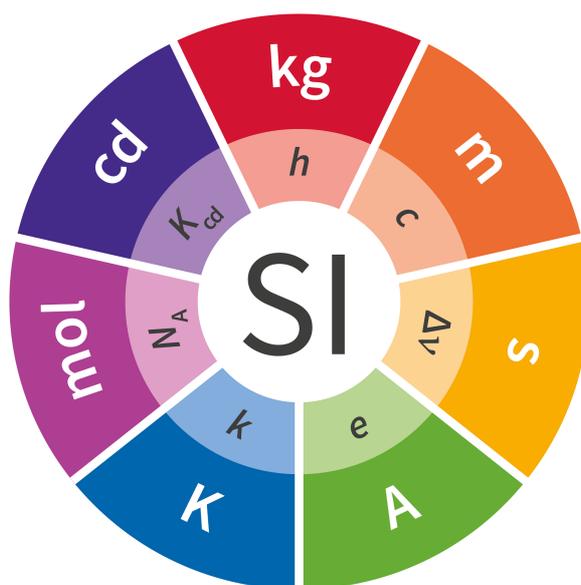


In copertina:

nomi e simboli delle sette **unità fondamentali** (metro, kilogrammo, secondo, ampere, kelvin, candela, mole) e delle principali **unità derivate** del **Sistema Internazionale di Unità (SI)**¹.

In questa pagina:

Il logo del SI, con i **simboli** delle sette **unità fondamentali** del SI (m, kg, s, A, K, cd, mol) e delle **costanti** (c , h , $\Delta\nu_{Cs}$, e , k , K_{cd} , N_A) mediante le quali le unità sono definite a decorrere dal 20 maggio 2019



e i valori numerici assunti per le costanti².

Costante	Simbolo	Valore numerico	Unità
frequenza della transizione iperfine del Cs	$\Delta\nu_{Cs}$	9 192 631 770	Hz
velocità della luce nel vuoto	c	299 792 458	$m s^{-1}$
costante di Planck	h	$6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$	J s
carica elementare	e	$1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$	C
costante di Boltzmann	k	$1,380\ 649 \times 10^{-23}$	$J K^{-1}$
costante di Avogadro	N_A	$6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$	mol^{-1}
efficacia luminosa	K_{cd}	683	$lm W^{-1}$

[1] Immagine di copertina realizzata con Apache OpenOffice Impress. URL del software consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2W2ab97>

[2] Vedi appendici: A6. *Nomi, simboli, dimensioni e definizioni di grandezze e unità di base del SI.*

Quest'opera è rilasciata con *Licenza Creative Commons Attribuzione-Non commerciale 4.0 Internazionale*. Per leggere una copia della licenza visita il sito web <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

This work is licensed under the *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License*. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

~~Versione 1.0 (28/04/2019)~~

~~Versione 1.1 (01/05/2019)~~

~~Versione 2.0 (08/05/2019)~~

~~Versione 2.1 (22/11/2019)~~

Versione 2.2 (01/12/2023) correzione di refusi e dei link interrotti

**"MISVRA
UNIVERSALE
OVERO TRATTATO
NEL QVAL SI MOSTRA**

*come in tutti li Luoghi del Mondo fi può trovare
una MISVRA, & un PESO VNIVERSALE
fenza che habbiano relazione con niun'altra MISV-
RA, e niun altro PESO, & ad ogni modo in
tutti li luoghi faranno li medefimi, e faranno
inalterabili, e perpetui fin tanto che
durerà il MONDO"³*

(Tito Livio Burattini)

[3] Tito Livio Burattini. Titolo dell'opera pubblicata nel 1675 a Vilna (odierna Vilnius). Da una copia dell'originale conservato presso la *Bibliothèque Nationale de France*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2VslgID>

INDICE

1.	Misure nel mondo antico	6
2.	La rivoluzione francese	19
3.	La Convenzione del metro	31
4.	Il sistema "esse-i"	38
5.	Epilogo	50
	Bibliografia ragionata e siti consultati	53
	Cronologia dei principali eventi riportati	59
	Appendici	63
A1.	Eterogeneità delle unità di misura impiegate in Francia nel 1790	64
A2.	Decreto 1 agosto 1793 sull'uniformità e il sistema generale dei pesi e misure	67
A3.	Legge relativa ai pesi e misure del 18 germinale anno 3 (7 aprile 1795)	70
A4.	Tabelle di conversione al Sistema metrico decimale delle unità di misura in uso nel Regno d'Italia	74
A5.	Evoluzione storica del Sistema internazionale di unità (SI)	78
A6.	Nomi, simboli, dimensioni e definizioni di grandezze e unità di base del SI	81

1. Misure nel mondo antico

L'origine della capacità di **misurare**^{4,5} si perde inevitabilmente nella notte dei tempi.

Come dice Carl Boyer⁶ nella sua *Storia della matematica*⁷: "Possiamo fare congetture circa ciò che avrebbe spinto gli uomini dell'età della pietra a contare, a misurare e a disegnare, ma che gli inizi ... risalgono all'epoca anteriore alle più antiche civiltà, è un fatto indiscutibile. Andare più in là e identificare categoricamente un'origine specifica nello spazio e nel tempo equivale, però, a commettere l'errore di considerare come un fatto storico ciò che è soltanto una congettura. La cosa migliore è sospendere ogni giudizio su tale questione e procedere sul terreno più sicuro della storia ... qual è documentata nelle testimonianze scritte che sono pervenute fino a noi"⁸.

Misurare significa riconoscere una proprietà del mondo reale, quella che chiamiamo una **grandezza**⁹, e determinarla **quantitativamente**. Per fare questo servono i numeri. Due proprietà (grandezze) del mondo che ci circonda sono fisicamente onnipresenti e immediatamente intuitive: il peso e la lunghezza. E le dita della mano possono consentire altrettanto intuitivamente di quantificarle, anche se in modo grossolano. Possiamo quindi immaginare che la capacità di misurare sia antica quanto l'uomo. Al peso e alla lunghezza vanno aggiunti i cicli scanditi dal grande orologio cosmico, i giorni e i ritorni ciclici delle stagioni, che peraltro implicano una capacità di numerare e di suddividere che va al di là delle dita della mano, un fatto che forse richiese più tempo.

Il primo salto di qualità nella capacità pratica di misurare avvenne circa 10 000 anni **a.e.v.**^{10,11} nel neolitico, con la rivoluzione agricola. Il passaggio dalla vita di cacciatore-raccoglitore all'agricoltura, con il surplus alimentare che questa consentiva di produrre, e con l'aggregazione in comunità sempre più grandi, dovette andare di pari passo con un sistema di scambi commerciali alla base dei quali divenne cruciale l'arte di misurare la quantità dei prodotti.

Sta di fatto che le prime documentazioni storiche, fornite dall'archeologia, sul livello raggiunto nelle misure, come afferma Boyer, risalgono a circa 5 000¹² anni fa, alla "... numerazione geroglifica egiziana, la quale,

[4] Per tutte le espressioni relative a grandezze e unità di misura si rimanda alle definizioni contenute nel **VIM**, il *Vocabolario Internazionale di Metrologia*, riportando VIM seguito dal numero di riferimento della voce.

La versione ufficiale del VIM, bilingue, in inglese e francese, stampabile in formato cartaceo, può essere scaricata dal sito del **BIPM** (*Bureau International des Poids et Mesures*) alla pagina *JCGM Publications: Guides in Metrology*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2FZtBpr>

[5] Vedere la definizione in: VIM, 2.1

[6] Carl Benjamin Boyer (New York 3 novembre 1906 – 26 aprile 1976)

[7] Carl B. Boyer. *Storia della matematica*. Arnoldo Mondadori, Milano, 1980, ISBN 88-04-33431-2

[8] Ivi, p. 8.

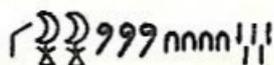
[9] Vedere la definizione in: VIM, 1.1

[10] Impiego **a.e.v.** (*ante era vulgaris*) per indicare a.C. (avanti Cristo), **e.v.** (*era vulgaris*) per indicare d.C. (dopo Cristo). In inglese le due espressioni sono riportate rispettivamente come BCE (*Before Common Era* o *Before Current Era*) e come CE (*Common Era* o *Current Era*). L'espressione "era volgare" compare per la prima volta in un'opera di Keplero del 1615: "Joannis Kepleri Eclogae Chronicae: Ex Epistolis Doctissimorum Aliquot Virorum & Suis Mutuis, Quibus Examinantur Tempora Nobilissima: 1. Herodis Herodiadumque, 2. Baptismi & Ministerii Christi Annorum Non Plus 2 1/4, 3. Passionis, Mortis Et Resurrectionis Dn. N. Iesu Christi, Anno Aerae Nostrae Vulgaris 31. Non, Ut Vulgo 33., 4. Belli Iudaici, Quo Funerata Fuit Cum Ierosolymis & Templo Synagoga Iudaica, Sublatumque Vetus Testamentum. Inter Alia & Commentarius in Locum Epiphaniae Obscurissimum De Cyclo Veteri Iudaeorum. Francofurti, 1615". ETH-Bibliothek Zürich, Rar 6534. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2UekCJV>

[11] Johannes Kepler, italianizzato in Giovanni Keplero (Weil der Stadt, 27 dicembre 1571 – Ratisbona, 15 novembre 1630)

[12] Per il raggruppamento delle cifre, impiego in questo scritto laddove necessario lo **spazio unificatore** per la seguente ragione. Nel mondo anglosassone 3.142 è un numero con tre cifre decimali, mentre 301,338 sta per

antica almeno quanto le piramidi, era basata, come potremmo facilmente aspettarci, su base dieci. Facendo uso di un semplice schema iterativo e di simboli distinti per ciascuna delle prime sei potenze di dieci, gli egiziani riuscivano incidere nella pietra, nel legno e in altri materiali numeri superiori al milione. Un unico trattino verticale rappresentava una unità, un archetto osso di calcagno capovolto veniva usato per indicare 10, un laccio più o meno rassomigliante alla lettera maiuscola C rappresentava 100, un fiore di loto stava per 1 000, un dito piegato stava per 10 000, un barbio, di aspetto simile a quello di un girino, stava per 100 000, e una figura inginocchiata (forse il Dio dell'Infinito) rappresentava 1 000 000. Mediante la ripetizione di questi simboli si poteva scrivere il numero 12 345, per esempio, così:



Talvolta le cifre più piccole venivano collocate a sinistra; qualche altra volta venivano disposte verticalmente. I simboli stessi qualche volta erano orientati in senso contrario, così che il laccio poteva essere convesso verso destra o verso sinistra.

Le iscrizioni egiziane documentano l'uso di grandi numeri fin da un'epoca molto antica. Un museo di Oxford possiede una mazza reale che risale a oltre 5 000 anni fa sulla quale sono registrati 120 000 prigionieri e 1 422 000 capre confiscate. Può darsi che tali cifre siano esagerate, tuttavia da altre considerazioni appare chiaro che gli egiziani avevano raggiunto un elevato grado di esattezza nel contare e nel misurare¹³.

Nel papiro di Rhind o "... papiro di Ahmes in onore dello scriba che lo aveva trascritto verso il 1650 a.C. ... la numerazione rimane decimale ma il tedioso principio della numerazione geroglifica è stato sostituito con l'introduzione di cifre o segni speciali per rappresentare i numeri da 1 a 9 e i multipli delle potenze di 10 ... Il principio della scrittura in cifre, introdotto dagli egiziani circa 4 000 anni fa ... rappresentava un importante contributo alla elaborazione di un sistema di numerazione, ed è uno dei fattori che resero possibile l'efficace sistema oggi in uso"¹⁴.

Tra il terzo millennio e la metà del primo millennio a.e.v. in Egitto e in Mesopotamia – parallelamente agli sviluppi della matematica, che includono le frazioni, il valore approssimato di π e la soluzione di equazioni di secondo e di terzo grado ad opera dei babilonesi, una conquista, questa, notevole¹⁵ – si vanno sviluppando le **unità di misura**¹⁶.

trecentounomilatrecentotrentotto. In un contesto europeo, il primo, il valore (arrotondato) di π , si scrive 3,142 mentre il secondo, la superficie dell'Italia espressa in km², si scrive generalmente 301.338. Il significato del punto (.) e della virgola (,) dipende dal contesto linguistico, a causa del fatto che sono entrambi usati, a livello internazionale, sia come separatori decimali sia come simboli per il raggruppamento delle cifre.

In realtà la situazione dovrebbe essere molto diversa, perché nella XXII Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure del 2003, nella risoluzione 10, la CGPM ha stabilito che "il simbolo per il marcatore decimale deve essere il punto sulla linea [di base] o la virgola sulla linea [di base]", ammettendo quindi, per ragioni pratiche/linguistiche, la coesistenza di questi due simboli, e ha stabilito che "i numeri posso essere suddivisi in gruppi di tre per facilitare la lettura; [ma] né punti né virgole devono essere inseriti negli spazi tra i gruppi, come stabilito nella risoluzione 7 della IX CGPM, 1948".

Le regole dettate dalla CGPM (alla quale aderisce anche l'Italia) sono quindi:

→ **sia** il punto (.) **sia** la virgola (,) possono essere utilizzati come separatore dei decimali;

→ per raggruppare le cifre deve essere impiegato **esclusivamente** lo spazio.

Si rammenta che qualsiasi programma di videoscrittura consente di impiegare, oltre allo spazio normale, che si inserisce in un testo con la barra spaziatrice, anche il carattere **spazio unificatore**. Questo spazio non cambia ampiezza e non consente di andare a capo, lasciando quindi il numero correttamente impaginato in ogni caso. In ambiente **Windows** lo spazio unificatore può essere inserito tenendo premuti contemporaneamente i tasti <ctrl> e <shift> e premendo la **barra spaziatrice**, oppure tenendo premuto il tasto <alt> e digitando **255** sul tastierino numerico, su **Mac** tenendo premuto il tasto <alt> e premendo la **barra spaziatrice**.

[13] Carl B. Boyer. *Storia della matematica*, pp. 12-13.

[14] Ivi, p. 14.

[15] Ivi, pp. 10-51.

[16] Vedere la definizione in: VIM, 1.9

In **Egitto** le misure di lunghezza includevano il **dito**, il **palmo** (equivalente a 4 dita), la **mano** (5 dita), il **pugno** (6 dita), la **piccola spanna** (12 dita), la **grande spanna** (14 dita), il **piede** (16 dita), la **spalla** (20 dita), il **cubito reale** (28 dita), l'**asta di corda** (100 cubiti reali). Il cubito reale è stato stimato equivalere a 52,5 cm quindi il dito sarebbe equivalente a 1,875 cm attuali¹⁷.

Come unità di volume era impiegato l'**heqat** (equivalente a 4,8 L attuali) con multipli e sottomultipli. Come unità di superficie erano impiegati il **setat**, equivalente a 100 x 100 cubiti = 10 000 cubiti quadrati, e i suoi sottomultipli. Come unità di peso erano impiegati il **deben** (nel tempo equivalente prima a 13,6 g e poi a 91 g) e due suoi sottomultipli. Per la misura del tempo era impiegato un **anno** della durata di 365 giorni, diviso in **stagioni** della durata di 120 giorni, in **mesi** della durata di 30 giorni, in **decadi** della durata di 10 giorni, in **giorni** e in **ore** (di durata variabile).

Ciascuna di queste misure poteva essere rappresentata con differenti geroglifici e quindi avere differenti denominazioni. Nonostante la confusione terminologica, l'importanza di disporre di un riferimento prestabilito, certo, unico, era ben presente visto che Maya¹⁸, tesoriere di Tutankhamon¹⁹, durante la XVIII dinastia, disponeva di un'asta graduata lunga un cubito, che è riportata in questa foto²⁰



e che rappresentava evidentemente il campione di riferimento, quello che oggi denominiamo **campione di misura**²¹, di quella lunghezza.

Nella **Mesopotamia** la situazione era più complessa. L'unità posta alla base delle misure di lunghezza era il **kush** (cubito). Le regole di conversione per il sistema di misure lineari erano: sei **she** (grano) sono uguali a un **shusi** (dito), 30 shusi sono uguali a un **kush** (cubito), 12 kush sono uguali a un **nindan**, 60 nindan sono uguali a un **USH** e 30 USH sono uguali a un **danna** (o **beru**)²².

