la stessa in Inghilterra: si chiamava infatti *easterling pound*, da cui deriva la parola inglese *sterling*. Era la libbra delle nazioni orientali, che invasero l'Europa al momento della caduta dell'Impero Romano.

1850, quello danese 7530, quello austriaco 7585, quello svedese 10640 e quello norvegese 11295! In particolare la grande frammentazione di quella zona territoriale che, in seguito, sarebbe divenuta la Francia, in cui il potere era allora suddiviso e affidato a un gran numero di nobili e di città, favorì un'evoluzione in assoluto isolamento dei nomi e dei valori delle misure. Una situazione di interesse fu rappresentata anche dal mondo anglosassone.

## 2.6 La cultura anglosassone

Le tracce storiche delle origini dei pesi e misure anglosassoni sono deboli e indistinte, anche se sembra sicuro che gli inglesi utilizzano, da epoca immemorabile, la libbra, il piede, il pollice e il miglio ereditati dai Romani<sup>34</sup>. Dopo che quattro legioni sotto il comando di Aulo Plauto arrivarono in Kent nel 43 d.C., i popoli dell'isola vissero infatti per quattro secoli sotto il potere di Roma, acquisendo così tutti i benefici spirituali e materiali che Roma si sentì obbligata a donare a culture meno avanzate e disciplinate della sua. Così come la lingua latina ed il diritto, la metrologia mostrò un'altra caratteristica dell'universalità della vita romana. Da qualunque parte dell'impero, dalla Siria al nord Africa, dalla Spagna all'Inghilterra potevano essere trovati gli stessi campioni. Le misure lineari usate dai Romani nelle costruzioni, le misure di superficie impiegate nella coltivazione dei campi, le segnalazioni in miglia su tutte le strade dell'impero, le misure di capacità usate dai mercanti nel commercio e i pesi che formavano la base del sistema monetario di Roma erano gli stessi dovunque, senza riguardo alle differenze etniche, culturali, geografiche e demografiche<sup>35</sup>. Per assicurare l'uniformità internazionale di questi pesi e misure, Roma inviava periodicamente copie dei propri campioni ad ogni provincia e ne richiedeva un uso e una manutenzione appropriati. Mai in futuro si verificò di nuovo una tale situazione nella storia dell'uomo fino al pieno avvento del sistema metrico.

Tuttavia, come nella stessa Italia, le popolazioni delle province continuarono ad usare anche sistemi indigeni così come ereditati dai propri antenati. Molte di queste sopravvissero al periodo romano ed evolsero in quella miriade di sistemi locali così caratteristica dell'Europa premetrica.

Una antica unità di origine sassone è per esempio la *iarda* o *girth*, tratta anch'essa dal corpo umano, ma fatta derivare come campione naturale non dalla lunghezza degli arti, bensì dal girovita<sup>36</sup>. La iarda dei Sassoni appartiene evidentemente a un sistema primitivo di misure diverso da quello dei Greci e dei Romani, in cui il modello era il piede, e diverso anche da quello degli Ebrei e degli Egiziani dove l'unità di riferimento era costituita dal cubito: offre, perciò, come sottolinea ancora Adams, un'altra dimostrazione di come invariabilmente la natura si rivolga in primo luogo al corpo umano e alle sue proporzioni per individuare i primi campioni delle misure lineari. Si dice, comunque, che la iarda, col tempo, perse il suo carattere di *girth*, e che il suo modello sia stato adeguato alla lunghezza del braccio di re Enrico I. Si dice inoltre che sia stato scoperto che era pari a un multiplo del piede o che sia stata resa tale, adattandola in tal modo al resto del sistema: questa potrebbe essere la causa della differenza tra l'attuale piede inglese e quello dei Romani, da cui era stato introdotto come misura<sup>37</sup>.

Dopo che i Romani furono partiti, gli invasori iniziarono ad utilizzare i campi e le colonie che dai primi erano stati abbandonati. Come mostra Klein<sup>38</sup>, in questi luoghi gli Angli ed i Sassoni stabilirono le loro roccaforti tribali e i loro centri fortificati di difesa detti *buhrs* (che in seguito sarebbero stati chiamati *boroughs* e che avrebbero dato origine ad un consistente numero di località il cui nome termina per *-bury* o *-borough*). Il buhr era la sede del capo del villaggio o della tribù

<sup>34</sup> Vedi Connor, 1987 e Zupko, 1977

<sup>35</sup> Intorno al secondo secolo d.C erano quindi utilizzate da almeno 100 000 000 di persone!

<sup>36</sup> Adams, 1821

<sup>37</sup> Altre tre famose unità di origine sassone che si sono tramandate sino ad oggi nel sistema tradizionale britannico ed in quello americano sono la *libbra avoirdupois* (letteralmente *avere peso*) per i pesi (ora 453.59237 grammi), il *gallone* per la capacità dei liquidi (ora 4.54609 litri = 1.200950 galloni americani), e il *bushel* (tradotto talvolta in *staio*) per la capacità degli aridi (ora 36.36872 litri; in America 35.23907 litri ed uguale al vecchio *British Winchester bushel*).

<sup>38</sup> Klein, 1988

locale, oppure del governatore della regione. Il commercio fluiva da e verso i buhrs; che divennero anche sede dei tribunali e degli uffici per la riscossione delle tasse. La legge del territorio – nella misura in cui poteva esistere una legge finalizzata a tale scopo – forniva al buhr campioni autorizzati per le misure.

A partire dai primi documenti inerenti la storia del parlamento inglese, i libri contenenti le leggi emesse da questo organo legislativo sono pieni di tentativi inefficaci al fine di creare uniformità.

Le tradizioni storiche affermano che, per un intero secolo prima della conquista normanna, una *legge di Edgar* stabiliva che dovevano esserci uguali pesi e misure in tutto il regno, ma tale legge non fu mai rispettata. Il sistema che era stato introdotto dai Romani, anche se inizialmente uniforme, deve aver subito varie modifiche nei diversi governi dell'eptarchia sassone. Quando questi regni si unirono in un unico regno, fu naturale che le leggi di uniformità dovessero essere prescritte dal re e altrettanto naturale che presso il popolo la diversità dovesse persistere. Si dice che Canuto il Danese, Guglielmo il Conquistatore e Riccardo I, che possono essere annoverati tra i sovrani dotati di un'autorità più ampia e riconosciuta, abbiano promulgato leggi tanto degne della loro importanza quanto inefficaci. La conquista normanna non modificò in alcun modo i pesi e le misure già esistenti. Proprio le seguenti parole di una legge di Guglielmo il Conquistatore vengono citate da Adams:

Noi ordiniamo e comandiamo che in tutto il regno i pesi e le misure siano gli stessi che i nostri degni predecessori hanno stabilito. (citato in Adams, 1821, 662)

Il richiamo a pesi e misure uniformi compare anche in un decreto di Riccardo Cuordileone del 1189 e, pochi anni dopo, nella stessa *Magna Charta*.

Uno dei principali obiettivi di questo storico documento fu infatti quello di stabilire che avrebbero dovuto esserci unità uniformi, riconosciute, riproducibili sulle quali sia gli acquirenti che i venditori avrebbero potuto fare affidamento. Ma è importante sottolineare che si trattava di un'uniformità relativa ai pesi e alle misure già *esistenti*.

In particolare nella trentacinquesima clausola <sup>39</sup> del documento emesso nel 1215 (come noto vi furono ulteriori rilasci del trattato, il primo nel 1225) si può leggere <sup>40</sup>:

In tutto il regno ci saranno misure campione di vino, birra e grano (il quarto di Londra), e ci sarà anche una larghezza campione di tessuto tinto[...] che equivarrà a due ulne[...] I pesi dovranno essere standardizzati in maniera simile.

Pertanto il *quarto di Londra* e l'*ulna* erano misure esistenti, note e stabilite.

L'obiettivo dello statuto era non di innovare, ma di fissare i diritti e gli usi esistenti, così come di proteggere dalle frodi e dagli abusi. Esso asserisce che la misura dei cereali sarà il quarto di Londra, che quella del tessuto sarà due ulne, ma non definisce né la capacità del quarto, né la lunghezza dell'ulna: al contrario fa riferimento a entrambi come quantità già fissate e stabilite. Il capitolo non intende presentare un regolamento *generale* per i pesi e per le misure, ma si riferisce specificatamente e esclusivamente alla misura di tre articoli – vino, birra e cereali – e alla larghezza dei tessuti. La sua intenzione era di fare in modo che la misura dei cereali, della birra e del vino, *non* dovesse essere la stessa, cioè che la misura del vino non dovesse essere usata per la birra e per i cereali, né la misura della birra per il vino.