[17] *Ancient Egyptian units of measurement*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2UfaQqR>

[18] *Maya (treasurer)*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2UGmshQ>

[19] Nebkheperura Tutankhamon (1341 a.e.v. Circa – 1323 a.e.v. circa)

[20] *measuring ruler-N 1538*, CC BY-SA 3.0 fr. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2TWNAsO>

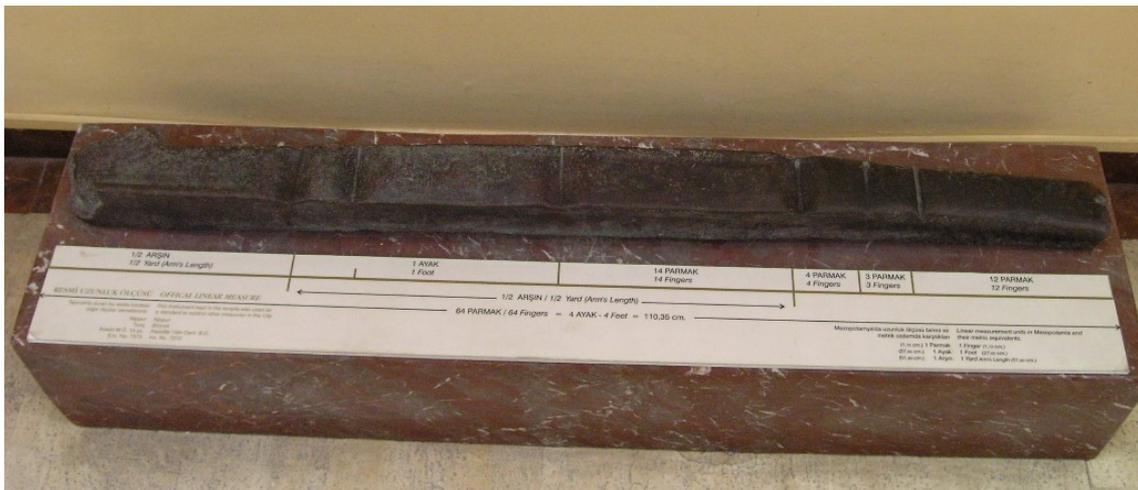
[21] Vedere la definizione in: VIM 5.1

[22] Jöran Friberg. *Numeri e misure nei primi documenti scritti*. Le Scienze, 1984, 188, pp. 18-25. URL consultato il

Alla base dei multipli e sottomultipli del cubito impiegati dai babilonesi stava un sistema di numerazione sessagesimale, quello che rimane ancor oggi alla base della suddivisione dell'angolo giro in 360 gradi, del grado in 60 primi, del primo in 60 secondi, della suddivisione dell'anno in 12 mesi, del giorno in 24 ore, dell'ora in 60 minuti e del minuto in 60 secondi. A complicare le cose il fatto che durante alcuni periodi della storia della Mesopotamia furono impiegati contemporaneamente il sistema numerico sessagesimale per contare persone od oggetti inanimati, e il sistema decimale per contare gli animali²³.

Per le misure di capacità coesistevano due diversi sistemi di misura, uno per i liquidi e uno per le sostanze secche. L'unità di base per la misura dei pesi era il **siclo**, equivalente a circa 8,4 g attuali, come suo sottomultiplo veniva impiegato il **še** (1/180 di siclo), come multipli il **ma-na** (uguale a 60 sicli) e il **gun** (uguale a 3600 sicli). Un tentativo ulteriore di quella che oggi definiremmo una "normazione" di ampio respiro delle grandezze e unità di misura avvenne in Mesopotamia verso la fine del secondo millennio a.e.v. durante il regno di Naram-Sin con la definizione del gur-cubo reale, un parallelepipedo di 6 m x 6 m x 0,5 m di acqua dal quale erano derivate tutte le altre unità di misura²⁴.

Quello che oggi noi definiremmo come il primo **campione di misura nazionale**²⁵ della Mesopotamia, e il più antico della storia, è stato identificato nel **cubito di Nippur**²⁶, un campione realizzato sotto forma di una pesante barra in lega di rame, ritrovato nell'omonima città e risalente al 3 millennio a.e.v. riportato nella foto²⁷.



Quindi nelle valli del Nilo, del Tigri e dell'Eufrate, sull'onda della rivoluzione agricola, attorno al quarto millennio a.e.v. si era realizzato un cambiamento epocale. La possibilità di generare con l'agricoltura e con l'allevamento più risorse di quelle che servivano alla propria sopravvivenza individuale aveva innescato un circolo virtuoso di sviluppo, con l'aumento demografico, con la nascita di comunità sufficientemente ampie per consentire ad alcuni di affrancarsi dalle attività quotidiane ed esprimere la propria creatività nel

01/12/2023: <http://bit.ly/2uP9uUw>

[23] Jöran Friberg. *Ibidem*.

[24] *Ancient Mesopotamian units of measurement*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2UxhOXE>

[25] Vedere la definizione in: VIM, 5.3

[26] Zaide Duran, Umut Aydar. *Digital modeling of world's first known length reference unit: The Nippur cubit rod*. *Journal of Cultural Heritage*, 2012;13;352-356. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Hc2rMZ>

[27] Ana al'ain. *Nippur cubit, graduated specimen of an ancient measure from Nippur, Mesopotamia (3rd millennium B.C.) - exposed in the Archeological Museum of Istanbul (Turkey)*. CC BY-SA 3.0 Unported. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2lbfbnQ>

pensiero astratto, con la specializzazione nelle attività di governo e nelle attività artigianali e commerciali, con la nascita di un complesso sistema di scambi di beni e di servizi, con la nascita della scrittura. In questo contesto si colloca la nascita dei primi **sistemi di unità di misura** dei quali abbiamo la documentazione.

Per quanto concerne gli **Ebrei** nella Bibbia vi sono numerosi riferimenti alle unità di misura, alcuni interessanti in quanto riportano rapporti di 1:10 tra le unità, come ad esempio

"L'omer è la decima parte di un efa.

Esodo 16,36"

e ancora

"Poiché dieci iugeri di vigna produrranno solo un bat e un homer di seme produrrà un'efa.

Isaia 5,10"

e altri interessanti in quanto rivelano l'attenzione nei confronti dello **strumento di misura**²⁸, come ad esempio:

*"10 Abbiate bilance giuste, efa giusta, bat giusto. 11 L'efa e il bat saranno della medesima misura, in modo che il bat e l'efa contengano un decimo di homer; la loro misura sarà in relazione all'homer. 12 Il siclo sarà di venti ghera: venti sicli, venticinque sicli e quindici sicli saranno la vostra mina*²⁹.

Ezechiele 45, 10-12"

e ancora

"13 Non avrai nel tuo sacco due pesi diversi, uno grande e uno piccolo. 14 Non avrai in casa due tipi di efa, una grande e una piccola. 15 Terrai un peso completo e giusto, terrai un'efa completa e giusta, perché tu possa aver lunga vita nel paese che il Signore tuo Dio sta per darti.

Deuteronomio 25,13-15"

Paucton³⁰ nella sua Metrologia³¹ riporta che "... L'originale delle misure si chiamava **Scahac** presso gli Ebrei, che imprimevano una lettera o un altro carattere sulle misure particolari che erano state sottoposte a confronto con esso. Queste misure particolari & relative al commercio, così confrontate & approvate, prendevano allora il nome di **Messurah Haddi** [ovvero] *Mensura Judicis*"³² e che "... gli ebrei depositavano le loro misure nel tempio: donde vengono le espressioni così frequenti nella scrittura: misura del santuario, peso del santuario..."³³.

Sia grazie ai contatti con Egitto e Mesopotamia, sia perché si imponevano in modo logico e naturale, nell'antica **Grecia** si conservò l'uso delle principali unità di lunghezza riferite all'anatomia dell'uomo: il dito, il palmo, la spanna, il piede, il cubito³⁴. Era il prosieguo di una strategia semplice ma efficace: in mancanza di altri strumenti, basare le misure necessarie per gli scambi commerciali su unità di misura portate al proprio seguito. Nonostante non tutto ci sia pervenuto direttamente, disponiamo per l'antica Grecia di una documentazione che consente una buona ricostruzione delle unità di misura impiegate^{35,36}.

[28] Vedere la definizione in: VIM, 3.1

[29] Cioè 60 sicli = 1 mina

[30] Alexis-Jean-Pierre Paucton (La Baroche-Gondouin, 1736 [o 1732] – 1798)

[31] Alexis-Jean-Pierre Paucton. *Métrologie ou Traité des mesures, poids et monnoies des anciens peuples & des modernes*. Paris, Veuve Desaint, 1780. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2PU6DUa>

[32] "L'original des mesures s'appelloit **Scahac** chez les Hébreux, qui imprimoient une lettre ou autre caractère fur les mesures particulières qui avoient été soumises à fa confrontation. Cette mesure particulière & marchande, ainsi confrontée & approuvée, prenoit dès-lors le nom de **Messurah Haddin, Mensura Judicis**". Ivi, p. 7.

[33] "Les Hébreux les dépoioient dans leur temple, d'où viennent ces mots si fréquens dans l'Ecriture: mesure du sanctuaire, poids du sanctuaire". Ivi, p. 8.

[34] *Misure di superficie e di lunghezza dei Greci*. In: Cesare Cantù (a cura di). *Enciclopedia storica. Volume I. Schiarimenti e note alla Storia Universale*. Torino, presso gli Editori Giuseppe Pomba e C., 1838, pp. 408-412. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/212HvcG>

[35] Sito archiviato dell'EIM, Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας (EIM, Istituto Ellenico di Metrologia). URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2G407a2>

[36] *Ancient Greek units of measurement*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2lhJ7yD>

L'unità base di lunghezza impiegata dai greci era il **pous** (piede). La dimensione non era costante, così la sua lunghezza oscillò da 0,3083 a 0,2970 metri. Molto poco per allora, troppo per gli attuali criteri metrologici. La suddivisione del pous era il **daktylos** (dito), uguale a 1/16 di pous o 0,0193 metri (assumendo un piede uguale a 0,3083 m e arrotondando a tre cifre significative³⁷).

I multipli del **daktilos** (plurale daktiloi) erano: 4 daktyloi = 1 palaistē (palmo); 8 daktyloi = 1 hēmipodion (mezzo piede); 12 daktyloi = 1 spithamē (spanna); 16 daktyli = 1 pous (piede); 18 daktyli = 1 pygmē (avambraccio); 24 daktyli = pēchys (cubito).

I multipli del **pous** (plurale: podes) erano: 2,5 podes = 1 haploun bēma (passo semplice); 5 podes = 1 diploun bēma (passo doppio); 6 podes = 1 orgyia (il fathom inglese misura, non è un caso, 6 piedi); 10 podes = 1 dekapous (dieci piedi); 100 podes = 1 plethron; 600 podes = 1 stadion.

La lunghezza di una **stadion** differiva nelle città antiche. Così lo stadion Attico aveva una lunghezza di 184,98 metri, lo stadion Olimpico di 192,27 metri, per lo stadion riferito al cammino veniva assunta una lunghezza di 157,50 metri. Multipli dello stadion (plurale stadia) erano: 2 stadia = 1 diaulos; 4 stadia = 1 hippikon; 8 stadia = 1 milion (il miglio romano); 30 stadia di cammino = 1 lega persiana; 40 stadia di cammino = 1 schoinos egiziano.

Le principali misure di superficie andavano dal **plethron** (100 x 100 = 10 000 piedi quadrati, cioè 950 m²), con i sottomultipli **aroura** (1/4 di plethron) e **hektos** (1/6 di plethron), al piede quadrato (uguale a 0,095 m²).

La base delle unità di misura di volume era il **kyathos** (0,046 litri), con i seguenti multipli: 6 kyathoi = 1 kotylē , 2 kotyles = 1 xestis, 2 xestes = 1 choenix, 4 choinikes = 1 hēmiekton , 8 choinikes = 1 ekteus, 48 choinikes (o 6 ekteus) = 1 medimnos.

Per i liquidi la base delle unità di misura era ancora una volta **kyathos** (plurale kyathoi) con i seguenti multipli: 1,5 kyathoi = 1 oxybathon, 3 kyathoi = 1 hēmikotylē , 6 kyathoi = 1 kotyle, 12 kyathoi = 1 xestēs (il sextarius romano), 72 kyathoi = 1 chous, 12 choes = 1 metrite (39,4 litri).

L'unità base di misura del peso era l'**obol** (obolo), pari 0,72 grammi attuali, con i seguenti multipli: 6 obols = 1 drachma, 100 drachmai = 1 mina, 60 minai = 1 talent (25,86 chilogrammi).

Come ci riferisce Paucton³⁸ "... presso i greci, l'originale delle misure si esprimeva nella loro lingua con i termini archetipo, prototipo, metretēs & μέτρων τρόπος³⁹ ... Gli Ateniesi stabilirono una Compagnia di

[37] Per le cifre significative va ricordato che: (a) gli zero prima dei numeri diversi da zero non fanno parte delle cifre significative, quindi 0,0193 ha tre cifre significative; (b) gli zero dopo i numeri diversi da zero fanno parte delle cifre significative, quindi 0,30 ha due cifre significative; (c) il numero di cifre significative dipende dall'errore del processo di misura.

Si supponga che una serie di misure abbiano media = 9,37652, deviazione standard = 0,10835 ed errore standard = 0,004203. Dall'errore standard si ricava che le misure effettuate presentano una incertezza a livello della terza cifra decimale (0,004203), dovuta all'errore del processo di misura. In questo caso non avrebbe senso riportare la media e la deviazione standard con più di tre cifre decimali: la media 9,37652 deve essere arrotondata e riportata come 9,376 e la deviazione standard 0,10835 deve essere arrotondata e riportata come 0,108 e il risultato sarà quindi espresso come 9,376 ± 0,108 (media ± deviazione standard) o come 9,376 ± 0,004 (media ± errore standard).

Se non si conosce l'errore standard in genere si esprime la deviazione standard con due cifre significative. Così avendo ottenuto ad esempio una media = 1,34648 e una deviazione standard = 0,10295 quest'ultima va riportata come 0,10 con due cifre significative e il risultato sarà quindi espresso, arrotondando anche la media a due decimali, come 1,35 ± 0,11 (media ± deviazione standard).

[38] Alexis-Jean-Pierre Paucton. *Métrologie ou Traité des mesures, poids et monnoies des anciens peuples & des modernes*, pp. 7-8.

[39] "metron trópos"

quindici Ufficiali chiamati *μέτρονομοί*⁴⁰ [ovvero] **Conservatori delle misure incaricati della custodia delle misure originali e della verifica della taratura**⁴¹.

Se i greci avevano derivato in parte le loro unità da quelle impiegate in Egitto e in Mesopotamia, i romani derivarono in parte le loro unità da quelle impiegate dai greci. A **Roma** l'unità base per la lunghezza era il **pes** (piede), cui viene oggi attribuita una lunghezza di 0,296 m e che a sua volta, come presso i greci, era suddiviso in 16 unità denominate **digitus** (dito) e in 4 unità denominate **palmus**. Il **cubitus** era uguale a 1,5 piedi come presso i greci.

Tra le misure di lunghezza risaltano l'**uncia** o **pollex** (pari a 1/12 del pes) e il **miliarium** (uguale a mille **passus**, ciascuno uguale a 5 pes) da cui gli odierni **inch** e **mile** del sistema imperiale britannico⁴². Da notare che oggi il pollice (inch) è uguale a 25,4 mm ed è quasi identico all'uncia romana, che era uguale a 24,7 mm. Altre unità di misura di lunghezza che hanno lasciato tracce nella nomenclatura delle unità di misura fin ai giorni nostri sono la **pertica** (10 pes) e la **leuga** (7 500 pes).

Tra le misure di superficie impiegate dai romani vanno ricordati il **piede quadrato** (uguale a 0,0876 m²) e lo **iugero** (pari all'estensione di un campo arato da una coppia di buoi in un giorno, ed equivalente a 2523 m² attuali). Questa unità di misura dei terreni veniva impiegata con una estesa serie di suddivisioni in base 12, riportate in una traduzione del 1745 dei libri del botanico latino Lucio Giunio Moderato Columella^{43,44}.

I volumi erano basati sul piede cubo che, assumendo per il **pes** una lunghezza di 0,296 m, era quindi uguale a 25,9 litri (L). Dal piede cubo erano derivati il **congius** pari a 1/8 del piede-cubo quindi uguale a 3,24 L e il **sextarius**, un sesto del congius ovvero 1/48 del piede cubo, quindi uguale a 0,546 L.

Per la misura degli aridi/sostanze secche (quelli che rivestivano il ruolo più importante negli scambi e nel commercio erano sempre inevitabilmente i cereali) si impiegava il **modius** (moggio) uguale a 2 volte e 2/3 il congius, o più semplicemente uguale agli 8/3 del congius, cioè uguale a 8,64 L. Nell'immagine accanto un contenitore per la misura del modius risalente al IV secolo e.v. che rappresentava quello che oggi denomineremmo un **campione di misura**⁴⁵ di questa capacità⁴⁶. L'iscrizione riportata sul contenitore fa riferimento alla *Lex Modii* e agli imperatori Valentiniano, Valente e Graziano⁴⁷.



L'unità di base per la misura dei pesi era la **libra**, corrispondente ad attuali 328,9 g. Tra la libra e l'**uncia**, pari a 1/12 della libra, erano comprese altre 10 suddivisioni, ciascuna con il proprio valore in rapporto alla libra e con la propria denominazione. L'uncia, pari a 27,4 g, era a sua volta ulteriormente suddivisa in frazioni uguali a 1/2, 1/3, 1/4, 1/6, 1/12, 1/24, 1/48 e 1/144 confermando così la scelta di una suddivisione in base 12. Da notare che nel sistema imperiale britannico l'**onzia avoirdupois** corrisponde a 28,35 g e ha quindi un

[40] "metronomoi"

[41] "Chez les Grecs, l'original des mesures s'exprimoit en leur langue par les mots archétype, prototype, Metretès & μέτρων τρόπος ... Les Athéniens établirent une Compagnie de quinze Officiers, appelés μέτρονομοί **Conservateurs des mesures** qui avoient la garde des mesures originales & l'inspection de l'étalonnage".

[42] Encyclopædia Britannica. *British Imperial System*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2W7e7pb>

[43] L. Junius Moderatus Columella of Husbandry. In *Twelve Books and his Book concerning Trees*. Printed for A. Millar, London, 1745, p. 212. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2I3xSKN>

[44] Lucio Giunio Moderato Columella (Cadice, 4 e.v. – 70 e.v.)

[45] Vedere la definizione in: VIM, 5.1

[46] Luis García. *A Roman modius*. CC BY-SA 3.0 Unported. URL consultato il 07/04/2019: <http://bit.ly/2IhuV8J>

[47] *Epigraphische Datenbank Heidelberg*. URL consultato il 08/04/2019: <http://bit.ly/2D56x6T>

valore molto simile a quello dell'antica oncia romana (27,4 g).

Sempre Paucton riferisce che⁴⁸ "... presso i Romani [l'originale delle misure] conservava il nome di misura per eccellenza, **mensura**, poiché tutte le altre misure dovevano essere conformi ad essa Gli antichi Romani le custodivano nel tempio di Giove al Campidoglio, come un deposito sacro & inviolabile; per questa ragione la misura originale era denominata **Capitolina**. Gli Imperatori Cristiani ne affidarono in seguito la custodia ai Governatori o ai primi Magistrati delle Province"⁴⁹.

Qui di seguito la riproduzione di una delle tabelle delle unità di misura romane riportata da Smith⁵⁰ alle quali si rimanda. Il testo riporta nello stesso capitolo anche le tabelle per le unità di misura dell'antica Grecia. Le tabelle complete sono consultabile anche nella *Perseus Digital Library* della *Tuft University*⁵¹ sotto forma di pagine web⁵².

TABLE II.
ROMAN MEASURES OF LENGTH.

I. SMALLER MEASURES.					Decimals of a Metre.	Decimals of a Foot.	Feet.	Inches.
Digitus	·0185	·060675	..	·7281
1½	UNCIA or Pollex	.	.	.	·0247	·0809	..	·9708
4	3	Palmus	.	.	·074	·2427	..	2·9124
12	9	3	Palmus Major (of late times)	.	·222	·7281	..	8·7372
16	12	4	1½ Pes	.	·296	·9708	..	11·6496
20	15	5	1½ 1½ Palmipes	.	·370	1·2135	1	2·562
24	18	6	2 1½ 1½ CUBITUS	.	·444	1·4562	1	5·4744

NOTES TO TABLES I AND II.

A metre is 39·37 English inches : an English foot is ·3048 metre.
It is not thought necessary to give the whole scale of the Uncial divisions of the foot. They can easily be calculated from the Uncia.
Other Standards.—The relations of the measures to one another were always, with hardly any exception, those above given: but the standards varied in different places and at different times. Thus the Attic *pebs* being ·296 m., the Aeginetan was ·333 m., the Olympic ·3205 m., the Philetærean ·333 m., the Ionic ·350 m., the Phrygian ·2775 m.
In the West, though the Roman foot was ·296 m., the same as the Attic, the older Italian foot was only ·275 m., and the Drusian foot, used in Gaul and Germany, was ·833 m.
In Egypt, under the Pharaohs, the Royal ell was ·525 m., the smaller ell ·425 m.: under the Ptolemies, the Royal ell was ·533 m., the greater foot ·855 m., and the smaller foot ·803 m.
The Great Babylonian ell was ·550 m., the Royal or Persian ell ·495 m., the Phoenician ell ·4435 m.
Compared with one another, the Attic, Roman, and Phoenician feet are the same: the Aeginetan, Philetærean, and Drusian are the same: the Italian and Phrygian are the same: the Ionic and Royal (or Greater) Egyptian are the same—either exactly or very nearly indeed.

La dominazione romana non avrebbe potuto espandersi a tal punto e durare così a lungo senza una miscela di componenti politiche adeguate all'epoca. Una di queste fu certamente la **tolleranza** religiosa. I romani, fino al terzo secolo, quando la decadenza dell'impero era ormai iniziata, non cercarono mai di imporre una propria religione. Ma un'altra componente, più sottile, fu l'opposto: l'**imposizione** delle proprie unità di misura. I romani avevano evidentemente capito che i commerci erano spesso più importante della forza delle armi. E unità di misura omogenee avevano un valore politico strategico.

[48] Alexis-Jean-Pierre Paucton. *Métrologie ou Traité des mesures, poids et monnoies des anciens peuples & des modernes*, pp. 7-8.

[49] "... chez les Romains [l'original des mesures] conservoit le nom de mesure par excellence, **mensura**, parce que toutes les autres mesures dévoient lui être conformes ... Les anciens Romains les gardoient dans le temple de Jupiter au Capitole, comme un dépôt sacré & inviolable; c'est pourquoi la mesure originale étoit surnommée **Capitolina**, *Capitoline*. Les Empereurs Chrétiens en confièrent dans la suite la garde aux Gouverneurs ou aux premiers Magistrats des Provinces".

[50] William Smith, William Wayte, G. E. Marindin. *A Dictionary of Greek and Roman Antiquities*. London, John Murray Ed., 1890, pp. 992-1008. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Ulr69J>

[51] URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Umjowb>

[52] URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2OVqKku>

Con la decadenza dell'impero romano inizia un processo inarrestabile. Forse l'ultimo grande tentativo fatto nell'antichità per recuperare un impiego delle unità di misura come collante politico e sociale fu quello compiuto da **Carlomagno**, re dei Franchi dal 768, re dei Longobardi dal 774 e dall'anno 800 primo Imperatore del Sacro Romano Impero⁵³, incoronato a Roma da papa Leone III⁵⁴. La "**pila di Carlomagno**", conservata nel palazzo imperiale, fu quello che oggi chiameremmo il **campione di misura nazionale**⁵⁵ per i pesi impiegati nell'impero⁵⁶. Ma anche questo intervento non riuscì a contrastare la frammentazione delle unità di misura, che proseguì inarrestabile con il medioevo e con il feudalesimo. Come vedremo fra poco solo una rivoluzione, ma una rivoluzione vera, quella francese del 1789, riuscirà a invertire il processo.

Nell'800 e.v. il matematico arabo di **Muḥammad ibn Mūsā al-Khwārizmī**⁵⁷, in un'opera il cui titolo originale era probabilmente *Kitāb al-Jam' wa al-tafrīq bi-ḥisāb al-Hind* ("**Libro sull'addizione e la sottrazione secondo il calcolo degli Indiani**"), riporta le scoperte dei matematici indiani nei primi quattro secoli e.v., che prevedono la rappresentazione dello 0 (zero) e che sono alla base del **sistema numerico posizionale**, una pietra miliare nello sviluppo della matematica^{58,59},

L'originale in arabo è andato perso, ma ne è sopravvissuta una traduzione latina, senza titolo, risalente al 1200 e attribuita ad **Adelardo di Bath**⁶⁰. Lo scritto venne poi riscoperto e intitolato *Algoritmi de numero indorum* da **Baldassarre Boncompagni**⁶¹ che lo pubblicò nel 1857 nei suoi *Trattati d'aritmetica*⁶².

Il testo inizia con:

"DIXIT algoritmi: laudes deo rectori nostro atque defensori dicamus dignas, que et debitum ei reddant, et augendo multiplicent laudem, deprecemurque eum ut nos dirigat in semita rectitudinis et ducat in viam veritatis, et ut auxilietur nobis super bona voluntate in his que decrevimus exponere ac patefacere de numero indorum".

Il traduttore non avrebbe mai immaginato che il nome, storpiato, di un matematico arabo, avrebbe fornito le basi per la nascita del termine "**algoritmo**", uno dei più fortunati termini nel campo della matematica, dell'informatica e della logica.

Circa un secolo più tardi, nell'anno 953, il matematico arabo **Abū'l Ḥasan Aḥmad ibn Ibrāhīm al-Uqlīdisī**⁶³ compone quella che a tutt'oggi risulta essere la più antica aritmetica che ci sia pervenuta in lingua araba⁶⁴. Ne abbiamo una copia unica, datata 28 luglio 1157, che nella prima pagina riporta che il testo originale fu composto nel 952/953 a Damasco. Queste sono le righe 4-10 della pagina 61a del manoscritto che ci è pervenuto, delle quali riporto la traduzione di Saidan⁶⁵:

[53] Carlo, detto Magno o Carlomagno (2 aprile 742 – Aquisgrana, 28 gennaio 814)

[54] Leone III (Roma, 750 – Roma, 12 giugno 816)

[55] Vedere la definizione in: VIM, 5.3

[56] L'originale è andato perduto, ma a Parigi al *Musée des arts et métiers* se ne può vedere una copia risalente alla fine del 1400 / primi del 1500. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2FVEIE3>

[57] Abū Ja'far Muḥammad ibn Mūsā al-Khwārizmī (Corasmia, 780 circa – 850 circa)

[58] *The Arabic numeral system*. School of Mathematics and Statistics. University of St Andrews, Scotland. MacTutor History of Mathematics archive. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2HXxBZJ>

[59] David Eugene Smith, Louis Charle Karpinsky. *The Hindu-Arabic numerals*. Ginn and Company, Boston and London, 1911. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2D3TPW6>

[60] Adelardo di Bath (Bath, 1080 – 1152)

[61] Baldassarre Boncompagni Ludovisi (Roma, 10 maggio 1821 – 13 aprile 1894)

[62] Baldassarre Boncompagni. *Trattati d'aritmetica. I - Algoritmi del numero indorum*. Roma, Tipografia delle Scienze Fisiche e Matematiche, 1857. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2WjaUTH>

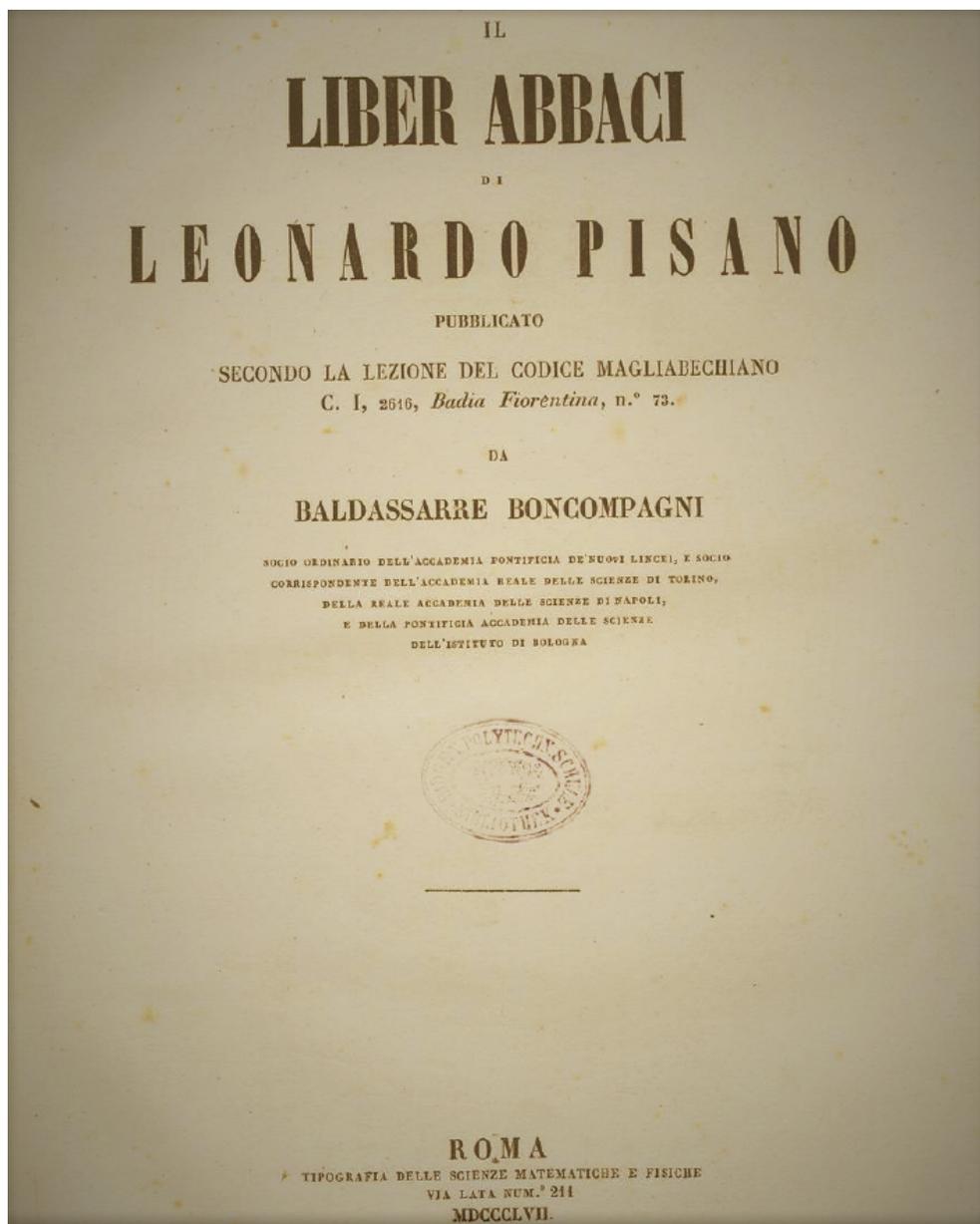
[63] Abū'l Ḥasan Aḥmad ibn Ibrāhīm al-Uqlīdisī (920 circa – 980 circa, vissuto tra Damasco e Baghdad)

[64] A. S. Saidan. *The Earliest Extant Arabic Arithmetic Kitāb al-Fuṣūl fī al-Ḥisāb al-Hindī of Abū'al Ḥasan, Aḥmad ibn Ibrāhīm al-Uqlīdisī*. Isis, 57:4, pp. 475-490.

[65] Saidan. *Ivi*, p. 486.

come la più naturale, la decimalizzazione delle unità di misura del sistema metrico nato in Francia.

Dopo la traduzione di **al-Khwārizmī** ad opera di Adelardo di Bath, in occidente la svolta arriva con la pubblicazione in Italia del *Liber Abbaci* di Leonardo Pisano⁷². La prima edizione, del 1202, è andata persa, mentre ci sono pervenuti vari manoscritti della seconda edizione, del 1228, poi ristampata nel 1857 nell'ambito dell'intervento di recupero delle grandi opere scientifiche del passato ad opera di Baldassarre Boncompagni⁷³.



Così Leonardo esordisce nel primo capitolo del libro:

[72] Leonardo Pisano o Leonardo da Pisa detto anche "**Fibonacci**" (Pisa, 1170 circa – 1242 circa)

[73] Baldassarre Boncompagni. *Il Liber Abbaci di Leonardo Pisano, secondo la lezione del codice magliabechiano*. C. I, 2616, Badia Fiorentina, no. 73. Roma, Tipografia delle Scienze Matematiche e Fisiche, 1857. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2OsACCq>

"Incipit primum capitulum

Nouem figure indorum he sunt

9 8 7 6 5 4 3 2 1

Cum his itaque nouem figuris, et cum hoc signo 0, quod arabice zephirum appellatur, scribitur quilibet numerus, ut inferius demonstratur⁷⁴.

Nel suo recente libro su Fibonacci, Keith Devlin, citando i risultati delle ricerche su manoscritti medievali effettuati dalla studiosa italiana Raffaella Franci, conclude:

"... prese tutte assieme, le prove risultano schiaccianti. Leonardo lasciò due importanti eredità: la prima, comprendente i suoi testi più eruditi - *Liber Abbaci*, *De practica geometrie* e *Liber quadratorum* -, avrebbe condotto allo sviluppo della matematica moderna; la seconda - il suo *Libro di minor guisa* - offrì il modello per tutti i libri d'abbaco, fornendo così la base per la crescita dell'aritmetica pratica, commerciale. Leonardo da Pisa può quindi essere considerato come il padre della rivoluzione aritmetica moderna⁷⁵.

Ma l'antichità non è ancora terminata. La diffusione dei libri avviene ancora copiandoli a mano. Il sistema numerico indo-arabico stenta a diffondersi. E la lunghissima e drammatica crisi di civiltà e di cultura che proseguirà fino al XV secolo non fornirà un contesto favorevole a sottigliezze metrologiche.

Tuttavia al termine del medioevo, come ho già avuto modo di ricordare altrove⁷⁶, compare una novità:

"Gli anni dell'Umanesimo [che] aprirono le porte alla modernità ... videro l'affermarsi e il diffondersi delle prime "macchine del tempo" nelle diverse città. Se i primi costosissimi orologi si erano già visti nelle principali città d'Europa, fin dal XIV secolo, prima nei monasteri (in quello di Cluny nel 1340) e nelle cattedrali (in quella di Chartres nel 1359), poi nelle torri comunali (a Padova nel 1344, a Genova nel 1353, a Bologna nel 1356, a Ferrara nel 1362), fu però nel secolo XV che le città costruiscono orologi non solo per la loro utilità pubblica, bensì anche per questioni di prestigio e per emulazione. «Così, nonostante il costo relativamente elevato, una combinazione di orgoglio cittadino, di utilitarismo e di interesse per i marchingegni meccanici favorì la diffusione dell'orologio»

... Non è forse a caso che proprio nel XVI secolo si sentì urgentemente la necessità di riformare il calendario giuliano che risaliva ancora all'epoca romana, al 46 [a.e.v.], terzo anno del consolato di Giulio Cesare. E infatti il 25 febbraio 1582, dopo due anni di lavoro di una commissione formata da scienziati e da uomini di Chiesa, papa Gregorio XIII (al secolo Ugo Boncompagni, 1502-1585, un giurista bolognese divenuto papa nel 1572) emise la bolla **Inter gravissimas** che stabilì le regole del nuovo sistema, e impose l'abolizione di dieci giorni (dal 5 si saltò al 14 ottobre), per ricondurre l'equinozio di primavera al 21 marzo. Il nuovo calendario gregoriano, ovviamente, determinò numerose trasformazioni nella vita pubblica, quotidiana ed economica.