L'influenza della cultura romana rimase comunque evidente nei nomi delle principali unità di misura, dei loro multipli e dei loro sottomultipli usati in Gran Bretagna come in tutta Europa e la sua eredità fu messa in discussione solo nel XVIII secolo, con l'introduzione del sistema metrico.

<sup>39</sup> Nel documento originale le clausole non erano numerate.

<sup>40</sup> Originale latino: "Una censura vini sit per totum regnum nostrum, et una mensura cervisie, et una censura bladi (silicet quarterium Londoniense), et una latitudo pannorum tinctorum [...] scilicet due ulne [...] de ponderibus autem sit ut de mensuris.

## 2.7 L'esigenza di un sistema di misura universale

Alla fine del secolo XVII si impose, come noto, un importantissimo precetto nella procedura scientifica: in via di principio, nessun esperimento doveva essere accettato, nessuna osservazione creduta, nessun fenomeno stabilito fino a che il lavoro non potesse essere riprodotto e le misurazioni verificate da altri scienziati oltre a quello che aveva annunciato i risultati e li aveva rivendicati a suo merito. Si fa strada l'idea che la scienza non ha nessun valore fino a che non viene comunicata, e quando viene comunicata non viene giudicata e valutata come un'opera d'arte, ma viene verificata in base alle misure effettuate. Ciò è alla base, evidentemente, della nascita dello stesso concetto di comunità scientifica.

E' con il pieno affermarsi del metodo sperimentale da una parte e la spinta alla collaborazione internazionale dall'altra (si pensi alle esigenze maturate dall'accrescersi degli scambi commerciali e culturali) che, nel XVIII secolo, venne per la prima volta *fortemente* sottolineata la necessità di disporre di unità di misura unificate in sostituzione dell'enorme numero di unità in uso nei diversi paesi, situazione che rendeva per esempio pressoché impossibile qualsiasi confronto dei risultati ottenuti da ricercatori di diversa nazionalità nell'osservazione dello stesso fenomeno fisico.

Cambiare un sistema di pesi e misure (e moneta) in un paese incontra notoriamente molte resistenze, dovute a ragioni di diverse nature: pratica, sociologica, psicologica. Le leggi possono aiutare ad imporre il nuovo sistema, ma il processo di cambiamento può durare decenni e spesso può semplicemente risolversi in un fiasco. Ricordiamo che nel passato tentativi di unificazione incontrarono resistenze ed opposizioni sociali molto forti che li destinarono infine all'insuccesso, come per esempio la riforma carolingia o quella rinascimentale <sup>41</sup>.

Idealmente gli scopi del legislatore sono l'uniformità e la stabilità; un unico campione deve essere lo stesso per ciascuna persona e per tutti i fini, e deve continuare ad essere lo stesso per sempre <sup>42</sup>.

Questi obiettivi, tuttavia, richiedono poteri che finora nessun legislatore ha mai posseduto. Il potere di un legislatore è stretto nei limiti del territorio su cui esercita le sue funzioni e dal numero dei suoi abitanti. Il suo principio di universalità, perciò, non può essere esteso oltre i confini del suo popolo semplicemente grazie al suo potere. Il potere del legislatore è limitato nel tempo. Egli può cambiare i suoi scopi. Non è infallibile, può commettere errori nella scelta dei mezzi più idonei alla realizzazione dei suoi obiettivi. Non è immortale, un suo successore acquisirà i suoi poteri, ma avrà idee, opinioni forse anche principi diversi. Il legislatore non ha potere sulle proprietà della materia. Non può dare una nuova costituzione alla natura. Non può abrogare la sua legge di mutabilità universale. Non può realizzare la quadratura del cerchio. Non può ridurre la lunghezza e il peso specifico a un'unica misura comune. Non può dividere o moltiplicare le parti della superficie, del cubo o della sfera attraverso l'uniforme ed esclusivo numero 10. Il potere del legislatore è limitato alle azioni dei suoi sudditi. Il suo scontro con loro è privo di speranze quando agisce contro le loro abitudini consolidate, le loro usanze stabilite, la loro economia domestica e individuale, la loro ignoranza, i loro pregiudizi e le loro esigenze: e tutto questo è inevitabile ogni volta che si tenta di cambiare radicalmente un sistema di pesi e misure o di crearne uno completamente nuovo. (Adams, 1821, 659)

Il problema diviene ancora più difficile da risolvere quando si vuole raggiungere un accordo di tipo internazionale. Ogni tentativo di standardizzazione potrebbe essere percepito come una imposizione della nazione più influente o potente sulle altre.

<sup>41</sup> Nel 789, curiosamente mille anni prima della Rivoluzione Francese, Carlo Magno attuò uno storico tentativo verso l'uniformità ordinando per legge l'impiego di misure identiche in tutto il suo impero. Il tentativo di ridurre le misure coincideva con i grandi sforzi di unificare lo stato, così come fecero del resto molti sovrani del Rinascimento

<sup>42</sup> Come bene riassume Adams (Adams, 1821), l'*uniformità* dei pesi e delle misure può riferirsi:

agli stessi *pesi e misure*;

agli *oggetti* della misurazione e del peso;

al *tempo*, cioè al periodo della loro istituzione;

al *luogo*, cioè all'estensione del paese in cui sono usati, comprendendo anche le persone che li usano;

ai *numeri*, cioè alle modalità di numerazione, moltiplicazione o divisione delle loro parti e delle loro unità;

alla loro *nomenclatura*, cioè ai nomi con cui sono chiamati;

alla loro relazione con le *monete*.

Questa è sicuramente almeno una delle ragioni che spinse diversi studiosi e scienziati a ricercare unità che non fossero arbitrarie come qualsiasi materializzazione delle parti del corpo umano. Campioni presi dalla natura, “*prins dans la nature*”<sup>43</sup>, furono visti come una possibilità di raggiungere una riforma accettabile da tutte le nazioni.

## 2.8 Sulla genesi del sistema metrico

Il problema di avere un sistema di unità di misura universale fu per la prima volta studiato seriamente più o meno allo stesso tempo in Francia, Gran Bretagna e Stati Uniti alla fine del XVIII secolo, benché l'unico programma alla fine realizzato fu quello lanciato in Francia ai tempi della Rivoluzione, quando l'Assemblea Nazionale<sup>44</sup> si avvalese al riguardo del lavoro dei più emeriti scienziati e filosofi. Questo programma partì agli inizi del 1790, ed il suo successo fu dovuto a differenti ragioni che, in aggiunta allo spirito di universalità illuminista, certamente includono la forte determinazione politica di supportare il progetto con l'istruzione e l'imposizione. Il progetto del resto si attuò in una situazione nella quale i rivoluzionari produssero una nuova bandiera, abolirono tutti i vecchi titoli nobiliari, rovesciarono la monarchia assoluta, promulgarono la storica *Dichiarazione dei Diritti dell'Uomo e del Cittadino*, cancellarono le vecchie province e governi locali, stabilirono una “nuova Francia” di 83 dipartimenti elettorali e confiscarono tutte le proprietà ecclesiastiche.

Non si deve dimenticare che la rivoluzione industriale cominciò ad affermarsi in Francia con oltre mezzo secolo di ritardo rispetto all'Inghilterra. L'arretratezza della Francia era da imputare soprattutto alla sopravvivenza di una struttura sociale arcaica, percepita sempre più come un freno allo sviluppo. Infatti pur restando vero che nel trentennio cruciale 1760-90 non esistevano ancora in Francia le condizioni per un decollo industriale capace di coinvolgere l'intero paese, i dati dicono<sup>45</sup> che all'interno di questo grande paese di 500 000 chilometri quadrati (quasi il quadruplo dell'Inghilterra e del Galles) esistevano regioni e settori in grado di competere con lo sviluppo inglese. Il vero ritardo della Francia stava precisamente nel fatto che le forze più dinamiche dell'economia stentavano a penetrare nelle zone geografiche ed economiche più profondamente frenate dal peso delle tradizioni e dalla presenza di strutture sociali che per molti aspetti potevano dirsi feudali. La vastità del paese e la lentezza e il costo delle vie di comunicazione rendevano molto teoriche le convinzioni dei fisiocratici<sup>46</sup> sui vantaggi del libero commercio. La Francia continuava a essere divisa economicamente da molte centinaia di barriere daziarie interne e pedaggi (alcuni dei quali collegati a vecchi diritti signorili), e tutti i tentativi di creare un sistema uniforme di pesi e misure si erano arenati. E' stato stimato che in quel periodo in Francia vi erano circa 800 nomi di misure, e considerando i loro differenti valori nelle diverse regioni e città, circa 250.000 unità di misura differenti! Per quanto riguarda le unità di lunghezza, per esempio, oltre al *piede reale* vi erano altri dodici campioni diversi di piede. Ma le stoffe si compravano ad *aune*, un'antica misura corrispondente a circa un metro e 20 centimetri: e già solo a Parigi c'erano tre diverse aune, per misurare i diversi tipi di stoffa. Per complicare ulteriormente le cose, c'erano aune più lunghe per comprare all'ingrosso, più corte per la vendita al dettaglio.