... L'uso sistematico della data fu introdotto in maniera precisa negli studi e nei documenti solo a partire dalla metà del Cinquecento; in questo modo la storia e le esperienze vissute vennero inserite in un'idea di tempo unico della storia.

... Man mano che ci si avvicinò alla modernità, si passò da un mondo del pressappoco, caratteristico del Medioevo (ma anche delle civiltà antiche) a un mondo della precisione, e si passò da un tempo approssimato a un tempo sempre più preciso: «a differenza della spazio che, pure essendo essenzialmente misurabile, essendo forse l'essenza stessa di ciò che è misurabile, non ci si offre che come qualcosa da misurare, il tempo, pure essendo essenzialmente non misurabile, non ci si presenta mai se non come provvisto già di una misura naturale, già tagliato in porzioni dalla successione delle stagioni e dei giorni, dal movimento, e dai movimenti, dell'orologio celeste che la natura previdente ha avuto la cura di metterci a disposizione" (77).

[74] "Le nove figure degli indiani sono queste 9 8 7 6 5 4 3 2 1. E con queste nove figure, e con il simbolo 0, che in arabo è denominato zephuro, si scrive qualsiasi numero, come dimostrato qui sotto"

[75] Keith Devlin. *I numeri magici di Fibonacci. L'avventurosa scoperta che cambiò la storia della matematica*. Mondadori Libri, Milano, 2018, ISBN 978-8817-06478-1

[76] *Il problema del tempo*, pp. 17-18. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2WU3E0j>

[77] Paolo Taroni. *Filosofie del tempo. Il concetto di tempo nella storia del pensiero occidentale*. Mimesis Edizioni, Milano-Udine, 2012, ISBN 978-88-5751-453-6, pp. 206-207

Ed è proprio dall'orologio celeste che gli astronomi trassero l'unità di misura del tempo, il secondo, pari a $1/86\,400$ del giorno e la cui definizione rimarrà sostanzialmente invariata⁷⁸ fino al cambiamento radicale introdotto solamente alla fine del XX secolo.

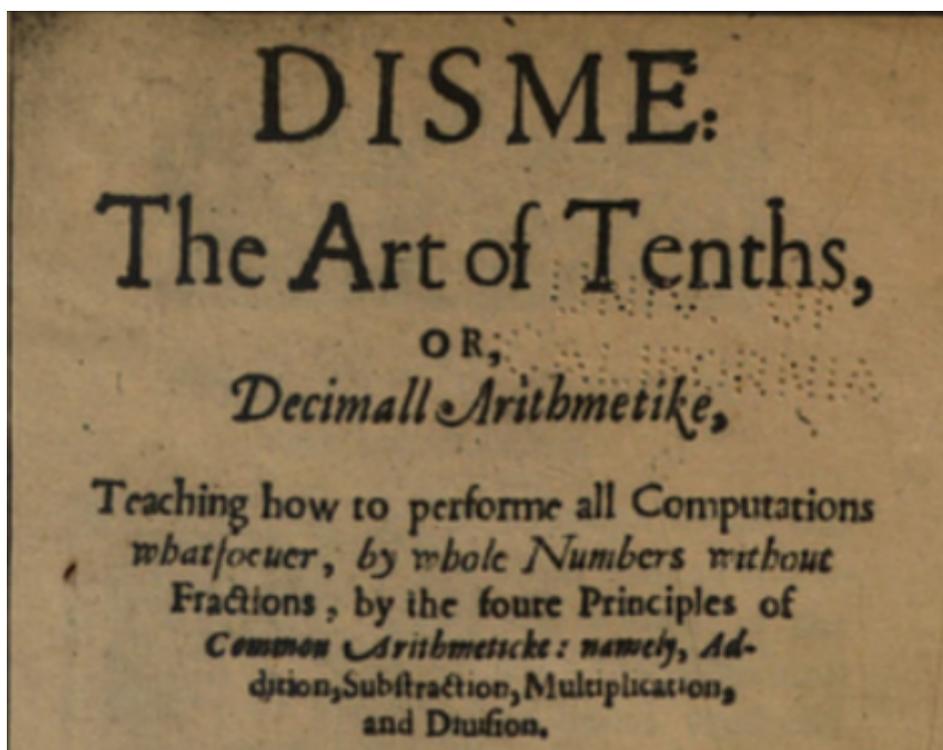
[78] Nella 5ª CGPM, 1913: "*Temps - L'unité de temps est la Seconde de temps moyen. La Seconde de temps moyen est la fraction $1/86\,400$ du Jour solaire moyen*". Nella 11ª CGPM, 1960: "*La seconde est la fraction $1/31\,556\,925,9747$ de l'année tropique pour 1900 janvier 0 à 12 heures de temps des éphémérides*"

2. La rivoluzione francese

I fatti del 1789 sono preceduti da alcuni eventi prodromici.

Nel 1585 **Simon Stevin**⁷⁹ pubblica "**La disme**" (cioè "*La decima*") e, in poche pagine, mostra come abbandonare le frazioni. Sino ad allora, giusto per fare un esempio, si scriveva 12 e 1/4 che Stevino suggerisce di scrivere ora come 12,25 e si scriveva 6 e 1/2 che Stevino ora suggerisce di scrivere come 6,5. Stevino mostra che, dovendo sommare due numeri, invece di impiegare le frazioni e sommare ad esempio $(12 \text{ e } 1/4) + (6 \text{ e } 1/2)$ ottenendo 18 e 3/4, è molto più semplice sommare 12,25 + 6,5 ottenendo 18,75 se si riporta il secondo numero sotto il primo in modo che le cifre siano allineate, le decine sotto le decine, le unità sotto le unità, i decimi sotto i decimi e così via. Sono trascorsi sette secoli da **al-Khwārizmī**, sei secoli da **al-Uqlīdisī**, oltre tre secoli da **Fibonacci**, e il sistema numerico indo-arabico, posizionale e decimale, si fa finalmente strada in Europa.

Danno un'idea del cambiamento epocale le espressioni "*L'Arte dei Decimi*" e "*Aritmetica Decimale*" impiegate nel titolo di questa traduzione del 1609 in lingua inglese dell'opera di Stevino⁸⁰.



La *Disme* appare anche nella traduzione in francese del 1634⁸¹ della raccolta delle opere matematiche di Stevino.

[79] Simon Stevin, italianizzato in Stevino (Bruges, 1548 – L'Aia, 1620)

[80] *Disme: the Art of Tenths, Or, Decimall Arithmetike, Teaching how to performe all Computations whatsoeuer, by whole Numbers without Fractions, by the foure Principles of Common Arithmetike: namely Addition, Subtraction, Multiplication, and Division*. Invented by the excellent Mathematician, Simon Stevin. Published in English with some additions by Robert Norton, Gent. Imprinted at London by S. S. for Hugh Astley, 1609. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2UB3cq9>

[81] BEIC, Biblioteca Europea di Informazione e Cultura. *Les oeuvres mathematiques de Simon Stevin de Bruges. Ou sont inserées les memoires mathematiques, esquelles s'est exerce le tres-haut & tres-illustre prince Maurice de Nassau, ... Le tout reveu, ... par Albert Girard ...* - A Leyde : chez Bonaventure & Abraham Elsevier, imprimeurs ordinaires de l'Université, 1634, pp. 206-213. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2XKxQeK>

Nel 1668 John Wilkins⁸² pubblica un trattato⁸³ nel quale alle pagine 190-194 tratta "Della Misura", e a pagina 191 riporta⁸⁴: "Le Nazioni del Mondo non differiscono nei loro Linguaggi più che nei vari generi e proporzioni di queste Misure ... sarebbe desiderabile stabilire un qualche Standard naturale...". Propone che, data una serie di condizioni, la lunghezza del pendolo che batte un secondo sia assunta come Standard (pagina 192, riga 10).

which must be, as the length of the String from the point of Suspension to the Centre of the Ball is to the Radius of the Ball, so must the said Radius be to this third: which being so found, let two fifths of this third Proportional be set off from the Centre downwards, and that will give the Measure desired. And this (according to the discovery and observation of those two excellent persons, the Lord Viscount *Brouncker*, President of the Royal Society, and *Mon. Huygens*, a worthy Member of it) will prove to be 38 *Rhinland* Inches, or (which is all one) 39 Inches and a quarter, according to our *London* Standard.

Let this Length therefore be called the *Standard*; let one Tenth of it be called a *Foot*; one Tenth of a Foot, an *Inch*; one Tenth of an Inch, a *Line*. And so upward, Ten Standards should be a *Pearch*; Ten *Pearches*, a *Furlong*; Ten *Furlongs*, a *Mile*; Ten *Miles*, a *League*, &c.

And so for Measures of *Capacity*: The cubical content of this Standard may be called the *Bushel*: the Tenth part of the Bushel, the *Peck*; the Tenth part of a Peck, a *Quart*; and the Tenth of that, a *Pint*, &c. And so for as many other Measures upwards as shall be thought expedient for use.

As for Measures of *Weight*; Let this cubical content of distilled Rain-water be the *Hundred*; the Tenth part of that, a *Stone*; the Tenth part of a Stone, a *Pound*; the Tenth of a Pound, an *Ounce*; the Tenth of an Ounce, a *Dram*; the Tenth of a Dram, a *Scruple*; the Tenth of a Scruple, a *Grain*, &c. And so upwards; Ten of these cubical Measures may be called a *Thousand*, and Ten of these Thousand may be called a *Tun*, &c.

As for the Measures of *Money*, 'tis requisite that they should be determined by the different Quantities of those two natural Metals which are the most usual materials of it, viz. *Gold* and *Silver*, considered in their Purity without any *alloy*. A Cube of this Standard of either of these Metals may be styled a *Thousand* or a *Talent* of each; the Tenth part of this weight, a *Hundred*; the Tenth of a Hundred, a *Pound*; the Tenth of a Pound, an *Angel*; the Tenth of an Angel, a *Shilling*; the Tenth of a Shilling, a *Peny*; the Tenth of a Peny, a *Farthing*.

[82] John Wilkins (Fawsley, 14 febbraio 1614 – Chester, 19 novembre 1672)

[83] John Wilkins. *An Essay towards a Real Character and a Philosophical Language*. Printed for SA Gellibrand and for John Martyn, London, 1668. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2uRqTfw>

[84] "The several Nations of the World do not more differ in their Languages, then in the various kinds and proportions of these Measures ... it were most desirable to find out some natural Standard..."

Ma non solo. Wilkins, sempre a pagina 192, nelle righe successive continua: "*Sia questa Lunghezza denominata Standard; sia la sua decima parte denominata Piede; un decimo del Piede un Pollice; un decimo del Pollice una Linea. E nello stesso modo verso l'alto, dieci Standard siano una Pertica; dieci Pertiche un Furlong; dieci Furlong un Miglio; dieci Miglia una Lega, &c.*"⁸⁵. Prosegue quindi con le misure di capacità, di peso, e con i tagli delle monete, impiegando le denominazioni delle unità già in corso, ma portando i rapporti tra due unità adiacenti, in ordine crescente, al valore di 1:10.

Wilkins trae la sua proposta dalla **Royal Society** (della quale faceva parte) sulla base di un suggerimento di **Huygens**⁸⁶, che aveva costruito il primo orologio a pendolo nel 1657⁸⁷, e di **Ole Rømer**⁸⁸, suggerimento basato a sua volta su uno studio fatto a Parigi da Marin Mersenne⁸⁹ e che risaliva al 1644⁹⁰.

Nel 1675 Tito Livio Burattini⁹¹ pubblica "**Misura Universale**"⁹², un lavoro nel quale afferma che "... *Il mio principal' intento dunque sara' (se pero' saro' esaudito) di persuadere tutte le Nazioni d'usare una misura, & un peso ambidue datici dalla natura, invariabili, & inalterabili fin tanto, che durerà il corso dei Cieli*"⁹³.

Burattini non sembra essere a conoscenza della proposta di Wilkinson e per la misura di lunghezza propone di adottare la lunghezza del pendolo che batte un secondo: "*Sono stato molto tempo perplesso in giudicare qual parte mi doveva prendere io dell'infinita, & uniforme misura universale per costituire il Metro, e finalmente doppo havervi molto pensato, mi sono risoluto di prender la lunghezza d'un Pendolo, che fà una vibrazione nel tempo d'un minuto secondo, ciò é, che faccia in un hora 3600 vibrazioni, e benche' questa lunghezza sia un poco maggiore di quella che io la desiderarei, ad ogni modo e' tale, che facilmente gl'huomini se ne possono servire, e con essa conservaremo il tempo proporzionato à quello su' statuito dagli Antichi, ai quali parve di dividere un' hora in sessanta minuti, & un minuto in sessanta secondi*"⁹⁴.

Burattini denomina questa misura "**metro cattolico**", dichiarando "... *che cosi' mi pare di nominarla in lingua Greca...*"⁹⁵. Da Stevino la decimalizzazione si è già fatta strada in occidente, ma stranamente Burattini propone di suddividere il metro in sedici parti: "*Molte considerazioni ho fatto circa la divisione del Metro Cattolico per potermene poi servire nelli Pesi comodamente come piu avanti dirò, e mostrerò diffusamente, & in fine doppo avervi molto pensato l'ho diviso prima in quattro parti uguali, e poi ogn'una di queste in altre quattro, cosi' tutto 'l Metro sara' diviso in sedeci parti*"⁹⁶.

[85] "*Let this Length therefore be called the Standard; let one Tenth of it be called a Foot; one Tenth of a Foot, an Inch; one Tenth of an Inch, a Line. And so upward, Ten Standards should be a Pearch; Ten Peaches, a Furlong; Ten Furlongs, a Mile; Ten Miles, a League, &c.*"

[86] Christiaan Huygen (L'Aia, 14 aprile 1629 – 8 luglio 1695)

[87] Huygens nel 1656 costruisce il primo orologio regolato da pendolo, risolvendo il problema di mantenerne costante il moto oscillatorio superando il problema degli attriti. Vedi: Christiaan Huygens. *Horologium oscillatorium: sive, de motu pendulorum ad horologia aptato demonstrationes geometricae*. Parigi, 1673. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2GEhgX6>

[88] Ole Rømer (Aarhus, 25 settembre 1644 – Copenaghen, 19 settembre 1710)

[89] Marin Mersenne (Oizé, 8 settembre 1588 – Parigi, 1 settembre 1648)

[90] Paolo Agnoli, Giulio D'Agostini. *Why does the meter beat the second?* arXiv:physics/0412078. URL consultato il 09/04/2019: <http://bit.ly/2I8lc5A>

[91] Tito Livio Burattini (Agordo, 8 marzo 1617 – Cracovia, 1681)

[92] Tito Livio Burattini. *Misura universale ovvero trattato nel qual' si mostra come in tutti li luoghi del mondo si può trovare una misura, & un peso universale senza che habbiano relazione con niun'altra misura, e niun altro peso, & ad ogni modo in tutti li luoghi saranno li medesimi, e saranno inalterabili, e perpetui sin tanto che durerà il mondo*. Vilna, nella Stamperia de Padri Francescani, 1675. URL consultato il 25/04/2019: <http://bit.ly/2VsIglD>

[93] Ivi, p. 11.