Sottolinea in maniera efficace il geografo e cartografo Charles de La Condamine i disagi di tale situazione:

<sup>43</sup> Talleyrand, 1790 ; Borda et alt., 1791

<sup>44</sup> L'Assemblea Nazionale cambiò in effetti nome in Assemblea Legislativa nell'ottobre del 1791 e in Convenzione Nazionale nel settembre del 1792. Per comodità di linguaggio nel libro continueremo però ad utilizzare sempre il nome originario di Assemblea Nazionale.

<sup>45</sup> Vedi per esempio Guarracino et alt., 1993

<sup>46</sup> La nuova agricoltura e la politica della libertà di commercio come elementi di sviluppo erano state teorizzate in Francia dalla fisiocrazia non meno di quanto facevano nello stesso periodo in Inghilterra gli scrittori di agronomia e di economia; ma in pratica la Francia era assai più indietro della sua diretta rivale. Per risollevarne le sorti la scuola fisiocratica propugnava una completa libertà economica.

E' del tutto evidente che la diversità dei pesi e delle misure utilizzati nei vari paesi e, spesso, anche all'interno di una stessa provincia, è causa di imbarazzo nel commercio, nello studio della fisica, nella storia e perfino nella politica; i nomi delle misure straniere che ci appaiono ignoti, la pigrizia e la difficoltà nel convertire i loro valori nei nostri sono motivo di confusione e ci impediscono di conoscere fatti che potrebbero esserci utili. (La Condamine, 1774, 489)

I nomi delle misure erano spesso, in tutte le loro varianti, legati non solo alle dimensioni del corpo umano, ma anche alle sue attitudini: quantità di terra lavorata in un giorno, quantità di vino che si può bere durante un pasto, ecc... In un certo senso l'eterogeneità e la diversità riflettevano il potere che risiedeva nelle mani dei nobili locali che avevano resistito nei secoli a tutti i tentativi dei Re e consiglieri della corona di uniformare i campioni<sup>47</sup>. Tali resistenze avevano portato addirittura due grandi illuministi come gli autori dell'Encyclopédie, Jean d'Alembert e Denis Diderot, ad affermare

<sup>48</sup>

La diversità dei pesi è uno dei capitoli più imbarazzanti del commercio, ma è un inconveniente irrimediabile. Non soltanto la riduzione dei pesi di tutte le nazioni ad uno solo è cosa impossibile, ma la riduzione stessa dei differenti pesi in una sola nazione è impraticabile. Ne sono prova gli inutili sforzi compiuti in Francia per ridurre i pesi sotto Carlo Magno, Filippo il Lungo, Luigi IX, Francesco I, Enrico II, Carlo IX, Enrico III, Luigi XIV.

Come bene mette in evidenza Adams, in metrologia alle fonti di diversità proprie della natura delle cose devono essere aggiunte tutte quelle che nascono dalla natura e dalla storia dell'uomo. Nel primo uso dei pesi e delle misure, né l'universalità né la stabilità sono qualità essenziali per l'uniformità dei campioni. Si può persino affermare che nella società civile, non è strettamente *necessario* in ambito commerciale che i campioni di acquirente e venditore siano gli stessi. E' sufficiente che le proporzioni tra i modelli dell'uno siano comprese dall'altro e viceversa. Come già introdotto, nell'evoluzione della società l'uso di pesi e misure ha certamente preceduto la loro regolamentazione. Fino a quando non saranno disciplinate dalla legge, le diversità delle unità di misura saranno infinite e i loro cambiamenti continui. La legge scopre che pesi e misure già esistono con innumerevoli diversità, che derivano anche da tutte le frodi che le diversità continuamente favoriscono e ispirano.

Queste diversità vengono ulteriormente moltiplicate dagli usi scorretti che derivano dalla povertà, dalle imperfezioni e dagli inganni della lingua umana.

Tanto arbitraria e irrazionale è la sovranità dell'uso sulla lingua umana che, invece di attribuire un nome specifico ad ogni singolo oggetto, l'uomo è costretto da una irresistibile inclinazione a dare, talvolta, nomi diversi alla stessa cosa, ma, molto più frequentemente, a chiamare con lo stesso nome cose diverse. I pesi e le misure sono, per loro natura, relativi. Quando l'uomo inizialmente prende in prestito dalla sua persona una misura campione di lunghezza, il primo errore che commette è di dare alla misura il nome dell'arto da cui essa è stata desunta. Chiama la *misura* cubito, spanna, mano, dito o piede, attribuendo impropriamente a essa il nome delle rispettive parti del suo corpo. Quando scopre le proprietà della bilancia, o confonde con essa il nome del peso che adopera per pesare l'articolo che vuole misurare, oppure attribuisce alla massa definita che assume come campione il nome indefinito e generico de *il peso*. Tale era il significato primitivo del peso che noi chiamiamo *pound* (peso). Ma poiché le diverse famiglie assumono diverse masse per la loro unità di peso, il *pound* (peso) dell'una avrà lo stesso nome, ma sarà del tutto diverso da quello di un'altra famiglia. (Adams, 1821, 659)

Si può avere un'idea della situazione della Francia di quel periodo leggendo questa bella citazione dello storico Denis Guedj.

<sup>47</sup> Carlo il Calvo (editto di Pitres dell'864), Luigi l'Hutin, Filippo il Lungo, Francesco I (editto sull'*auna* del 1540-1545), Enrico II nel 1557, Le "Suppliche degli Stati Generali" del 1560, 1576, 1614, Enrico IV, Colbert, Laverdy nel 1764, Trudaine e Marigny del 1766, e successivamente Filippo il Bello, Luigi XI, Luigi XII, Luigi XIV avevano, in particolare, tentato di rendere le unità di Parigi obbligatorie in tutto il Paese.

<sup>48</sup> Encyclopédie, XII, alla voce "poids"

Ciò che si rimproverava alla molteplicità dei gerghi veniva rimproverato anche alla diversità di pesi e misure: la legna da ardere era venduta a corde, il carbone di legna a carrate, il carbon fossile a carra, l'ocra a botti, e il legname per carpenteria al marco o alla solive. Si vendevano i frutti di cedro alla poinçonnée, il sale al moggio, al sestario, a mine, a mezza mine, a staia, a once; la calce si vendeva al poinçon, e i minerali alla raziera. Si comprava l'avena a profonda e il gesso a sacchi; il vino a pinta, a mezza pinta, a caraffa, a roquille, a boccale e a mezzetta. L'acquavite si vendeva a brente, il grano a moggi e a salme. Le stoffe, i tappeti e la tappezzeria si compravano ad aune; boschi e prati venivano misurati in pertiche, i vigneti in daureés. L'arpento valeva dodici hommées, misura che indicava una giornata di lavoro di un uomo; altrettanto valeva per l'ouvrée. Gli speciali pesavano in libbre, once, dramme e scrupoli; la libbra valeva dodici once, l'oncia otto dramme, la dramma tre scrupoli, e lo scrupolo venti grani.

Le lunghezze erano misurate in tese e in piedi del Perù, che equivalevano a un pollice, una logne, e otto punti di piede del Re, il quale piede poteva essere quello del re di Macedonia o di Polonia, e anche quello delle città di Padova, di Pesaro e Urbino. Era, molto approssimativamente, l'antico piede della Franca Contea, del Maine e del Perche, e il piede di Bordeaux per l'agrimensura. Quattro di questi equivalevano più o meno all'auna di Laval, cinque formavano l'esapodo dei Romani, che era pari alla canna di Tolosa e alla verga di Norai. C'era poi quella di Raucourt, e anche la corda di Marchenoir en Dunois. A Marsiglia, la canna per le lenzuola era di circa un quattordicesimo più lunga di quella per la seta. Che confusione: sette-ottocento nomi!

«Due pesi e due misure!» era il simbolo stesso dell'ineguaglianza. (Guedj, 1997, trad. it. 24)

Si era in tal modo venuto a formare, all'interno di ogni gruppo sociale, collettività territoriale o corporativa, un sistema di misure appropriato alle esigenze del gruppo, sistema omogeneo solo se considerato unicamente dal punto di vista del luogo o del mestiere. In un'epoca in cui il lavoro, i governi e la vita civile erano fortemente localizzati, anche le misure erano locali. Ogni comunità locale aveva il proprio pollice e il proprio piede, e analogamente accadeva per le unità di altre grandezze.