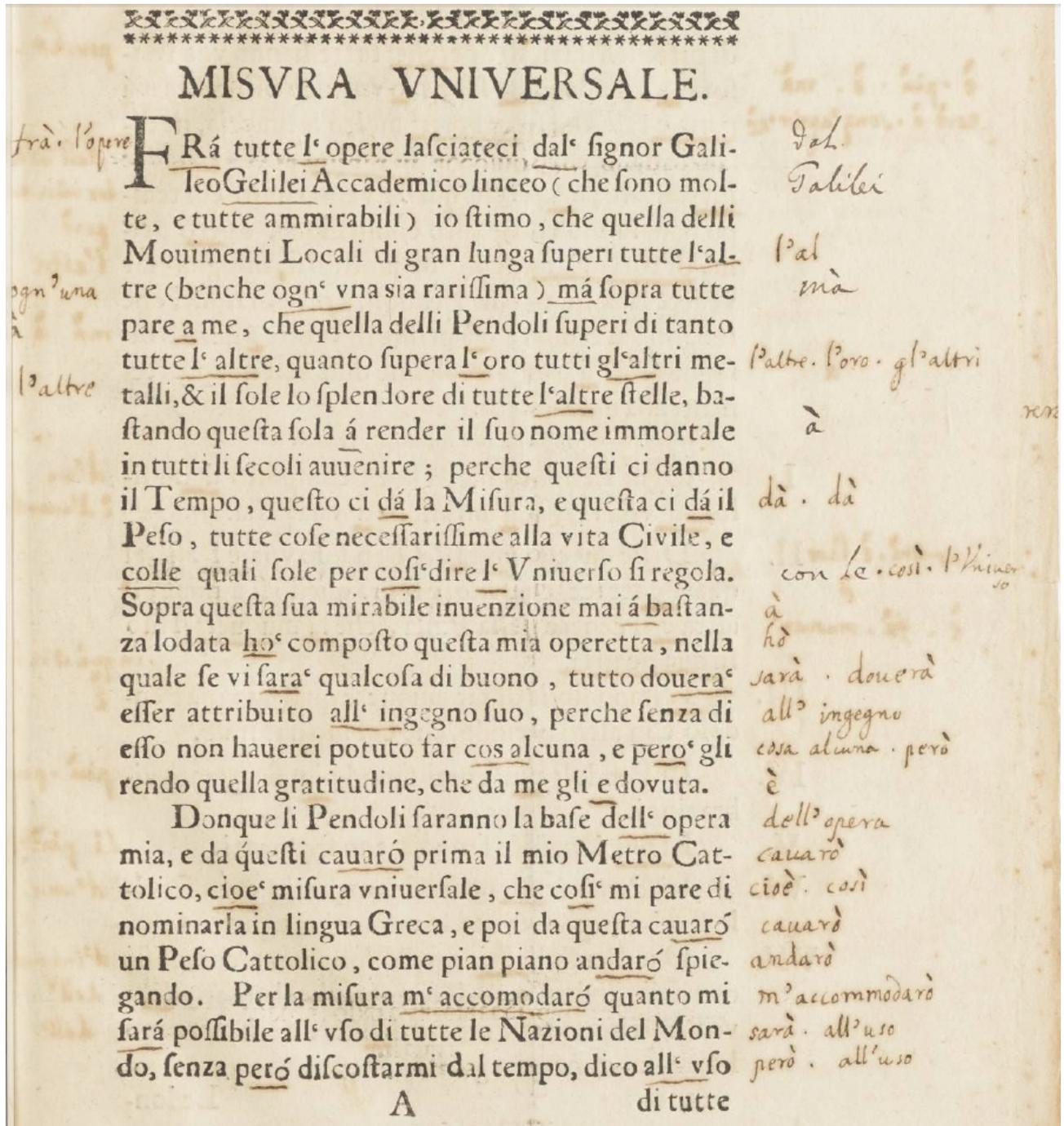
[94] Ivi, p. 14.

[95] In greco è "μέτρο καθολική" cioè letteralmente "*misura universale*" come riportato nel titolo dell'opera di Burattini, ma che, letto, suona "méτρο katholiki", da cui l'espressione "metro cattolico".

[96] Ivi, p. 24.

Inoltre propone come unità di volume il cubo di spigolo pari ad un sedicesimo del metro cattolico, e come unità di peso l'acqua piovana contenuta in un detto volume in quanto "... io credo che l'acqua piovana sia quella, che in tutto'l Mondo sia la più uniforme di tutte mentre non è presa quando suono tuoni, o folgori, mà in tempo quieto"⁹⁷.

Questa è la prima pagina del libro tratta da una copia di uno dei rarissimi originali dell'opera che ci sono pervenuti, conservato alla *Bibliothèque nationale de France*⁹⁸.



[97] Ivi, p. 42.

[98] URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2VNQp1b>

Arriviamo alla svolta del 1789. La **rivoluzione francese** formalmente inizia il **14 luglio 1789**, il giorno della presa della Bastiglia. Ma era già dall'agosto del 1788 che **Luigi XVI**⁹⁹ aveva convocato gli **Stati Generali** allo scopo di raggiungere un accordo tra le classi sociali per risolvere la crisi politica, economica e sociale in cui versava la Francia.

E proprio durante la preparazione degli Stati Generali, inaugurati il 5 maggio 1789, l'unificazione dei pesi e delle misure era stata reclamata sia dal primo Stato (clero), sia dal secondo Stato (aristocrazia), sia dal terzo Stato (borghesia). Nei "*cahiers de doléances*"^(100, 101) si leggeva:

- "*la misura dei nobili aumenta tutti gli anni*"⁽¹⁰²⁾;
 - "*ogni signore ... ha il suo differente staio*"⁽¹⁰³⁾;
 - "*i signori, gli ecclesiastici feudatari, possono avere delle misure per il grano varie quanto i feudi che posseggono, delle misure scelte a loro volontà?*"⁽¹⁰⁴⁾;
 - "*chiediamo che tutti i mugnai siano tenuti ad avere una bilancia e dei pesi*"⁽¹⁰⁵⁾;
 - "*che ci sia una misura generale determinata da Sua Maestà per tutti i terreni del regno soggetti alle imposte, alla quale tutte le misure locali attualmente esistenti siano riportate, perché le imposte siano ugualmente ripartite*"⁽¹⁰⁶⁾.
- "*che tutte le misure dei signori siano ricondotte alla misura del re*"⁽¹⁰⁷⁾.

Alla seduta dell'**Assemblea Nazionale** del 9 marzo 1790 viene allegata una memoria di **Talleyrand**¹⁰⁸, relativa ai pesi e alle misure¹⁰⁹. Talleyrand premette che si tratta di riflessioni, che data la loro natura ha ritenuto non fosse opportuno leggerle, ma ha preferito farle stampare e distribuire a tutti i membri dell'Assemblea Nazionale. Inizia con alcune tabelle che illustrano le differenze fra unità di misura presenti nel regno¹¹⁰, riferendosi anche a dati riportati dal matematico francese Pauton nel suo trattato di metrologia¹¹¹. Elogia gli antichi romani che, lasciando alle nazioni conquistate tutte le differenze di leggi, di lingua, di usi e costumi, esigevano, e ottennero ovunque, l'uniformità dei pesi e delle misure. Dice che si potrebbe pensare di procedere all'uniformazione dei pesi e delle misure basandosi sui campioni della libbra (**livre**) e del braccio o tesa (**toise**) che esistono a Parigi. Ma poi aggiunge che in questo caso si tratterebbe di una riforma fatta a metà, mentre il principio da fare valere dovrebbe essere quello di basare le unità di misura su "*un modello invariabile preso dalla natura affinché tutte le nazioni possano ricorrere ad esso*". Talleyrand segnala due alternative per il campione di lunghezza: la sessantamillesima parte della lunghezza del grado meridiano tagliato in due parti uguali dal quarantacinquesimo parallelo, oppure la lunghezza del pendolo che batte un secondo alla latitudine di 45 gradi. E dice che quest'ultima sarebbe la migliore. Aggiunge infine

[99] Luigi XVI di Borbone (Versailles, 23 agosto 1754 – Parigi, 21 gennaio 1793)

[100] P. Boissonnade. *Cahiers de doléances de la sénéchaussée d'Angoulême et du siège royal de Cognac pour les États généraux de 1789*. Paris, Imprimerie Nationale, 1907. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2uYXlwC>

[101] *Archives parlementaires de 1787 à 1860*. Recueil complet. Première série (1787 à 1799). Tome deuxième. Paris, Librairie Administrative Paul Dupont, 1879. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2D4rUFC>

[102] "*la mesure des nobles augmente tous les ans*"

[103] "*chaque seigneur ... a son boisseau différent*"

[104] "*les seigneurs, les ecclésiastiques fieffés, peuvent-ils avoir des mesures de grains aussi variées qu'ils possèdent des fiefs, des mesures choisies à leur gré?*"

[105] "*nous demandons que tous les meuniers soient tenus d'avoir chez eux une balance et des poids*"

[106] "*qu'il y ait une mesure générale déterminée par Sa Majesté pour tous les terrains de son royaume sujets aux impôts, à laquelle toutes les mesures locales actuellement existantes soient comparées, pour que les impôts soient répartis également*"

[107] "*que toutes les mesures des seigneurs soient réduites à la mesure du roi*"

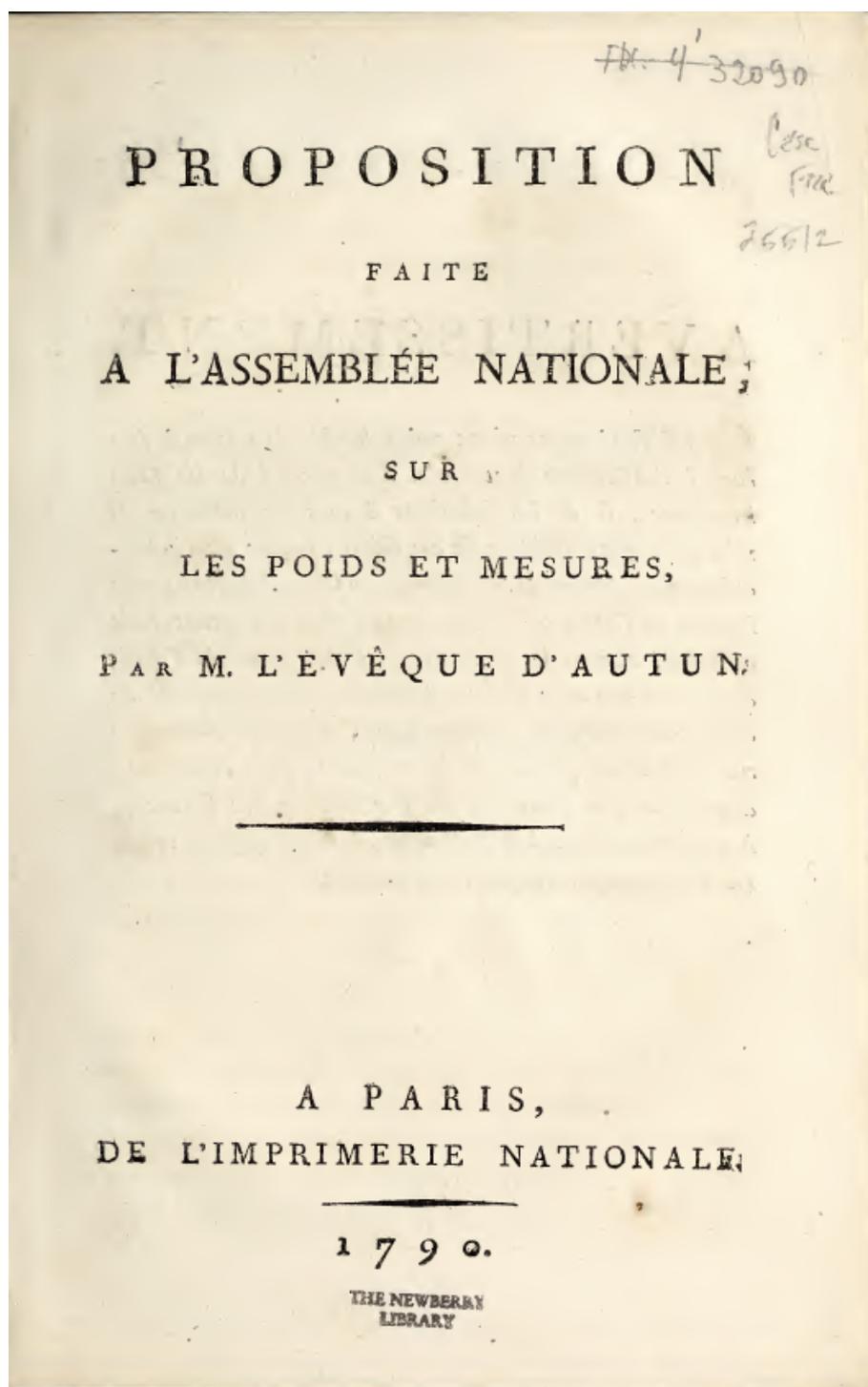
[108] Charles-Maurice de Talleyrand-Périgord (Parigi, 2 febbraio 1754 - 17 maggio 1838)

[109] *Proposition faite à l'Assemblée nationale, sur les poids et mesures, par M. L'Evêque d'Autun*. Paris, de l'Imprimerie Nationale, 1790. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2UALFPT>

[110] Vedi appendici: A1. *Differenze fra unità di misura presenti in Francia nel 1790*.

[111] Alexis-Jean-Pierre Pauton. *Métrologie ou Traité des mesures, poids et monnoies des anciens peuples & des modernes*. Paris, Veuve Desaint, 1780. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2PU6DUa>

che **Lavoisier**¹¹² ha appena determinato con la più grande precisione il peso di un piede cubo di acqua dolce distillata alla temperatura di 14,4 gradi della scala Réaumur, e propone come unità di peso quello di un cubo di acqua avente come lato la dodicesima parte della lunghezza del pendolo.



[112] Antoine-Laurent de Lavoisier (Parigi, 26 agosto 1743 – 8 maggio 1794)

Il problema era molto sentito, e Talleyrand doveva essere stato molto convincente, visto che due mesi dopo, il giorno 8 maggio 1790 l'Assemblea Nazionale decreta che¹¹³:

- Sua Maestà sarà supplicato di ordinare che le amministrazioni di tutti i dipartimenti raccolgano, da tutte le municipalità, e le inviino a Parigi per essere consegnate al Segretario dell'**Académie des sciences**¹¹⁴, le rilevazioni dei differenti pesi e misure unitarie impiegati¹¹⁵;

- il Re sarà anche supplicato di scrivere a Sua Maestà Britannica per instaurare una collaborazione tra l'Accademia delle Scienze di Parigi e la **Royal Society**¹¹⁶ di Londra al fine di "*determinare ... la lunghezza del pendolo, e dedurre un modello invariante per tutte le misure e per i pesi*"¹¹⁷.

Ma la collaborazione con gli inglesi non ebbe seguito, perché gli avvenimenti in Francia precipitarono (Luigi XVI venne ghigliottinato il 21 gennaio 1793). Compagno invece lo stesso anno, e nei tre anni successivi, quattro rapporti a cura di alcuni componenti dell'Accademia delle scienze, tra le più belle menti dell'epoca, che mettono ordine nel tema.

Nel primo rapporto, sulla **scala di divisione dei pesi, delle misure e delle monete**, fatto all'Accademia delle Scienze il **27 ottobre 1790**¹¹⁸, Borda¹¹⁹, Lagrange¹²⁰, Lavoisier, Tillet¹²¹ e Condorcet¹²² al termine della loro esposizione scrivono: "*Noi concludiamo dunque che la scala decimale debba servire a tutte le suddivisioni, e che lo stesso successo dell'operazione generale sui pesi e le misure dipenderà in gran parte dall'adozione di questa scala*"¹²³.

Nel secondo rapporto, sulla **scelta di un'unità di misura**, fatto all'Accademia delle Scienze il **19 marzo 1791**¹²⁴, Borda, Lagrange, Laplace, Monge¹²⁵ e Condorcet, dopo avere discusso le ragioni contrarie al pendolo, propongono come misura di lunghezza universale e riproducibile la decimilionesima parte del quarto del meridiano terrestre, da determinare operativamente, essendo impraticabile la misura diretta del meridiano terrestre, misurando l'arco di meridiano compreso tra Dunkerque e Barcellona, con i due punti

[113] 8 mai 1790. *Décret concernant l'unité des poids et mesures en France*. In: *Recueil Général des Lois, Décrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusqu'au mois d'Août 1830*. Tome premier. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, p. 98. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2lrSqfj>

[114] La **Accademia delle Scienze** francese fu creata nel 1666.

[115] "*... Sa Majesté sera suppliée de donner des ordres aux administrations des divers départements du royaume, afin qu'elles se procurent et qu'elles se fassent remettre par chacune des municipalités comprises dans chaque département, et qu'elles envoient à Paris, pour être remis au Secrétaire de l'Académie des Sciences, un modèle parfaitement exact des différents poids et des mesures élémentaires qui y sont en usage*"

[116] La **Royal Society of London for Improving Natural Knowledge**, la società scientifica britannica, fondata nel 1660. Uno dei fondatori fu quel John Wilkins che abbiamo visto nel 1668 proporre di assumere la lunghezza del pendolo che batte un secondo come standard di lunghezza, precedendo di poco in questa proposta Tito Livio Burattini.

[117] "*pour déterminer ... la longueur du pendule, et en déduire un modèle invariable pour toutes les mesures et pour les poids*"

[118] Borda, Lagrange, Lavoisier, Tillet & Condorcet. *Rapport fait à l'Académie des Sciences, le 27 octobre 1790, sur le titre des métaux monnoyés & sur l'échelle de division des poids, des mesures & des monnoies*. In: *Annales de chimie ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent*. Tome seizième. Paris, Joseph De Boffe, 1793, pp. 226-235. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Gp0FGH>

[119] Jean-Charles de Borda (Dax, 4 maggio 1733 – Parigi, 19 febbraio 1799)

[120] Joseph-Louis Lagrange, nato Giuseppe Luigi Lagrangia (Torino, 25 gennaio 1736 – Parigi, 10 aprile 1813)

[121] Mathieu Tillet (Bordeaux, 10 novembre 1714 – 13 dicembre 1791)

[122] Marie-Jean-Antoine-Nicolas de Caritat, marchese di Condorcet (Ribemont, 17 settembre 1743 – Bourg-la-Reine, 29 marzo 1794)

[123] "*Nous concluons donc que l'échelle décimale doit servir de base à toutes les divisions, & que même le succès de l'opération générale sur les poids & mesures tient en grande partie à l'adoption de cette échelle*"

[124] Borda, Lagrange, Laplace, Monge & Condorcet. *Rapport fait à l'Académie des Sciences, le 19 mars 1791, sur le choix d'une unité de mesure*. In: *Annales de chimie ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent et spécialement la pharmacie*. Tome seizième. Paris, Joseph De Boffe, 1793, pp. 235-250. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Gp0FGH>

[125] Gaspard Monge, conte di Pelusium (Beaune, 9 maggio 1746 – Parigi, 28 luglio 1818)

estremi della misura a livello del mare. Questa proposta diventa legge con il "*Decreto relativo al modo di stabilire l'uniformità dei pesi e delle misure*" del 26 marzo 1791¹²⁶.