L'insieme delle misure allora in uso può essere certo definito come una sorta di caos informe, che aveva altresì lasciato così ampio spazio a innumerevoli controversie e alle ingiustizie sociali <sup>49</sup>.

Le misure premetriche - proprio perché hanno un carattere non convenzionale ma significativo, perché sono un attributo del potere e uno strumento per imporre il privilegio di classe e perché attorno ad esse si è accesa spesso violenta la lotta di classe - posseggono un ricco e concreto contenuto sociale, che la metrologia storica avrebbe il compito di portare alla luce. (Kula, 1970, trad. it. 109)

Il potere che di volta in volta aveva conquistato il diritto di stabilire e controllare le misure, si era venuto a trovare in una posizione privilegiata, una vera e propria *sovranità metrologica*. Basti pensare che per esempio in epoca feudale, quando di fatto coesistevano sovranità diverse (la comunità, il signore, la Chiesa, il Re, l'Imperatore) esistevano in pratica anche sistemi di unità di misura diversi, ognuno valido nel proprio ambito. Il potere si esprimeva anche così: anzi, l'imposizione delle proprie unità di misura nei commerci spesso era più importante che la forza delle armi.

La richiesta dell'unificazione del sistema dei pesi e delle misure è presente in molti dei *cahiers de doléances*, i lunghissimi elenchi di lamentele redatti dai cittadini francesi nel 1789 in vista della convocazione degli Stati generali <sup>50</sup>; in molti casi si trattava di una protesta antif feudale (i signori traevano particolari vantaggi dai loro diritti sui campioni metrologici, diversi a seconda che si trattasse per loro di vendere o comprare), ma spesso la richiesta mirava all'unificazione del mercato e all'eliminazione degli ostacoli allo sviluppo del commercio interno <sup>51</sup>.

<sup>49</sup> Ogni misura, come afferma Kula, in quanto istituzione sociale, è espressione di una particolare categoria di rapporti fra gli uomini e perciò può informarci di questi rapporti.

<sup>50</sup> Il sistema elettorale adottato per il Terzo Stato non fu uniforme da provincia a provincia e assunse la forma dell'elezione indiretta, con assemblee primarie da cui uscivano assemblee più ristrette di grandi elettori. Da ogni assemblea, a partire da quelle delle parrocchie rurali, uscì non soltanto un eletto ma anche un *cahier de doléance*, un documento che indirizzava lamentele e petizioni agli Stati generali. Tali *cahiers* furono in complesso poco meno di 600 000 e se anche nella loro redazione prevalse comprensibilmente il parere dei ceti superiori del Terzo stato - che quanto meno erano in grado di scriverli materialmente - tuttavia non si può negare che in qualche modo essi dettero la parola al popolo francese: decime, privilegi fiscali, diritti signorili e tassazione troppo elevata furono denunciati con un tono generalmente non sovraeccitato ma ugualmente fermo.

Talvolta l'ordine sprigiona dal caos. Questo fu proprio il caso con la metrologia in Francia, dove per la prima volta si affermò un sistema di misura universale, il sistema metrico decimale, vero antenato dell'attuale sistema internazionale. Come detto non affronterò qui la ricostruzione di questa importantissima vicenda storica, per la quale rimando ai tanti testi ed articoli pubblicati, ed anche al contributo presentato insieme a D'Agostini e citato nell'introduzione.

### 3 Il computo del tempo nel passato

*L'Horologium non solo mostra e registra l'ora a vantaggio della nostra vista, ma con la sua campana annuncia all'orecchio di quanti sono lontani o al chiuso della propria casa il passare del tempo. Così, muovendosi di propria iniziativa a beneficio dell'uomo, giorno e notte, esso ci sembra quasi vivo e niente può essere più utile e piacevole.*

Giovanni Tortelli

Misurare e studiare la durata degli eventi naturali è una delle prime attività umane che si possono chiamare "scienza". Paesi agricoli senza scrittura avevano un forte bisogno di conoscere la durata dell'anno e delle stagioni, allo scopo di programmare lavori vitali come la semina e la raccolta.

L'uomo primitivo si deve essere guardato intorno alla ricerca di qualche fenomeno naturale che, evolvendo in modo ritmico ed uniforme, potesse essere utilizzato come indicatore del tempo che passa. E' noto che qualsiasi evento che si ripeta con regolarità nel corso di lunghi periodi, o qualsiasi meccanismo naturale o artificiale che si muova di moto uniforme, può essere utilizzato per misurare lo scorrere del tempo: potrebbe andar bene allo scopo, ad esempio, il sorgere e il tramontare periodico del Sole, il defluire dell'acqua o della sabbia entro una *clepsidra* (dal greco *klepsidra*, ladra d'acqua) o il semplice battito del cuore. Ora, fra tutti i fenomeni naturali, con i quali l'uomo primitivo era quotidianamente a contatto, la regolarità dei moti celesti<sup>52</sup> sembrava essere il più evidente indicatore dello scorrere del tempo<sup>53</sup>.

L'identificazione del divenire temporale con l'alternanza del giorno e della notte dipende dall'esperienza immediata di ciascun essere umano. Il giorno è seguito dalla notte, e le subentra di nuovo la mattina seguente. Come discusso nel capitolo precedente, quando gli uomini hanno voluto misurare la lunghezza hanno certo scelto in modo alquanto diverso le loro unità: cubito, piede, tesa, spanna, palmo ecc. Nel caso del tempo in tutte le epoche e in qualsiasi parte del mondo, s'impose il giorno. La successione dei giorni e delle notti ritma la vita della Terra e regola il lavoro umano. Il *giorno* è senza alcun dubbio *l'unità naturale ed universale* della misura del tempo<sup>54</sup>.

<sup>51</sup> Come uno di innumerevoli esempi valga questa frase tratta dal *cahier de doléances di Sens*, citato in Kula, 1970: "In tutto il Regno vi sia un solo Dio, un solo Re e una sola legge, un solo peso e una sola misura".

<sup>52</sup> Ancora oggi accade del resto che quando una persona si abitua a non portare l'orologio, il modo più naturale e spontaneo per sapere l'ora, sia quello di guardare il cielo. Il moto degli astri, e del Sole in particolare, deve aver quindi rappresentato per l'uomo primitivo una specie di orologio naturale sempre disponibile e della cui immutabilità poteva essere certo.

<sup>53</sup> Non è certo un caso poi che l'astronomia prima di altre scienze sia arrivata ad una certa sofisticazione matematica, concettuale e strumentale ed abbia poi rappresentato un modello per le scienze fisiche.

<sup>54</sup> Come è stato mostrato (vedi Cordara, 2000) ciò che fu arbitraria fu solo la scelta dell'inizio del giorno, anche se si fece comunque sempre riferimento ai quattro momenti principali della giornata collegati al Sole: l'alba, il tramonto, il mezzogiorno e la mezzanotte. Ecco alcuni esempi:

- al calar del Sole, presso gli ebrei, i Cinesi, i Greci, i Romani;
- al sorgere del Sole, presso i Caldei, gli Egiziani, i Persiani, i Siriani;
- a mezzogiorno, presso gli antichi Arabi e nella comunità degli astronomi;
- alla mezzanotte, per gli astronomi Caldei, gli astronomi Ipparco e Copernico.

E' importante anche ricordare che i popoli primitivi non pensavano al tempo come a una somma di brevi intervalli eguali, per esempio i minuti o i secondi. Per loro il tempo appariva come *un ciclo ricorrente* di eventi naturali familiari.

Oltre al ciclo giorno-notte, l'osservazione delle variazioni nell'aspetto della Luna durante un tempo fissato (*fasi lunari*) e l'identificazione del tempo necessario perché la Luna tornasse ad assumere lo stesso aspetto - per noi il tempo impiegato dalla Luna per tornare nella stessa posizione rispetto alla Terra (detto anche *mese sinodico*) - dovettero essere tra le prime osservazioni condotte dall'uomo preistorico e uno dei modi possibili per calcolare il trascorrere del tempo.

Le stagioni si succedevano l'una all'altra, in un ciclo annuale (anno deriva da *annus*, *annulus*, ovvero anello, circuito del tempo) che si ripeteva di continuo. Anche il movimento delle stelle era ciclico. Questi corpi celesti si ripresentavano sempre uguali, e negli stessi punti della volta, dopo determinati intervalli. L'idea di mutamenti ciclici solo temporanei e dell'invarianza del mondo nella sua totalità dominò nella mente dei pensatori per molti secoli. Si pensava che tutti i fenomeni mutassero ciclicamente, tornando agli stati loro appropriati. Il farsi astratto del tempo, il suo rendersi autonomo, è davvero operazione relativamente recente. Come noto del resto il simbolo più antico per rappresentare il tempo è l'Uroborus, il serpente che inghiotte la propria coda, di cui ci sono rimaste testimonianze del 10000 a.C. circa.

Anche gli astronomi babilonesi e greci, i quali infine arrivarono a una concezione del tempo simile alla nostra, cominciarono con una scala ciclica di tempo-distanza. Essi dapprima osservarono che la Luna compie il suo tragitto nel cielo in 29 giorni circa, poi notarono che particolari stelle e costellazioni segnavano ciò che più tardi i Romani avrebbero denominato *mansiones* (da manere, soggiornare), ovvero i movimenti giornalieri della Luna. Da poco prima del 400 a.C., sia le stelle che le costellazioni vennero impiegate per indicare le distanze percorse dal Sole durante i mesi lunari.

Se l'anno, il mese e il giorno riflettono un criterio di suddivisione del tempo in qualche modo naturale, dato che è possibile associarli ad un ciclo astronomico osservabile, i millenni, i secoli <sup>55</sup>, i decenni, la settimana e le unità di durata inferiore al giorno sono invece puramente convenzionali, nonostante una lunga consuetudine diffusa presso molte culture abbia da tempo memorabile determinato una convergenza e una omogeneizzazione su scala planetaria. La settimana è per esempio adottata virtualmente dovunque da millenni.

La prima documentazione scritta che si riferisce alla settimana è proprio nella Genesi, dove si narra che Dio creò il mondo in sei giorni ed il settimo si riposò.

Furono così compiuti il cielo e la terra e l'organizzazione di tutti gli altri esseri. Avendo Iddio ritenuta finita, al settimo giorno, l'opera che aveva compiuto, il giorno settimo cessò da ogni opera da lui fatta, e benedì questo giorno e lo santificò, perché in esso aveva cessato da ogni da ogni opera da lui compiuta, creando.(Genesi, 2, 1-3)

Ciò fa ritenere a molti che siano stati gli Ebrei ad introdurre per primi la settimana.

Ma come era divisa a sua volta l'unità naturale di tempo?

### 3.1 Il sistema sessagesimale

L'osservazione degli astri fornisce anche il mezzo per dividere la notte – e il giorno - in unità di tempo stabilite, scegliendo come punti di riferimento stelle fisse, spaziate a intervalli uguali nella volta celeste. Ciò sicuramente non è semplice. Il cielo cambia ogni giorno e ogni notte così come per gran parte dell'anno in cui molti tra gli astri noti sono addirittura invisibili; la visuale del cielo muta anche a seconda della collocazione fisica dell'osservatore. Questo problema fu risolto

<sup>55</sup> Il termine secolo come rappresentazione di un periodo di 100 anni si è diffuso solamente al tempo della Rivoluzione Francese, ed è legato al tentativo di introdurre una scala decimale anche al tempo (vedi Agnoli, 2004). I Romani, ai quali si deve tale termine, non gli attribuivano lo stesso significato. Plinio per esempio chiamava secolo un periodo di 30 anni, ma per altri significava 25, 112 o 116 anni.

comunque in qualche modo, combinando le risorse matematiche disponibili con la costante osservazione del cielo.

La divisione del giorno in 24 *tappe* (12 diurne e 12 notturne <sup>56</sup>) fu per prima adottata ufficialmente dagli Egiziani <sup>57</sup>, ma aveva le sue radici nella cultura degli antichi Babilonesi.

Il sistema dei numeri adottato in Mesopotamia era basato in effetti sul numero 60, e gli studiosi affermano che è plausibile che ciò derivi in qualche modo dai “30 giorni del mese” e dai “360 giorni” dell’anno (nella ripartizione dell’anno in mesi e giorni è probabile appunto che si lasciarono influenzare dal tempo che intercorre tra una Luna piena e l’altra).

Il percorso del Sole sarebbe stato così considerato come una circonferenza di 360 *danne* (lunghezze), ovvero di 360°.

Fu Tolomeo di Alessandria (90- 150 d.C. circa) che per primo poi <sup>58</sup> ufficialmente divise ognuno dei 360 gradi di una circonferenza in 60 minuti (*60 partes minutae primae*) e ogni minuto in 60 secondi (*60 partes minutae secundae*) <sup>59</sup>. Gli astronomi del Medioevo seguirono questa usanza quando introdussero il minuto e il secondo come misure di tempo, dividendo (su base 60) l’ora in intervalli sempre più piccoli (il nome secondo deriva dal latino *secundus* e fa riferimento al fatto che il secondo è la seconda suddivisione di qualcosa, il grado o l’ora).

Il rapporto tra la misurazione degli angoli e le unità di tempo va oltre la semplice considerazione che in entrambi i casi si utilizzi il minuto. Tutti gli orologi non digitali mettono in rapporto una posizione angolare di un cerchio a un punto di un infinito flusso temporale. Le lancette dell’orologio compiono movimenti rotatori in qualche modo analoghi a quelli realizzati dai corpi celesti e dalla Terra.

E’ sempre in Egitto che nascono gli studi di astronomia e cosmologia, che culminano nella divisione dell’anno in 12 mesi e del mese in 30 giorni, con un’aggiunta di 5 giorni ad ogni anno. Questi 5 giorni erano associati ai compleanni delle più importanti divinità del pantheon egiziano. L’anno era così lungo 365 giorni. Gli Egiziani comunque non fecero nessun tentativo per forzare il loro calendario a tenere il passo con le stagioni, come facciamo noi attualmente aggiungendo i giorni bisestili.

### 3.2 Il calendario

La storia della misurazione del tempo mostra che i calendari sono molto diversi tra loro. Vi sono calendari lunari, che si fondano sul ciclo delle fasi lunari; calendari solari, che si fondano sull’orbita del Sole; e calendari lunisolari, che cercano di combinare i due sistemi <sup>60</sup>. I primi calendari del paleolitico erano lunari: questa circostanza viene comunemente spiegata ricordando che il ciclo lunare diviene evidente in 29 giorni, mentre quello del Sole richiede un anno per essere osservato. I calendari egizi furono inizialmente lunari, poi lunisolari.

Nella Grecia classica ogni città-stato aveva un metodo diverso per indicare gli anni, i mesi e i giorni. Ad Atene vi era una persona responsabile del calcolo dell’anno, chiamata *archon eponymos* cioè arconte, la cui carica era “annuale”, cosicché gli ateniesi piuttosto che parlare di anno, si riferivano a qualcosa che era avvenuto, ad esempio, “durante l’arcontato di Euclide”.

<sup>56</sup> Il 12 è un numero un pò particolare in quanto si lascia dividere in vario modo in parti più piccole senza lasciare resto e questo fatto, per popoli che non avevano certo dimestichezza con il calcolo delle frazioni, doveva essere molto vantaggioso. Il 12 infatti è divisibile, senza lasciare resto, per 2, 3, 4 e 6 e nessun altro numero così piccolo si lascia dividere in tante parti dando sempre valori interi. Anche il 30 è originale in questo senso, in quanto si lascia dividere, dando sempre numeri interi, per 2, 3, 5, 6, 10 e 15.

<sup>57</sup> Le ore comunque non avevano la stessa durata. Ciò che permise l’introduzione delle ore di periodo uniforme fu l’invenzione, poco dopo il 1300, dell’orologio meccanico il quale misurava il tempo contando movimenti periodici e uniformi (vedi par. 3.3).

<sup>58</sup> Riprendendo anche studi di Ipparco (morto il 127 a.C.) e Menelao (morto il 98 d.C)

<sup>59</sup> Nell’opera trigonometrica più influente e significativa dell’antichità, la *Sintassi Matematica*, nota però come *Almagesto*, che vuol dire “il più grande”, per l’abitudine data da altri autori (tra cui Aristarco) a chiamare l’opera con l’aggettivo *megiste* (maggiore).

<sup>60</sup> Tugnoli, 2000

Diversi furono i metodi escogitati per stabilire un anno zero di partenza<sup>61</sup>, tra cui la data di inizio dei Giochi Olimpici e quella a cui tradizionalmente viene fatta risalire la caduta di Troia<sup>62</sup>. I Giochi Olimpici, che furono organizzati per la prima volta nel 776 a.C. e si ripetevano ogni quattro anni, vennero utilizzati come sistema di riferimento a partire dal IV secolo a.C. fino a tutta la durata dell'Impero Bizantino. Il 776 a.C. fu pertanto considerato l'anno Ol. 1,1 (dove Ol. sta per Olimpiade; 775 a.C. fu quindi 1,2), il 772 a.C., anno dei secondi Giochi Olimpici, fu definito Ol. 2,1. Fu Eratostene a suggerire la data tradizionale della caduta Troia (1183 a.C.) come punto di partenza alternativo nel computo degli anni. Tale avvenimento doveva, secondo i suoi calcoli, essersi verificato 860 anni prima della morte di Alessandro Magno, avvenuta nel 323 a.C.<sup>63</sup>.