Nel terzo rapporto, sulla **nomenclatura delle unità di misura e di superficie**, fatto all'Accademia della Scienze l'**11 luglio 1792**¹²⁷, Borda, Lagrange, Condorcet e Laplace propongono di denominare **metro** l'unità di misura della lunghezza. Indicano un solo multiplo del metro, mille metri, che denominano "**millaire**", e come sottomultipli il **decimetro**, il **centimetro** e il **millimetro**, rispettivamente la decima, la centesima e la millesima parte del metro. Per le misure di superficie propongono un quadrato di cento metri di lato denominato **ara** (dal latino *area*) e i suoi sottomultipli **deciara** e **centiara**.

Nel quarto rapporto, sulla **unità dei pesi e sulla nomenclatura delle sue divisioni**, fatta dall'Accademia delle Scienze il **19 gennaio 1793**¹²⁸, Borda, Lagrange, Condorcet e Laplace dopo avere riportato i fattori che legano le nuove unità di misura di lunghezza al piede e alle altre misure ancora impiegato in Francia

	pieds	pouces	lignes	lignes:
Mètre	3	0	11	$\frac{44}{100}$ ou 443 $\frac{44}{100}$
Décimètre	3	8	8	$\frac{34}{100}$ ou 44 $\frac{34}{100}$
Centimètre				4 $\frac{43}{100}$
Millimètre				$\frac{443}{1000}$

propongono il **decimetro cubo** di acqua distillata alla temperatura del ghiaccio fondente come nuova unità di misura del peso, uguale a **2,04488 livre des poids de marc**, l'unità di misura allora in uso, ovvero a **18 841 grains** (grani). Propongono per l'unità principale il nome di **grave**, impiegando per i sottomultipli le denominazioni di **decigrave**, di **centigrave** e di **milligrave** e infine per le suddivisioni ulteriori del milligrave propongono di impiegare le denominazioni di **decimo di milligrave**, **centesimo di milligrave** e **millesimo di milligrave**. Questa è la tabella di conversione tra vecchie e nuove unità di peso:

	livres	onc.	gros	grains	grains.
Grave	2	0	5	49	ou 18,841
Décigrave	3	2	12,1	12,1	ou 1884,1
Centigrave	2	44,41	44,41	44,41	ou 188,41
Milligrave					18,841

Questi quattro interventi sono decisivi, visto che la **Convenzione nazionale** il giorno **1 agosto 1793** emana un "*Decreto che stabilisce l'uniformità e il sistema generale dei pesi e delle misure*"^{129,130} che adotta sostanzialmente le unità e le denominazioni proposte, e delega all'Accademia delle Scienze la costruzione

[126] 26 mars 1791. *Décret relatif aux moyens d'établir l'uniformité des poids et mesures*. In: *Recueil Général des Lois, Décrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusqu'au mois d'Août 1830*. Tome deuxième. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, 1839, p. 70. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Uzp5qN>

[127] Borda, Lagrange, Condorcet & Laplace. *Rapport fait à l'Académie des Sciences, le 11 juillet 1792, sur la nomenclature del mesures linéaires et superifcielles*. In: *Annales de chimie ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent et spécialement la pharmacie*. Tome seizième. Paris, Joseph De Boffe, 1793, pp. 250-255. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Gp0FGH>

[128] Borda, Lagrange, Condorcet & Laplace. *Rapport fait à l'Académie des Sciences, le 19 janvier 1793, sur l'unité des poids et sur la nomeclature de ses divisions*. In: *Annales de chimie ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent et spécialement la pharmacie*. Tome seizième. Paris, Joseph De Boffe, 1793, pp. 267-282. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Gp0FGH>

[129] 1 août 1793 - *Decret qui établit l'uniformité et le système général des poid et mesures*. In: *Recueil Général des Lois, Décrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusqu'au mois d'Août 1830*. Tome quatrième. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, 1839, pp. 346-349. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Z572Ht>

[130] Vedi appendici: A2. *Decreto 1-2 agosto 1793 sull'uniformità e il sistema di generale dei pesi e misure*.

dei campioni di misura¹³¹ necessari per avviare efficacemente il nuovo sistema di unità.

Per quanto concerne l'applicazione, all'articolo 1 si afferma che "*Il nuovo sistema dei pesi e delle misure, fondato sulla misura del meridiano terrestre e la divisione decimale, si applicherà uniformemente in tutta la repubblica*"¹³², e nell'articolo 2 che "... *Tuttavia per lasciare a tutti i cittadini il tempo di prendere conoscenza di queste nuove misure, le disposizioni di cui all'articolo precedente non saranno obbligatorie che dal 1 luglio 1794; i cittadini sono solamente invitati a farne uso prima di questa data*"¹³³.

Tutto sembra fermarsi fino al **18 germinale dell'anno 3** (o **7 aprile 1795**) quando la Convenzione nazionale emana una nuova "*Legge relativa ai pesi e misure*"^{134,135} che prevede all'articolo 1 di prorogare i tempi prescritti del decreto del 1 agosto 1793, fino al momento in cui ne verranno stabiliti di nuovi in funzione dei progressi nella fabbricazione degli standard (*étalon*).

Evidentemente il lavoro da fare è tanto, è molto complesso e servirà del tempo per un'applicazione pratica su tutto il territorio. Ma questa non è l'unica sorpresa contenuta nella legge.

Con l'articolo 2 viene introdotto come standard (*étalon*) per tutte le misure "*un regolo di platino sul quale sarà tracciato il metro che è stato adottato come unità fondamentale di tutto il sistema di misure*"¹³⁶. La preoccupazione è quindi quella di rendere lo standard stabile nel tempo.

Ma non solo, all'articolo 5 è riportato:

"Le nuove misure saranno distinte d'ora in avanti con la denominazione di repubblicane; la loro nomenclatura è definitivamente adotta come segue:

*Si chiamerà: **Metro**, la misura di lunghezza uguale alla decimilionesima parte dell'arco del meridiano terrestre compreso tra il polo boreale e l'equatore.*

***Ara**, la misura di superficie, per i terreni, uguale a un quadrato di dieci metri di lato. Siero la misura destinata particolarmente al legno da riscaldamento, e che sarà uguale al metro cubo.*

***Litro**, la misura di capacità, tanto per i liquidi che per le materie secche, il cui contenuto sarà quello del cubo della decima parte del metro:*

***Grammo**, il peso assoluto di un volume di acqua pura uguale al cubo della centesima parte del metro, e alla temperatura del ghiaccio fondente.*

Infine l'unità delle monete prenderà il nome di franco..." (¹³⁷).

[131] Vedere la definizione in: VIM, 5.1

[132] "*Le nouveau système des poids et mesures, fondé sur la mesure du méridien de la terre et la division décimale, servira uniformément dans toute la république*"

[133] "*Néanmoins, pour laisser à tous les citoyens le temps de prendre connaissance de ces nouvelles mesures, les dispositions de l'article précédent ne seront obligatoires qu'au 1er juillet 1794 ; les citoyens sont seulement invités à en faire usage avant cette époque*"

[134] *Loi relative aux poids et mesures. Du 18 germinal, an 3.º de la République française, une et indivisible.* À Paris, De l'Imprimerie de la République. URL consultato il 01/12/2023: <https://goo.gl/bR3Cbv>

[135] Le pagine che riportano la nomenclatura delle nuove unità sono riportate in appendice: A3. *Legge relativa ai pesi e misure del 18 germinale anno 3 (7 aprile 1795)*

[136] "*une règle de platine sur laquelle sera tracé le mètre qui a été adopté pour l'unité fondamentale de tout le système des mesures*"

[137] "*Les nouvelles mesures seront distinguées dorénavant par le surnom de républicaines; leur nomenclature est définitivement adoptée comme il suit:*

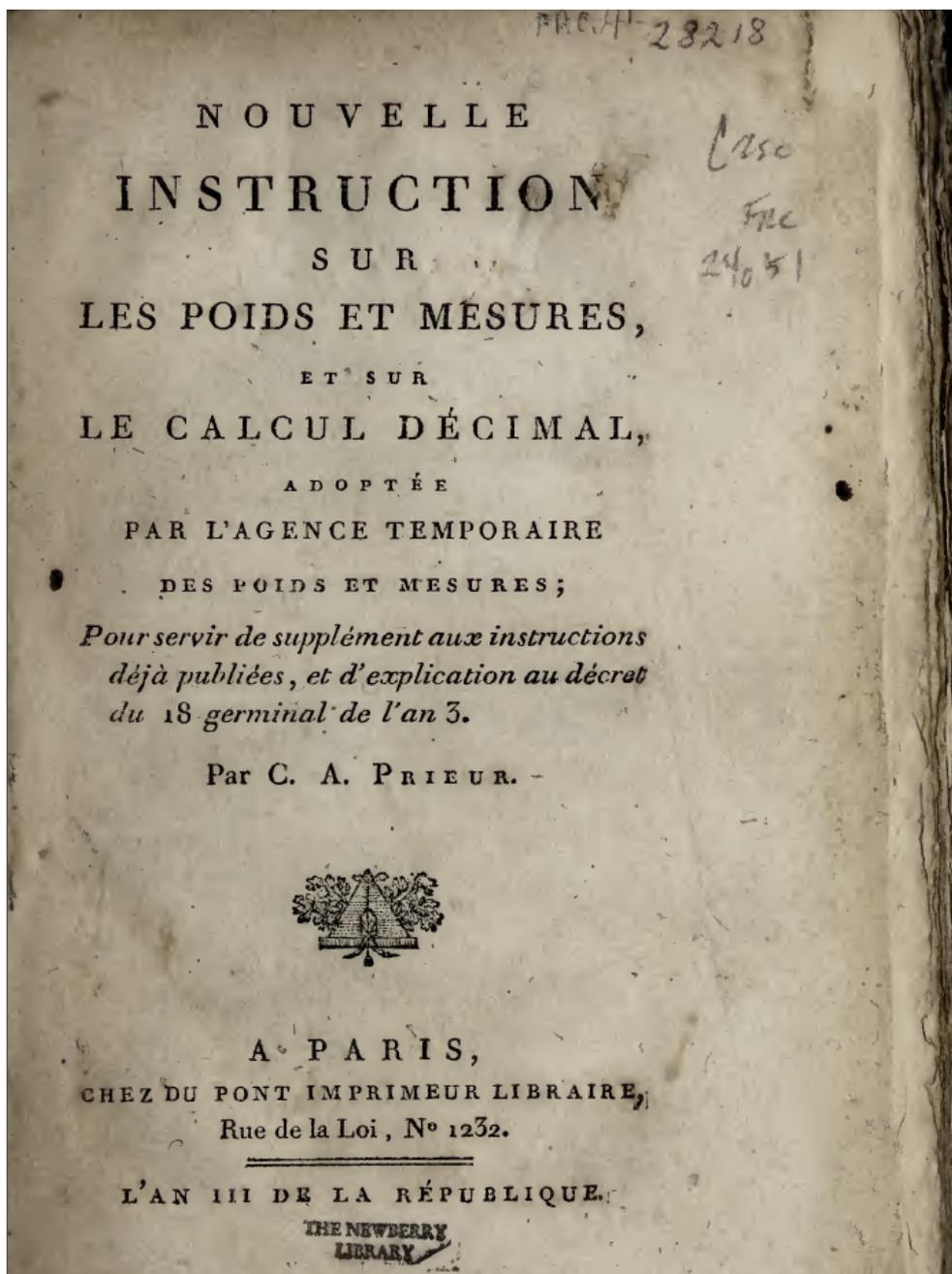
On appellera: Mètre, la mesure de longueur égale à la dix-millionième partie de l'arc du méridien terrestre compris entre le pôle boréal et l'équateur.

Are, la mesure de superficie, pour les terrains, égale à un carré de dix mètres de côté. Stère la mesure destinée particulièrement aux bois de chauffage, et qui sera égale au mètre cube.

Litre, la mesure de capacité, tant pour les liquides que pour les matières sèches, dont la contenance sera celle du cube de la dixième partie du mètre.

Gramme, le poids absolu d'un volume d'eau pure égal au cube de la centième partie du mètre, et à la température de

Inaspettatamente è comparso il **litro**, e il *grave* è diventato il **grammo**. Compaiono il **kilometro** e il **kilogrammo**, sono riaffermati i prefissi sia per indicare i sottomultipli delle unità (**deci-** e **centi-** per indicare i decimi e i centesimi delle unità), sia per indicare i multipli delle unità (**deca-** moltiplica per dieci, **etto-** moltiplica per cento, **kilo-** moltiplica per mille). Evidentemente tra l'agosto del 1793 e l'aprile del 1795 all'Accademia delle Scienze non solo si è lavorato molto, ma si è posta grande attenzione alla razionalizzazione della nomenclatura da impiegare nel sistema, con un approccio molto moderno.



Per superare le difficoltà insite nel contemporaneo passaggio alle nuove unità di misura e al nuovo sistema

la glace fondante.

Enfin, l'unité des monnaies prendra le nom de franc..."

decimale adottati, viene pubblicata lo stesso anno 1795, a cura di C. A. Prieur¹³⁸, una "*Nuova istruzione sui pesi e misure e sul calcolo decimale adottato dall'Agenzia temporanea dei pesi e misure; Per servire da supplemento alle istruzioni già pubblicate, e di spiegazione del decreto del 18 germinale dell'anno 3*"¹³⁹ (di cui si riporta alla pagina precedente il frontespizio). L'agenzia temporanea dei pesi e misure che lo ha preparato è quella indicata a pagina 4 della "*Legge relativa ai pesi e misure*" del 18 germinale dell'anno 3¹⁴⁰.

Il giorno **1 vendemmiaio anno 4** (il **23 settembre 1795**), con il "*Decreto relativo ai pesi e misure*"¹⁴¹, la riforma diventa legge a tutti gli effetti.

Quattro anni dopo, il giorno **19 frimaio anno 8** (il **10 dicembre 1799**), viene emanata la "*Legge che fissa definitivamente il valore del metro e del kilogrammo*".

N° 235. = 19 frimaire an 8 (10 décembre 1799). = Loi qui fixe définitivement la valeur du mètre et du kilogramme (1). (II, Bull. cccxxxiv, n° 3456 ; B., LXXVIII, 265.)

Art. 1^{er}. La fixation provisoire de la longueur du mètre, à trois pieds onze lignes quarante-quatre centièmes, ordonnée par les lois des 1^{er} août 1793 et 18 germinal an 3, demeure révoquée et comme non avenue. Ladite longueur, formant la dix-millionième partie de l'arc du méridien terrestre compris entre le pôle nord et l'équateur, est définitivement fixée, dans son rapport avec les anciennes mesures, à trois pieds onze lignes deux cent quatre-vingt-seize millièmes.

2. Le mètre et le kilogramme en platine, déposés le 4 messidor dernier au corps législatif par l'institut national des sciences et des arts, sont les étalons définitifs des mesures de longueur et de poids dans toute la république. Il en sera remis à la commission consulaire des copies exactes, pour servir à diriger la confection des nouvelles mesures et des nouveaux poids.

3. Les autres dispositions de la loi du 18 germinal an 3, concernant tout ce qui est relatif au système métrique, ainsi qu'à la nomenclature et à la confection des nouveaux poids et des nouvelles mesures, continueront à être observées.

4. Il sera frappé une médaille pour transmestre à la postérité l'époque à laquelle le système métrique a été porté à sa perfection, et l'opération qui lui sert de base. L'inscription, du côté principal de la médaille, sera, à tous les temps, à tous les peuples, et dans l'exergue, *république française, an 8*. Les consuls de la république sont chargés d'en régler les autres accessoires.

[138] Claude-Antoine Prieur-Duvernois (Auxonne 22 dicembre 1763 – Digione 11 agosto 1832)

[139] URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Xbnx2R>

[140] Vedi appendici: A3. *Legge relativa ai pesi e misure del 18 germinale anno 3 (7 aprile 1795)*

[141] *Loi relative aux poids et mesures du 1er vendémiaire an 4 de la République Française, une et indivisible*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2DdEGBL>

La legge¹⁴² riporta:

"Art. 1°. La fissazione provvisoria della lunghezza del metro, a tre piedi undici linee e quarantaquattro centesimi, ordinata dalla legge del 1° agosto 1793 e 18 germinale anno 3, è revocata e data come non avvenuta. Detta lunghezza, pari alla decimilionesima parte dell'arco del meridiano terrestre compreso tra il polo nord e l'equatore, è definitivamente fissata, nel suo rapporto con le antiche misure, a tre piedi undici linee duecentonovantasei millesimi.

2. Il metro e il kilogrammo in platino, depositati il 4 messidoro scorso¹⁴³ al corpo legislativo dall'istituto nazionale delle scienze e delle arti, sono gli standard definitivi delle misure di lunghezza e di peso in tutta la repubblica. Ne verranno rilasciate alla commissione consolare delle copie esatte, che serviranno alla preparazione delle nuove misure e di nuovi pesi.

3. Le altre disposizioni delle legge del 18 germinale anno 3, concernenti tutto quanto è relativo al sistema metrico, così come la nomenclatura e la preparazione dei nuovi pesi e delle nuove misure, continueranno ad essere applicate.