Per quanto riguarda i Romani, si può affermare innanzi tutto che, nel periodo classico, l'anno veniva definito con i nomi dei due consoli in carica. Tali nomi potevano essere seguiti, se necessario, da un aggettivo numerale, ad esempio III, cioè *tertio* o *tertium*, che voleva dire “console per la terza volta”

Un metodo più “scientifico” fu utilizzato alla fine dell'era repubblicana e si basava sull'adozione della data della fondazione di Roma come anno di partenza, fondazione che viene fatta risalire da alcuni ad un periodo compreso tra il 754 e il 751, e da altri al 753 a.C. *Ab urbe condita* (A.U.C.) era la frase abitualmente usata e che significava appunto “a partire dalla fondazione di Roma”. Questa cronologia venne adoperata davvero a lungo. Ricordiamo anche che fu il monaco cristiano Dionysius Exiguus che, tra il 525 e il 540 d.C., introdusse il computo degli anni proprio dell'era cristiana, considerando l'anno della nascita di Cristo l'anno 1. Qualche decina di anni prima un altro monaco, Vittorino di Aquitania, aveva fatto una proposta analoga assumendo però come riferimento la Passione.

I nomi dei mesi romani sono utilizzati ancora oggi, ma il loro significato non è immediatamente evidente. E' chiaro che i nomi di quelli compresi tra settembre e dicembre significano ovviamente settimo, ottavo, nono e decimo mese, anche se, in realtà, si riferiscono ai mesi compresi tra il nono e il dodicesimo. Infatti per i Romani marzo era il primo mese<sup>64</sup>; inoltre, durante il periodo monarchico (dal 753 al 510 a.C.), unicamente i dieci mesi compresi tra marzo e dicembre avevano dei nomi. Solo nel 509 a.C., in era repubblicana, vennero introdotti i nomi gennaio (che deriva da *Janus*, dio dei cancelli) e febbraio (da *februa*, le offerte di espiazione agli dei). Fu nel 153 d.C. che gennaio divenne il primo mese, mentre, in seguito, i mesi che vanno da marzo a giugno assunsero i nomi degli dei e delle festività religiose. Nel periodo post-repubblicano, i mesi *Quintilis* e *Sextilis*, che corrispondevano rispettivamente al quinto e al sesto mese, furono ribattezzati luglio e agosto in onore di Giulio Cesare e di Augusto<sup>65</sup>. La più importante riforma di Cesare fu quella di adottare come riferimento l'anno *solare* o *tropico*, la cui lunghezza media era 365.25 giorni<sup>66</sup>. Giulio Cesare riformò il calendario (dal latino *calendarium*, libro dei crediti) verso il 45 a. C.; egli stabilì l'*anno civile*<sup>67</sup> della durata di 365 giorni, diviso in 12 mesi. Ogni tre anni, poi, ne intercalò un quarto di 366 giorni, onde recuperare le sei ore circa dell'anno tropico che - in quello civile - non erano

<sup>61</sup> Withrow, 1988

<sup>62</sup> Vedi Dilke, 1993

<sup>63</sup> Vedi sempre Dilke, 1993

<sup>64</sup> I Romani erano molto superstiziosi. Ritenevano i numeri dispari “fortunati”, quelli pari “sfortunati”, e così tutti i mesi ad eccezione di febbraio (28) avevano un numero dispari di giorni: marzo, maggio, luglio (vedi oltre) e ottobre 31, tutti gli altri 29.

<sup>65</sup> Vedi sempre Dilke, 1993

<sup>66</sup> Per *anno sidereo* si intende il periodo della rivoluzione terrestre: esso corrisponde all'intervallo di tempo che passa fra due ritorni consecutivi del Sole nella stessa posizione fra le stelle ed ha una durata di 365d 6h 9m 10s (i simboli sono quelli utilizzati nel sistema internazionale). Il periodo di tempo impiegato dalla Terra a compiere un intero giro dell'orbita - cioè *l'intervallo di tempo che intercede tra due successivi equinozi di primavera* - è detto *anno tropico* o *solare*; la sua durata è di 365d 5h 48min 46s, circa 20 minuti più breve quella dell'anno sidereo: questa differenza è dovuta alla precessione degli equinozi, cioè al fatto che gli equinozi ed i solstizi si verificano ogni anno un po' prima che la Terra abbia compiuto una rivoluzione completa intorno al Sole. Si noti che l'anno sidereo non è dato dalla somma di tutti i giorni siderali compresi in un anno, né quello solare corrisponde all'insieme dei giorni dello stesso nome, tant'è vero che nessuno dei due comprende un numero intero di giorni; inoltre, fra i due tipi di anno è quello solare che ha una durata minore, a differenza di quanto avviene fra le due specie di giorno.

calcolate; quest'anno fu detto *bisestile*. Tale calendario venne chiamato *Giuliano*. Però l'aggiunta di un *giorno ogni quattro* anni era un valore troppo elevato giacché l'anno solare non è di 365d 61h, ma di 365d 5h 48min 46s; e questa differenza di 11min e 14s all'anno, faceva sì che, in ogni anno bisestile, il primo marzo iniziasse - secondo il calendario - con vari minuti di ritardo. Nel 1582 lo spostamento tra l'anno solare e quello civile era divenuto di ben 10 giorni!

Papa Gregorio XIII corresse questo spostamento, stabilendo che – in detto anno - si passasse dal 4 ottobre direttamente al 15 ottobre. Inoltre, affinché esso non si verificasse più nell'avvenire, riformò il calendario, stabilendo che, *degli anni secolari*, si ritenesse *bisestile* soltanto uno *ogni quattro*, e precisamente quello le cui due prime cifre formassero un numero divisibile per quattro.

Non furono bisestili il 1700, il 1800 ed il 1900; lo è stato invece il 2000.

Il calendario così riformato, detto *calendario Gregoriano*, è ormai usato in quasi tutti gli Stati civili

<sup>68</sup>.

### 3.3 La strumentazione iniziale

Uno dei più antichi dispositivi per misurare il tempo fu l'*orologio solare fisso*. Molto presto gli uomini dovettero accorgersi che l'ombra proiettata da un palo verticale indicava una direzione diversa nelle diverse ore del giorno <sup>69</sup>. Non è grande il passo dal segnare l'ombra di qualche palo od oggetto naturale, alla costruzione di una lastra verticale od orizzontale per proiettare un'ombra di sufficiente lunghezza.

Il più antico di tali strumenti sembra sia stato un orologio a ombra egiziano <sup>70</sup> del decimo secolo a.C., un'asta orizzontale graduata, con una sporgenza verticale. Le graduazioni dell'asta si suppone siano state ottenute empiricamente.

Uno sviluppo dell'orologio solare, la *meridiana* o *gnomone* (un quadrante solare con contrassegni) fu, fino al quattordicesimo secolo d.C., l'unico strumento attendibile per calcolare il tempo <sup>71</sup>: ovviamente il fatto che il percorso del Sole variasse di giorno in giorno rendeva impossibile una calibratura precisa. Prima dell'era moderna, quasi tutti i sistemi per dividere il giorno in ore, o in altre piccole unità di tempo <sup>72</sup>, consentivano alla loro durata di variare secondo la durata della notte e del giorno nelle diverse stagioni dell'anno. La parola "orologio" deriva del resto da due termini greci: *hour* che significa "stagione", e *logos* che significa "discorso", quindi l'orologio sarebbe un "discorso sulla stagione" con riferimento al fatto che la durata degli intervalli di tempo segnati da questi strumenti originariamente era diversa nelle diverse stagioni.

I più antichi strumenti per misurare il tempo senza basarsi su fenomeni astronomici si limitavano a indicare il trascorrere di periodi fissati arbitrariamente come, per esempio, la clessidra.

Questi dispositivi si basavano sulla misura della variazione del livello dell'acqua contenuta in un recipiente di pietra sul cui fondo era stato praticato un foro. Delle graduazioni incise sul recipiente permettevano di leggere il tempo trascorso in base al deflusso dell'acqua; in esemplari più tardi l'indicazione dell'ora poteva essere fornita da un piccolo oggetto, sistemato su un galleggiante, che si spostava su un cilindro su cui erano tracciati dei cerchi corrispondenti alle ore.