4. Sarà preparata una medaglia per trasmettere alla posterità l'epoca alla quale il **sistema metrico** è stato messo a punto, e l'operazione che ne fornisce le basi. L'iscrizione, sul lato principale della medaglia, sarà, **a tous les temps, a tous les peuples**, e nell'esergo, repubblica francese, anno 8. I consoli della repubblica sono incaricati di stabilirne gli altri aspetti".

Nonostante le difficoltà che verranno incontrate per la effettiva implementazione del sistema nella realtà sociale ed economica, con queste unità, con questa nomenclatura e con la decimalizzazione, che prevede di impiegare solamente multipli e sottomultipli in base dieci delle unità del sistema, viene realizzato, in soli dieci anni, il **Sistema metrico**, un capolavoro scientifico dedicato "**a tous les temps, a tous les peuples**"¹⁴⁴.



[142] 19 frimaire an 8 (10 décembre 1799). *Loi qui fixe définitivement la valeur du mètre et du kilogramme*. In: *Recueil Général des Lois, Décrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusq'au mois d'Août 1830*. Tome huitième. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, 1839, p. 329. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2GrU1zt>

[143] Il 4 messidoro dell'anno 7, cioè il 23 giugno 1799.

[144] L'iscrizione è riportata anche nel francobollo emesso in occasione della "10e conférence internationale des Poids et Mesures", Parigi, 4 ottobre 1954. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Dcq5q4>

3. La Convenzione del metro

Dal giugno 1793 alla caduta di M. Robespierre¹⁴⁵, nel luglio 1794, in Francia è il periodo del terrore. Nel 1798 inizia la crisi del **Direttorio**, che a sua volta aveva posto fine al periodo del terrore. Nel 1799 **Napoleone Bonaparte**¹⁴⁶ è ormai deciso a rovesciarlo. Nel 1802 un plebiscito nomina Napoleone console a vita. Nel maggio del 1804 il Senato nomina Napoleone **Imperatore** dei francesi. Tutto sembra andare per il meglio.

Ma come sappiamo non sarà così. Napoleone è una meteora, in una quindicina di anni vince tutto e perde tutto. Nel 1814 inizia la **restaurazione**, Luigi XVIII¹⁴⁷ sale al trono grazie all'aiuto di Tayllerland, lo stesso che aveva caldeggiato nel 1790 il passaggio a un nuovo sistema di unità di misura, e che era stato ministro degli esteri di Napoleone Bonaparte. Gli succede nel 1824 Carlo X¹⁴⁸. Ma verso il 1830 la Francia è ancora in crisi. Cade anche il regime conservatore borbonico.

Da tutte queste vicissitudini non trae affatto giovamento l'implementazione del neonato sistema di unità, anzi.

Nell'arrêté (ordinanza) del **13 brumaio anno 9** (o **4 novembre 1800**) "*Ordinanza relativa al modo di esecuzione del sistema decimale dei pesi e delle misure*"¹⁴⁹, si legge:

"Art. 1. Conformemente alla legge del 1^o vendemmiaio anno 4¹⁵⁰, il sistema decimale dei pesi e misure sarà definitivamente esecutivo per tutta la repubblica, a partire dal 1 vendemmiaio anno 10.

2. Per facilitare questa esecuzione, le denominazioni date alle misure e ai pesi potranno, negli atti pubblici così come nell'uso abituale, essere tradotte mediante i nomi francesi che seguono...

.....

6. Le denominazioni riportate nell'articolo 2 potranno essere riportate a fianco dei nomi sistematici sulle misure e i pesi già fabbricati: potranno essere riportate o sole, o accanto ai primi nomi, sui pesi e sulle misure che saranno fabbricati d'ora in poi.

7. In tutti gli atti pubblici di acquisto o di vendita, di pesata o di misura, si potrà, in seguito alle disposizioni precedenti, servirsi dell'una o dell'altra nomenclatura"¹⁵¹.

Nella tabella dell'articolo 2 si legge, tra le altre cose, che:

→ il **kilomètre** può essere riportato come **mille** (miglio)

→ il **centimètre** può essere riportato come **doigt** (dito)

[145] Maximilien-François-Marie-Isidore de Robespierre (Arras, 6 maggio 1758 – Parigi, 28 luglio 1794)

[146] Napoleone Bonaparte (Ajaccio, 15 agosto 1769 – Longwood, Isola di Sant'Elena, 5 maggio 1821)

[147] Luigi XVIII di Borbone (Versailles, 17 novembre 1755 – Parigi, 16 settembre 1824)

[148] Carlo X di Borbone, conte d'Artois (Versailles, 9 ottobre 1757 – Gorizia, 6 novembre 1836)

[149] *13 brumaire an 9 (4 novembre 1800). ARRÊTÉ relatif au mode d'exécution du système décimal des poids et mesures*. In: *Recueil Général des Lois, Décrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusqu'au mois d'Août 1830*. Tome neuvième. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, 1839, pp. 13-14. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2uZAWz4>

[150] *Loi relative aux poids et mesures du 1er vendémiaire an 4 de la République Française, une et indivisible*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2DdEGBL>

[151] "Art. 1er. Conformément à la loi du 1er vendémiaire an 4, le système décimal des poids et mesures sera définitivement mis à exécution pour toute la république, à compter du 1er vendémiaire an 10.

2. Pour faciliter cette exécution, les dénominations données aux mesures et aux poids pourront, dans les actes publics comme dans les usages habituels, être traduites par les noms français qui suivent...

.....

6. Les dénominations énoncées dans l'article 2 pourront être inscrites à côté des noms systématiques sur les mesures et les poids déjà fabriqués : elles pourront être inscrites ou seules, ou à côté des premiers noms, sur les poids et mesures qui seront fabriqués par la suite.

7. Dans tout acte public d'achat ou de vente, de pesage ou de mesurage, on pourra, suivant les dispositions précédentes, se servir de l'une ou de l'autre nomenclature"

→ il **litre** può essere riportato come **pinte** (pinta)

→ il **gramme** può essere riportato come **denier** (misura che corrisponde a 10 grani)

Ora se il litro si chiama litro e se la pinta si chiama pinta è abbastanza chiaro che si tratti di due misure differenti. Ma se un litro si può chiamare pinta, è il litro che assume il valore di una pinta, o la pinta che assume il valore di un litro? Nella tabella si riporta che nel caso del litro/pinta il valore di entrambi è pari a un decimetro cubo. Ma ovviamente la norma non fa del bene in una fase nella quale il processo di passaggio alle nuove unità è ancora tutto da consolidare.

NOMS SYSTÉMATIQUES.	TRADUCTION.	VALEUR.
MESURES ITINÉRAIRES.		
<i>Myriamètre</i> { pourra être traduit par le mot	Lieue.....	10,000 mètres.
<i>Kilomètre</i>	Mille.....	1,000 mètres.
MESURES DE LONGUEUR.		
<i>Décamètre</i>	Perche.....	10 mètres.
MÈTRE		<i>Unité fondamentale des poids et mesures : dix-millionième partie du quart du méridien terrestre,</i>
<i>Décimètre</i>	Palme (Lc).....	10 ^e de mètre.
<i>Centimètre</i>	Doigt.....	100 ^e de mètre.
<i>Millimètre</i>	Trait.....	1,000 ^e de mètre
MESURES AGRAIRES.		
<i>Hectars</i>	Arpent.....	10,000 mètres carrés.
<i>Are</i>	Perche carrée.....	100 mètres carrés.
<i>Centiare</i>	Mètre carré.....	
MESURES DE CAPACITÉ pour les liquides,		
<i>Décalitre</i>	Verte.....	10 décimètres cubes.
<i>Litre</i>	Pinte.....	Décimètre cube.
<i>Décilitre</i>	Verre.....	10 ^e de décimètre.

E le cose si complicano ulteriormente. Siamo in pieno impero napoleonico, e la legge del 12 febbraio 1812 riporta:

"12 febbraio 1812 = Decreto concernente i pesi e misure.

Art. 1°. Non sarà apportato alcun cambiamento alle unità dei pesi e misure dell'impero, così come sono state fissate dalla legge del 19 frimaio anno 8.

2. Il nostro ministro degli interni farà predisporre, per l'uso del commercio, degli strumenti di pesata e misura che presentano, sia le frazioni, sia i multipli di dette unità le più impiegata nel commercio, e adattate al bisogno del popolo.

3. Questi strumenti recheranno sulle loro diverse facce il confronto delle divisioni stabilite dalle leggi, con quelle anticamente in uso.

4. Ci riserviamo di farci rendere conto, dopo un intervallo di dieci anni, dei risultati che avrà fornito l'esperienza sui perfezionamenti che il sistema dei pesi e misure sarà suscettibile di ricevere.

5. Nell'attesa il sistema legale continuerà ad essere il solo insegnato in tutte le scuole del nostro impero,

comprese le scuole primarie, e ad essere il solo impiegato in tutte le amministrazioni pubbliche, come nei mercati ... e in tutte le transazioni commerciali e altro tra i nostri soggetti"¹⁵².

Anche se nelle scuole verrà insegnato solamente il sistema legale, si tratta di una norma che con l'art. 2 introduce un ulteriore rallentamento nel processo di cambiamento. Ma se Napoleone non era particolarmente convinto delle nuove unità, il colpo finale viene assestato dai fautori della Restaurazione.

Nell'ordinanza del 23 febbraio 1816 si legge:

"Il ministro degli interni (conte di Vaublanc¹⁵³) indirizza ai prefetti l'ordinanza emanata, il 21 febbraio, per sopprimere, nella vendita al dettaglio, le frazioni decimali delle misure e dei pesi, e per imporre ai commercianti l'obbligo formale di non servirsi, per la vendita, che delle misure e dei pesi usuali".

(Poids et Mesures.)

Paris, le 23 Février 1816.

LE ministre de l'intérieur (comte de Vaublanc) adresse aux préfets l'arrêté qu'il a pris, le 21 février, pour supprimer, dans la vente en détail, les fractions décimales des mesures et des poids, et pour imposer aux marchands l'obligation formelle de ne se servir, pour cette vente, que des mesures et des poids usuels.

Insomma non solo sembra si debba tornare alle vecchie misure, ma bisogna tornare anche alle frazioni: un mezzo, un quarto, un ottavo, un dodicesimo. La confusione regna sovrana, e trascorrono ben trenta anni prima che la cortina di fumo sollevata da questi interventi si sollevi.

Fortunatamente la formazione alle nuove unità di misura introdotta nel sistema scolastico ha dato dei risultati in termini di formazione, e di consapevolezza, da parte della popolazione, dell'utilità e della praticità del nuovo sistema, se nella legge del **4 luglio 1837** "Legge relativa ai pesi e misure" all'articolo 3 il Governo francese può prevedere sanzioni penali per chi non lo applicherà **a partire dal 1° gennaio 1840**:

"3. A partire dal 1° gennaio 1840, tutti i pesi e misure diversi dai pesi e misure stabiliti delle leggi del 18 germinale anno 3 e 19 frimaio anno 8, costitutive del **sistema metrico decimale**, saranno vietate sotto le pene previste dall'art. 479 del Codice penale"¹⁵⁴.

[152] "12 février 1812 = Décret concernant les poids et mesures.

Art. 1er. Il ne sera fait aucun changement aux unités des poids et mesures de l'empire, telles qu'elles ont été fixées par la loi du 19 frimaire an 8.

2. Notre ministre de l'intérieur fera confectionner, pour l'usage du commerce, des instrumens de pesage et mesurage qui présentent, soit les fractions, soit les multiples desdites unités le plus en usage dans le commerce, et accommodés au besoin du peuple.

3. Ces instrumens porteront sur leurs diverses faces la comparaison des divisions et des dénominations établies par les lois, avec celles anciennement en usage.

4. Nous nous réservons de nous faire rendre compte, après un délai de dix années, des résultats qu'aura fournis l'expérience sur les perfectionnemens que le système des poids et mesures serait susceptible de recevoir.

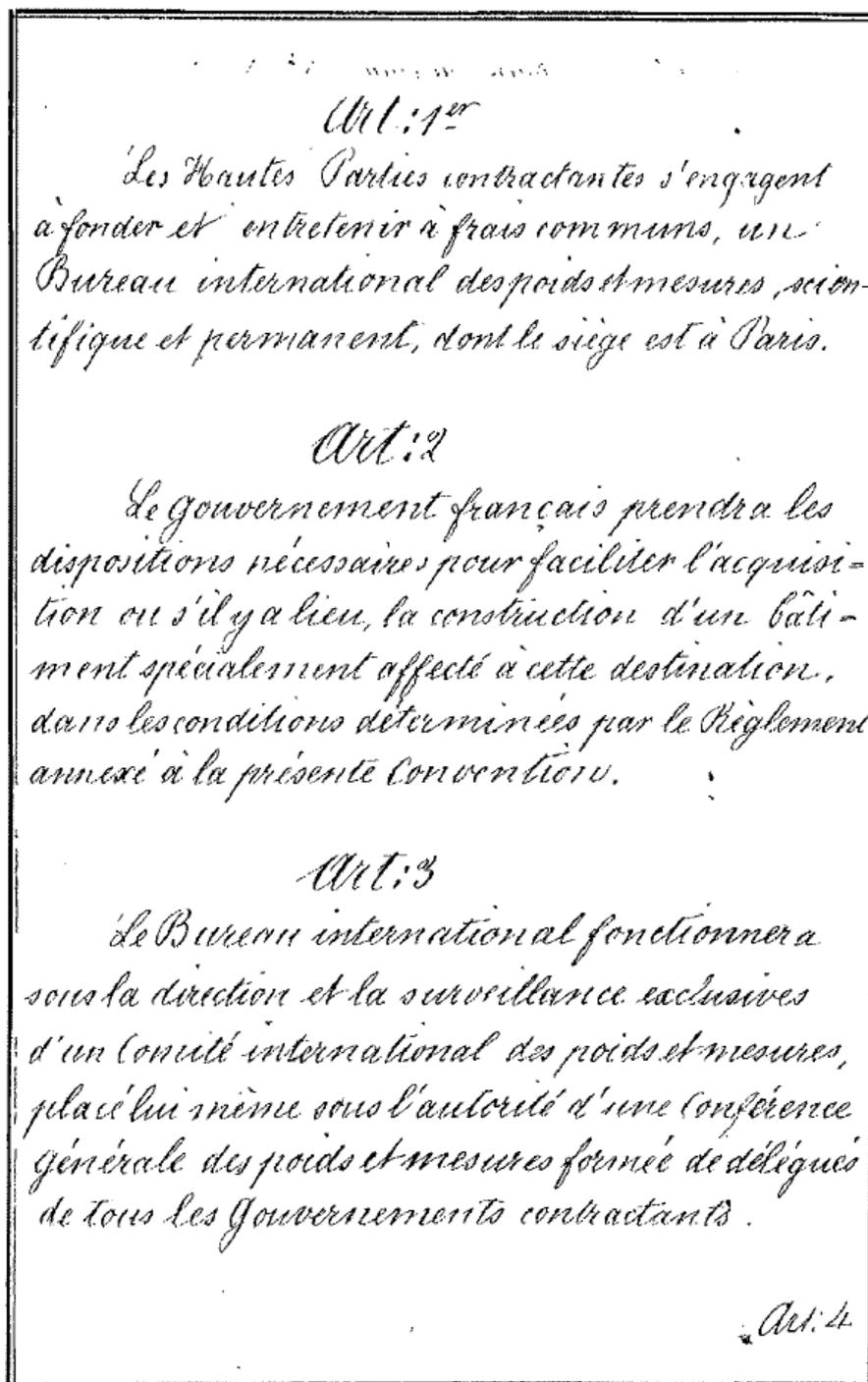
5. En attendant, le système légal continuera à être seul enseigné dans toutes les écoles de notre empire, y compris les écoles primaires, et à être seul employé dans toutes les administrations publiques, comme aussi dans les marchés, halles, et dans toutes les transactions commerciales et autres entre nos sujets"

[153] Vincent-Marie Viénot de Vaublanc (Fort Dauphin, 2 marzo 1756 - Parigi, 21 agosto 1845)

[154] "3. A partir du 1^{er} janvier 1840, tous poids et mesures autres que les poids et mesures établis par les lois des 18 germinal an 3 et 19 frimaire an 8, constitutifs du **système métrique décimal**, seront interdits sous les peines portées

E questa volta non verrà fatto alcun passo indietro.

Il problema dei pesi e delle unità di misura non è solo francese, e il sistema ideato e messo a punto in Francia riceve sempre maggiori attenzioni. Il **20 maggio 1875** diciassette Stati¹⁵⁵, tra cui l'Italia, siglano a Parigi la **Convenzione del metro**: questa è la pagina che contiene i primi tre articoli della Convenzione¹⁵⁶.



par l'art. 479 du Code pénal". Il grassetto è mio.

[155] Argentina, Austria-Ungheria, Belgio, Brasile, Danimarca, Francia, Germania, Italia, Perù, Portogallo, Russia, Spagna, Svezia e Norvegia, Svizzera, Turchia, Stati Uniti, Venezuela.