<sup>67</sup> Generalmente quando si usa la parola anno ci si riferisce all'anno tropico o solare, poiché esso indica il periodico susseguirsi delle stagioni a cui sono collegati molti dei fenomeni fisici e biologici che si svolgono sulla superficie terrestre, comprese le stesse attività umane (per esempio, quelle agricole, quelle turistiche ecc.). Però, nella pratica comune non è possibile utilizzare l'anno tropico con la sua durata effettiva, dato che essa non corrisponde ad un numero intero di giorni; per ovviare a questo inconveniente, si è resa necessaria l'introduzione dell'anno *civile*, formato appunto da un numero non frazionato di giorni: su questa unità di misura convenzionale sono basate le divisioni del tempo adottate dai vari popoli per poter fissare le epoche di determinati avvenimenti naturali o umani, appunto i calendari. (Per approfondimenti vedi Palmieri, Parotto, 2000)

<sup>68</sup> Un tentativo di cambiamento di tale calendario fu tentato (vedi Agnoli, 2004) durante la Rivoluzione Francese, ma non ottenne successo

<sup>69</sup> Vedi per esempio Markowits, 1983

<sup>70</sup> Vedi Leach, 1954

<sup>71</sup> Vedi Gibbs, 1976

<sup>72</sup> Ricavate queste dividendo, sempre, per 60.

L'invenzione della clessidra svincolò il computo del tempo dalla diretta e continua osservazione del cielo, ma consentì anche una sua diversa valutazione. Gli orologi solari e stellari indicavano infatti un "preciso istante", ovvero il momento in cui un determinato evento si verificava. Le clessidre, invece, attraverso il lento svuotamento di un recipiente, mostravano con chiarezza gli "intervalli di tempo", ossia misuravano la durata di un determinato evento o fenomeno.

Gli uomini, in diverse parti del mondo e per moltissimo tempo, misurarono il tempo imitandone essenzialmente lo scorrere attraverso il flusso, oltre che dell'acqua, della sabbia, della porcellana in polvere e così via, ma nessuno riuscì ad escogitare un modo pratico di misurare lunghi periodi fino all'avvento dell'*orologio meccanico* <sup>73</sup>.

### 3.4 I primi orologi meccanici

Non è ben conosciuto dove venne costruito il primo prototipo dei nostri orologi meccanici, né chi ne fu l'autore. Ciò avvenne però molto probabilmente tra il 1270 e il 1280, come sviluppo dello *svegliatore monastico*, che era l'orologio con cui erano scandite le fasi della giornata dei monaci medievali. Era il sistema che informava delle sette "ore canoniche" (*mattutino, prima, terza, sesta, nona* <sup>74</sup>, *vespri* e *compieta*), che indicavano quando recitare determinate preghiere. Questo strumento generalmente non aveva una indicazione dell'ora, ma suonava ad ore prestabilite <sup>75</sup>.

Il termine inglese *clock* è legato al francese *cloche* e al tedesco *Glocke*, parole che indicano tutte "campana": nel Medioevo e nel Rinascimento la vita nelle città era regolata dalle campane - «una città senza campane», diceva lo sregolato Rabelais, «è come un cieco senza bastone». Ma le ore che esse suonavano all'inizio del secondo millennio erano quelle canoniche, dunque imprecise e troppo poco numerose durante il giorno per regolare opportunamente le scansioni della vita urbana. (Crosby, 1997, trad. it. 89)

In questo periodo Robertus Anglicus <sup>76</sup> fece osservazioni a proposito dei tentativi di costruire una ruota che compisse una rotazione completa ogni ventiquattro ore. Sempre in questo decennio qualcuno, alla corte di Alfonso El Sabio di Spagna, ideò un orologio a peso regolato dal flusso del mercurio che scorreva da una sezione all'altra di una ruota cava <sup>77</sup>. Dopo il 1300 l'orologio meccanico divenne senza dubbio una realtà, perché si fecero sempre più numerose le allusioni a "macchine misuratrici del tempo". Solo per esempio si può citare Galvano della Fiamma che nel 1335 descrisse un "meraviglioso orologio" a Milano, nella Cappella di San Gottardo, orologio dotato di un martello che batteva le ore.

Alla prima ora della notte fa un rintocco, alla seconda ne fa due, alla terza tre, alla quarta quattro e così via; perciò distingue ogni ora dall'altra, cosa che risulta al più alto grado necessaria per tutti gli uomini. (citato in Crosby, 1997, 92)

Negli anni successivi il fenomeno si estese in molti comuni; ricordiamo Torino nel cui *Liber Consiliorum* del 1346 è riprodotta l'immagine di una torre su cui sommità c'è una campana che doveva servire a scandire i momenti importanti della vita cittadina <sup>78</sup> e Bologna le cui cronache ci dicono che il primo orologio della comunità cominciò a battere i colpi nel marzo del 1356.

<sup>73</sup> Va citato che anche uno strumento astronomico come l'*astrolabio* fu impiegato per conoscere il tempo. Esso serviva per determinare l'ora anche di notte purchè fossero visibili il Sole o una delle stelle principali segnate sullo strumento. Cristoforo Colombo, Amerigo Vespucci e Magellano ne fecero ampio uso. Vi sono molti tipi di astrolabio (su questi aspetti vedi Mella, 1990), e il più usato per leggere l'ora era costituito di due parti: un disco metallico su cui era rappresentata la volta celeste e che recava sul bordo una scala dei tempi in ore ed un secondo disco che costituiva un planisfero terrestre.

<sup>74</sup> Da cui deriva l'inglese *noon*. Originariamente intorno alle 3 pomeridiane, ma è risaputo che i monaci, non potendo mangiare durante le viglie fino alla nona, fecero in modo che quest'ora fosse suonata sempre un po' prima (Crosby, 1997).

<sup>75</sup> Per esempio Dante nel XV canto del Paradiso mostra come le campane di Firenze suonassero la terza e la nona.

<sup>76</sup> Crosby, 1997

<sup>77</sup> Mesnage, 1969 e Crosby, 1997

<sup>78</sup> Cordara, 2000 e Landes, 1983

Anche se la gente sapeva che esistevano unità temporali inferiori all'ora, per indicare gli eventi di piccola durata, è interessante ricordare che si improvvisavano modi alternativi, come l'utilizzo del tempo necessario per dire un certo numero di preghiere. Per esempio le istruzioni per cucinare un uovo nel 1300 consigliavano di bollirlo "per il tempo necessario a recitare un miserere"<sup>79</sup>.

L'orologio meccanico era uno strumento complicato e ingombrante che richiedeva il lavoro sincronizzato di molte componenti<sup>80</sup>. Quella fondamentale era rappresentata dal sistema di regolazione del moto che per la prima volta era di tipo meccanico. Esso era costituito da una sbarra orizzontale (*tamburo*), su cui erano sistemati dei pesi regolabili, libera di oscillare attorno ad un asse verticale. Tale asse verticale o *verga* era solidale con la sbarra e, tramite due palette ingranava con movimento alternato nei denti di una ruota a corona, che veniva fatta ruotare da un peso. Via via che il peso si portava verso il basso la corda costringeva l'asse a girare su se stesso. Quest'asse rotante, a sua volta, metteva in azione una serie di ingranaggi i quali erano collegati ad una lancetta che indicava le ore o a dei campanelli che suonavano ad intervalli di tempo regolari. Il meccanismo con il compito di controllare la velocità di discesa del peso aveva la funzione, per mezzo di due pezzettini di metallo che si inserivano alternativamente fra i denti di una ruota, di consentire alla stessa di girare un dente per volta. Verso la fine del 1500 fu introdotta l'innovazione di sostituire con una molla il peso utilizzato per garantire il movimento e con questo si poterono costruire orologi di dimensioni contenute.

Nel passato e per davvero moltissimo tempo comunque per i contadini la scansione del giorno dall'alba al tramonto era più che sufficiente per regolare la giornata di lavoro nei campi e nel medioevo, ad esempio, solamente i monaci per le preghiere ed i soldati per i turni di guardia avevano la necessità di suddividere in più parti le ore di luce e di oscurità.

Si racconta che Galileo, misurando nella cattedrale di Pisa con il battito del suo polso l'oscillazione di una lampada, riuscì nel 1583 a scoprire la legge fondamentale del pendolo (descritta poi nella seconda giornata del *Dialogo sui massimi sistemi* del 1632), secondo la quale il periodo è indipendente dall'ampiezza delle oscillazioni. Il pendolo sarebbe quindi un orologio perfetto, e Galileo espresse l'idea di usarlo come misuratore del tempo già in una lettera scritta al governatore degli Stati Generali d'Olanda nel 1637, ma non riuscì mai nell'intento<sup>81</sup>.

Se l'idea di applicare il pendolo agli orologi per misurare il tempo fu quindi di Galileo, spettò a Christian Huygens il primato di realizzare i primi esemplari di tali orologi servendosi del lavoro di rinomati orologiai dell'Aja. Huygens, che conosceva il progetto di Galileo (il disegno fu rinvenuto tra le sue carte), realizzò il primo *orologio a pendolo* nel 1673<sup>82</sup>: egli ottenne oscillazioni realmente isocrone inserendo due ganasce alla sommità del pendolo e sostituendo con questo dispositivo lo scappamento a verga.

Gli orologi costruiti da Huygens furono i primi ad avere le lancette dei minuti ed a consentire misure di tempo con incertezze dell'ordine di 10 secondi al giorno.

Da allora gli artigiani europei iniziarono a progettare orologi sempre più precisi<sup>83</sup>. Tra i lavori pionieristici si possono ricordare gli orologi a pendolo di Ahasuerus Fromanteel (circa 1680), William Clement (circa 1685), Joseph Knibb (circa 1700), Thomas Tampion (circa 1710) e John Harrison (circa 1770).

---

<sup>79</sup> Crosby, 1997

<sup>80</sup> Vedi Cordara, 2000 e Pettiti, 2000

<sup>81</sup> Come ricorda sempre Cordara, 2000

<sup>82</sup> Huygens, matematico, fisico e astronomo olandese (universalmente noto per i suoi contributi agli studi delle onde e dell'ottica) aveva necessità di un orologio preciso per compiere accurate misurazioni astronomiche. Nel 1673 pubblicò la prima descrizione completa di un orologio a pendolo ideale: Huygens, 1673

<sup>83</sup> Vedi Landes, 1983 e Price, 1954

## Bibliografia

- Adams J. Q., *Weights and Measures. U.S. Senate, Sixteenth Congress, Second Session, 22 February 1821*, Americ. State Papers: Document 508, class 10, pp. 656-750
- Agnoli P., *Il senso della misura. La codifica della realtà tra filosofia, scienza ed esistenza umana*, Roma, Armando Editore, 2004
- Berriman A.E., *Historical Metrology*, New York, Greenwood, 1957
- Borda J.C., Lagrange J.L., Laplace P.S., Monge C., Condorcet J.A.N., *Rapport sur le choix d'une unité de mesure, lu à l'Académie des sciences, le 19 mars 1791. Imprimé par ordre de l'Assemblée nationale. (19 mars 1791)*, Parigi, Impr. Nat., 1791
- Boyer C. B., *A History of Mathematics*, 1968; (trad. it., *Storia della Matematica*, Milano, Mondadori, 1990)
- Brainerd J., *The Origins of the Number Concept*, Westport, Praeger, 1979
- Cini M., *Un paradiso perduto. Dall'universo delle leggi naturali al mondo dei processi evolutivi*, Milano, Feltrinelli, 1994
- Connor R. D., *The Weights and Measures of England*, Londra, HMSO, 1987
- Cordara F., *Scale di tempo e orologi*, in *Diacronia e sincronia. Saggi sulla misura del tempo*, a cura di Tugnoli C., Milano, Franco Angeli, 2000, pp. 87-139
- Crosby A. W., *The Measure of Reality*, 1997; (trad. it. *La misura della realtà*, Bari, Dedalo, 1998)
- Dilke O.A.W., *Reading the past. Mathematics and measurement*, Londra, British Museum Press, 1993
- Gibbs S. L., *Greek and Roman Sundials*, New Haven, Yale U. Press, 1976.
- Guarracino S., Ortoleva P., Revelli M., *Storia dell'età moderna. Dall'assolutismo alla nascita delle nazioni*, Milano, Edizioni Scolastiche Bruno Mondadori, 1993
- Guedj D., *La Méridienne*, 1997 ; (trad. it. *Il Meridiano*, Milano, Longanesi, 2001)
- Hallock W., Wade H.T., *Outlines of the Evolution of Weights and Measures and the Metric System*, New York, Macmillan, 1906
- Huygens C., *Horologium oscillatorum, sive de motu pendulorum ad horologia adaptato demonstrationes geometricae*, Parigi, Regis et Illustrissimi Typographum, 1673
- Jammer M., *Concepts of Space. The History of Theories of Space in Physics*, 1954; (trad. it. *Storia del concetto di spazio. Con una premessa di Albert Einstein*, Milano, Feltrinelli, 1966)

- Jammer M., *Concepts of Force. A study in the Foundations of Dynamics*, 1957; trad. it., *Storia del concetto di forza. Studio sulle fondazioni della dinamica*, Milano, Feltrinelli, 1971)
- Jammer M., *Concepts of Mass in Classical and Modern Physics*, 1961; (trad. it., *Storia del concetto di massa, nella fisica classica e moderna*, Milano, Feltrinelli, 1974)
- Klein H.A., *The science of measurement*, New York, Dover Publications, 1988
- Kula W., *Miary i ludzie*, 1970; (trad. it. *Le misure e gli uomini dall'antichità ad oggi*, Bari, Laterza, 1987)
- La Condamine C. de, *Nouveau project d'une mesure invariable, propre à servir de mesure comune à toutes les nations*, Histoire et mémoires de l'Académie Royale des sciences par 1774, 1774, pp. 489-514
- Landes D. S., *Revolution in Time: Clocks and the Making of the Modern World*, Harvard, Harvard U. Press, 1983
- Leach E. R., *Computo primitivo del tempo*, in *A History of Technology*, a cura di Singer C., Holmyard E. J., Hall A. R., Williams T. I., 1954; (trad. it. *Storia della tecnologia*, a cura di Singer C., Holmyard E. J., Hall A. R., Williams T. I., Torino, Bollati Boringhieri, 1992, Vol. 1, pp.110-127)
- Markowits W., *Measurement and Determination of Time*, in, *Encyclopedia Americana*, a cura di Cayne B.S., Danbury, Grolier, 1983, vol. 26, pp 752-758
- McCoubrey A. O., *Measures and measuring systems*, in *Encyclopedia Americana*, a cura di Cayne B.S., Danbury, Grolier, 1983, Vol.18, pp 584-597
- Mella F. A., *La misura del tempo nel tempo. Dall'obelisco al cesio*, Milano, Hoepli, 1990
- Mesnage P., *The Buildings of Clocks*, in *A History of Technology and Invention through the Ages*, a cura di Daumas M., New York, Crown, 1969, p. 284
- Palmieri E.L., Parotto M., *Il globo terrestre e la sua evoluzione*, Bologna, Zanichelli, 2000
- Pettiti V., *Sistemi di disseminazione del tempo e loro impieghi*, in *Diacronia e sincronia. Saggi sulla misura del tempo*, a cura di Tugnoli C., Milano, Franco Angeli, 2000, pp. 173-205
- Picard J., *La Mesure de la Terre*, Parigi, Impr. Royale, 1671.(Estratti disponibili in versione elettronica all'indirizzo <http://astro.campus.ecp.fr/histoire/picard.html> )
- Price D. J., *La costruzione degli strumenti scientifici dal 1500 al 1700 circa*, in *A History of Technology*, a cura di Singer C., Holmyard E. J., Hall A. R., Williams T. I., 1954; (trad. it. *Storia della tecnologia*, a cura di Singer C., Holmyard E. J., Hall A. R., Williams T. I., Torino, Bollati Boringhieri,1992, Vol. 6, pp. 628-654)
- Roche J. J., *The Mathematics of Measurement. A Critical History*, Londra, The Athlone Press, 1998
- Schmand-Besserat, *Dal contabile allo scrittore*, in *Dal segno alla scrittura*, a cura di Giannini A., *Le Scienze Dossier* n.12, Milano, Le Scienze Spa, estate 2002, p. 16-20
- Stewart I., *Nature's Numbers*, Londra, Phoenix, 1995

Talleyrand C. M., *Proposition faite à l'Assemblée Nationale, sur les poids et mesures, par M. l'Evêque d'Autun*, Parigi, Impr. Nat., 1790

Tugnoli C., *Il tempo incommensurabile tra logos e mythos*, in *Diacronia e sincronia. Saggi sulla misura del tempo*, a cura di Tugnoli C., Milano, Franco Angeli, 2000, pp. 23-80

Warren C., *The Ancient Cubit and Our Weights and Measures*, Londra, McMillan, 1903

Witrow G.J., *Time*, in *Encyclopedia Americana*, a cura di B.S. Cayne, Danbury, Grolier, 1983, vol. 26, pp 750-752

Zupko R.E., *British Weights and Measures. A History from Antiquity to the Seventeenth Century*, Madison, The University of Wisconsin Press, 1977