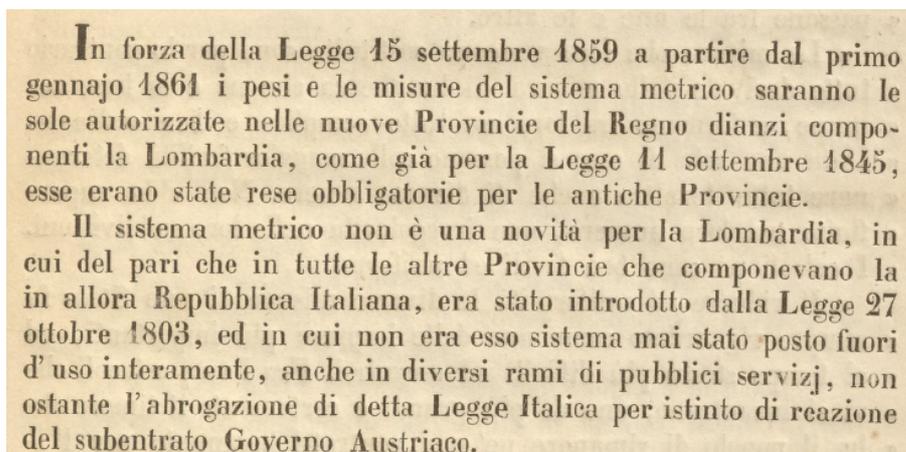
[156] URL consultato il 01/12/2023: <https://www.bipm.org/fr/metre-convention>

Con la Convenzione del metro:

- viene fondato il **BIPM** (*Bureau International des Poids et Mesures*) con sede a Parigi¹⁵⁷ (art. 1);
- il governo francese si impegna ad acquisire e, se del caso, edificare una sede riservata al BIPM¹⁵⁸ (art. 2);
- il BIPM viene posto sotto la direzione e la sorveglianza esclusive del **CIPM** (*Comité International des Poids et Mesures*), l'organo di governo del BIPM, e il CIPM viene posto a sua volta sotto l'autorità della **CGPM** (*Conférence Générale des Poids et Mesures*), di fatto il parlamento, formata dai delegati di tutti i governi che hanno sottoscritto la Convenzione (art. 3);
- l'organizzazione del *Bureau* e le attribuzioni del *Comitato Internazionale* e della *Conferenza Generale dei Pesì e Misure* sono stabiliti dal Regolamento annesso alla Convenzione (art. 5);
- Il BIPM è incaricato: (a) di tutti i confronti e verifiche dei nuovi **prototipi del metro e del kilogrammo**¹⁵⁹; (b) della conservazione dei prototipi internazionali; (c) dei confronti periodici degli standard nazionali¹⁶⁰ con i prototipi internazionali e con i loro campioni¹⁶¹, così come quelle dei termometri standard (art. 6);
- i prototipi internazionali del metro e del kilogrammo, così come i loro campioni, sono depositati presso il *Bureau*, l'accesso al deposito è riservato esclusivamente al Comitato Internazionale (art. 8);
- I costi di realizzazione e di gestione del BIPM e del Comitato sono coperti dagli Stati che aderiscono alla Convenzione in proporzione alla loro popolazione (art. 9) .

La Convenzione del metro delinea quindi un'organizzazione snella, con regole semplici e chiare. E l'Italia vi aderisce non essendo affatto impreparata all'impresa.

Con l'armistizio di Villafranca del 1859 l'Austria aveva ceduto la Lombardia alla Francia, che a sua volta l'aveva ceduta al Regno di Sardegna in cambio della Savoia e della Contea di Nizza. E subito dopo, nel 1860, era stato applicato anche alla Lombardia il sistema metrico decimale¹⁶²



In forza della Legge 15 settembre 1859 a partire dal primo gennajo 1861 i pesi e le misure del sistema metrico saranno le sole autorizzate nelle nuove Provincie del Regno dianzi componenti la Lombardia, come già per la Legge 11 settembre 1845, esse erano state rese obbligatorie per le antiche Provincie.

Il sistema metrico non è una novità per la Lombardia, in cui del pari che in tutte le altre Provincie che componevano la in allora Repubblica Italiana, era stato introdotto dalla Legge 27 ottobre 1803, ed in cui non era esso sistema mai stato posto fuori d'uso interamente, anche in diversi rami di pubblici servizi, non ostante l'abrogazione di detta Legge Italica per istinto di reazione del subentrato Governo Austriaco.

che Carlo Alberto¹⁶³, con **regio editto dell'11 settembre 1845**, e con decorrenza dal primo gennaio del 1850, per dare tempo alla popolazione di adattarsi al cambiamento, aveva fatto adottare nel Regno. Molto interessante il fatto che per la Lombardia il sistema metrico decimale non fosse una novità visto che nel

[157] Ospitato nel Pavillon de Breteuil, un palazzo che si trova a Sèvres, in Francia, vicino a Parigi.

[158] Vedi: "*Histoire du Pavillon de Breteuil*" sul sito del BIPM. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2VILLt2>

[159] Vedere la definizione in: VIM, 5.2

[160] Vedere la definizione in: VIM, 5.3

[161] Vedere la definizione in: VIM, 5.4

[162] *Tavole di ragguaglio dei pesi e delle misure in uso in Lombardia con quelle del sistema metrico decimale: d'ordine superiore approvate dal Regio governatore provinciale di Milano: corredate da spiegazioni sulla utilità del sistema medesimo e sullo scopo della loro pubblicazione: l'uso delle quali è obbligatorio a sensi del regio editto 11 settembre 1845.* Milano, dalla Regia Stamperia, 1860. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2IoxMOa>

[163] Carlo Alberto Emanuele Vittorio di Savoia-Carignano (Torino, 2 ottobre 1798 – Oporto, 28 luglio 1849)

1803, la Repubblica Italiana, esistita dal 1802 al 1805 durante l'età napoleonica, lo aveva già adottato.

Nel 1871 Roma viene dichiarata ufficialmente capitale d'Italia. Un nazione nata sommando entità eterogenee quali il Regno di Sardegna, Ducati, Granducati, Stato Pontificio, Regno delle due Sicilie, lombardo-veneto, borboni, austro-ungarici e quant'altro. L'esigenza di unificare pesi e unità di misura è quindi molto sentita, l'Italia ha degli ottimi presupposti nella storia e nella legislazione precedenti, e con l'adesione alla Convenzione del metro del 1875 ha accesso ai campioni di misura internazionali¹⁶⁴ necessari per realizzare il cambiamento in coordinamento con le altre Nazioni.

Questa è una tabella del 1877 che consentiva di convertire in metri il "**Trabucco**", una delle tante misure di lunghezza impiegate prima del metro. Come si vede in Piemonte, nel circondario di Casale Monferrato, in ogni Comune si impiegava un Trabucco di differente lunghezza¹⁶⁵.

13

CIRCONDARIO DI CASALE MONFERRATO

COMUNI	MISURE LOCALI		MISURE METRICHE	
	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE METRICHE	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE LOCALI
MISURE DI LUNGHEZZA				
	Trabucco di Monferrato	Metri 2,904126	Metro	Trabucchi 0,344338
COMUNI DEL CIRCONDARIO.....	Tesa di Monferrato	1,675000	Id.	Tese 0,597015
	Braccio lungo.....	0,670000	Id.	Braccia 1,492537
	Braccio corto o Braccietto... ..	0,526000	Id.	Braccetti 1,901141
ALFIANO NATTA, TICINETO	Trabucco.....	2,989837	Id.	Trabucchi 0,334466
ALTAVILLA MONFERRATO.....	Trabucco	2,893505	Id.	0,345602
BALZOLA	Trabucco.....	3,079032	Id.	0,324777
BORGO S. MARTINO	Trabucco	2,950590	Id.	0,338915
BOZZOLE	Trabucco	2,975565	Id.	0,336071
BRUSASCHETTO, CASTEL S. PIETRO, MON- CESTINO, RINCO, SERRALONGA DI CREA .	Trabucco	3,096871	Id.	0,322907
CALLIANO, OLIVOLA	Trabucco.....	2,986269	Id.	0,334866
CANAGNA	Trabucco.....	2,914912	Id.	0,343063
CAMINO	Trabucco	3,071896	Id.	0,325532
CASORZO	Trabucco.....	2,939887	Id.	0,340149
CASTAGNOLA MONFERRATO.....	Trabucco	3,041243	Id.	0,332089
CASTELLETO MERLI, PONZANO	Trabucco	3,421846	Id.	0,320323
CELLA MONTE	Trabucco.....	2,947023	Id.	0,339326
CERRINA.....	Trabucco	3,089736	Id.	0,323659

[164] Vedere la definizione in: VIM, 5.2

[165] Tavole di ragguglio dei pesi e delle misure già in uso nelle varie province del regno col peso metrico decimale. Approvate con decreto Reale 20 maggio 1877, n. 3836. Edizione ufficiale. Roma, stamperia reale, 1877, p. 13. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Zigvv0>

Alcune altre tabelle di conversione tratte da questa opera sono riportate in appendice¹⁶⁶ per illustrare l'estrema eterogeneità di pesi e misure impiegati nel Regno.

Da notare che l'opera citata include ben 768 pagine di tabelle per la conversione dalle vecchie alle nuove unità e richiede un lavoro ciclopico, come riportato nella "*Relazione fatta a S. M. dal Ministro di Agricoltura, Industria e Commercio*" che apre il volume:

"La legge del 28 luglio 1861, che estendeva a tutto il Regno il sistema metrico decimale, sanciva l'obbligo, per coloro che sono soggetti alla verifica annuale dei pesi e delle misure, di tenere esposto il ragguglio dei nuovi istromenti metrici da essi adoperati che gli antiche pesi e le vecchie misure. Lo stesso obbligo era pur fatto alle Amministrazioni comunali, le quali avrebbero dovuto tenere affisso il ragguglio di cui si tratta, dove han luogo le fiere ed i mercati.

La legge stessa affidava al Governo la cura di comporre le relative tavole e di pubblicarle in modo ufficiale.

Era un lavoro di alta mole, perchè richiedeva minute ed accurate indagini, raffronti numerosi, uno studio diligente delle pubblicazioni fatte dai cessati Governi, e calcoli molteplici.

Solamente oggi, dopo dodici anni spesi nella raccolta degli elementi necessari nel loro esame, nell'accertamento della loro autenticità, nelle rettificazioni di cui nasceva sovente il bisogno, e nella elaborazione tipografica, le tavole dalla prescritte possono essere mandate alla luce".

L'eterogeneità nelle denominazioni e nei valori delle misure in uso in Italia scomparirà gradatamente dopo l'adesione alla Convenzione del metro.

[166] Vedi appendici: A4. *Tabelle di conversione al Sistema metrico decimale delle unità di misura in uso nel Regno d'Italia.*

4. Il sistema "esse-i"

Con la **Convenzione del metro del 1875** si configura il sistema di unità che dalla Francia si estenderà al mondo

Oggi il **BIPM**, con sede a Parigi, lavora con gli **Istituti Metrologici Nazionali** e con le **Organizzazioni Metrologiche Regionali** per promuovere e fare avanzare, grazie al suo stato internazionale e imparziale, la comparabilità globale delle misure. Il **CIPM** si riunisce annualmente (due volte all'anno dal 2011), comprende comitati consultivi, sottocomitati e gruppi di lavoro orientati a specifici problemi metrologici, è composto da diciotto membri, e ha compiti più operativi, che vanno da discutere le attività del BIPM alla stesura di raccomandazioni, alla predisposizione di proposte di risoluzioni da sottoporre alla CGPM. La **CGPM** viene convocata periodicamente, ogni quattro o sei anni, e discute e approva unità, terminologia e raccomandazioni del sistema.

Le decisioni più importanti della CGPM e del CIPM delineano il percorso che, dal 1889 al 2019, porta al moderno **Sistema internazionale di unità (SI)**¹⁶⁷.

Il punto di partenza sono inevitabilmente i campioni del metro e del kilogrammo depositati il 4 messidoro (22 giugno 1799) agli Archivi della Repubblica a Parigi¹⁶⁸, e relativo il "**Système métrique**", ma va ricordato che non sono stati solo gli scienziati francesi ad interessarsi al problema del sistema di unità:

→ nel 1832, Gauss¹⁶⁹ propone un sistema coerente di unità per le scienze fisiche, formato aggiungendo alle unità del sistema metrico (metro e kilogrammo) l'unità di tempo (il secondo). Per i suoi studi sul campo magnetico terrestre¹⁷⁰ impiega un sistema di unità millimetro-milligrammo-secondo (che oggi denomineremmo sistema **m.m.s.**), "... assumendo come unità di tempo, distanza e massa il minuto secondo, il millimetro e il milligrammo..."¹⁷¹.

→ nel 1873, nel "*First Report of the Committee for the Selection and Nomenclature of Dynamical and Electrical Units*"¹⁷², **James Clerk Maxwell**¹⁷³ propone, per la descrizione dei fenomeni elettromagnetici e delle loro applicazioni, l'impiego del **sistema c.g.s.** basato su centimetro, grammo e secondo. Ed è in gran parte sull'utilizzo di questo sistema che sarà basato, in seguito, lo sviluppo della fisica sperimentale¹⁷⁴.

1ª CGPM, 1889¹⁷⁵:

→ ratifica i **nuovi prototipi internazionali** adottati dal CIPM, costruiti in una lega inalterabile di platino con il 10% di iridio, del metro (unità di lunghezza), alla temperatura del ghiaccio fondente, e del kilogrammo

[167] Dato che i verbali solo dal 1991 sono redatti in versione bilingue, francese e inglese, le citazioni originali, per omogeneità, sono riportate tutte in francese.

[168] Vedi appendici: A5. *Evoluzione storica del Sistema internazionale di unità (SI)*.

[169] Johann Friedrich Carl Gauss (Braunschweig, 30 aprile 1777 – Gottinga, 23 febbraio 1855)

[170] *Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absoluta revocata*. Gottingae, sumtibus dieterichianis, 1833. pp. 3-44. Auctore Carolo Friderico Gauss. Letto da Gauss alla Goettingen Gesellschaft der Wissenschaften il 15 dicembre 1832. Stampato nel volume 8 dei trattati delle società. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2ZoRG0w>

[171] *Ivi*, p. 23: "... accipiendo pro unitatibus temporis, distantiae et massae minutum secundum, millimetrum et milligramma...". Nella nota storica inclusa nella SI brochure si parla invece di millimetro, grammo, secondo, vedi appendici: A5. *Evoluzione storica del Sistema internazionale di unità (SI)*.

[172] *First Report of the Committee for the Selection and Nomenclature of Dynamical and Electrical Units*, the Committee consisting of Sir W. Thomson, Professor G. C. Foster, Professor J. C. Maxwell, Mr. G. J. Stoney, Professor Fleeming Jenkin, Dr. Siemens, Mr. F. J. Bramwell, and Professor Everett (Reporter). In: *Report of the forty-third meeting of the British Association for the Advancement of Science*. Held at Bradford in september 1873. John Murray, London, 1874, pp. 222-225. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2ZhJdfL>

[173] James Clerk Maxwell (Edimburgo, 3 giugno 1831 – Cambridge, 5 novembre 1879)

[174] Vedi appendici: A5. *Evoluzione storica del Sistema internazionale di unità (SI)*.

[175] *Comptes rendus des séances de la première Conférence Générale des Poids et Mesures, reunie a Paris en 1889*. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1890. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Isf8Fg>

(unità di massa)¹⁷⁶;

→ assegna alle Nazioni richiedenti i **campioni nazionali**, in platino-iridio, del metro (con una differenza rispetto al metro internazionale che rientra entro 0,01 millimetri) e del kilogrammo (con una differenza rispetto al kilogrammo internazionale che rientra entro 1 milligrammo)¹⁷⁷.

Mancherebbe ancora l'unità di tempo. Ma a questo hanno già pensato gli astronomi, che da tempo la ricavano dal grande "orologio celeste che la natura previdente ha avuto la cura di metterci a disposizione"¹⁷⁸. L'unità di misura del tempo è il **secondo** fornito dagli astronomi, definito come 1/86 400 del giorno. Da metro, kilogrammo e secondo e dal sistema metrico decimale, nasce il **Sistema M.K.S.**

3^a CGPM, 1901¹⁷⁹:

→ viene precisato che "Il kilogrammo è l'unità di massa; è uguale alla massa del prototipo internazionale del kilogrammo; il termine peso designa una grandezza della stessa natura di una forza"¹⁸⁰;

→ viene stabilito che "l'unità di volume ... è il volume occupato dalla massa di 1 kilogrammo di acqua pura, al suo massimo di densità e alla pressione atmosferica normale; questo volume è denominato litro"¹⁸¹.

Nel 1901 il fisico italiano Giovanni Giorgi¹⁸² propone di estendere il sistema M.K.S.¹⁸³ aggiungendo una unità di misura elettrica, l'ohm o l'ampere¹⁸⁴.

5^a CGPM, 1913¹⁸⁵

M. Violle, Presidente del BIPM, in un suo intervento riferisce di una commissione voluta dal ministro del Commercio della Repubblica francese, nell'intento di adeguare la legislazione allo stato della Scienza e dell'Industria. La commissione ha presentato uno studio nel quale:

→ mantenendo come "... punto di partenza ... il Sistema metrico decimale ... dal quale sono sorti gli standard delle unità fondamentali, il Metro e il Kilogrammo ... [si] amplia il sistema con l'aggiunta di una terza unità fondamentale, il Secondo di tempo medio, in modo da poter definire tutte le unità richieste dalla meccanica. Queste tre unità fondamentali, Metro, Kilogrammo, Secondo, definiscono il sistema M.K.S."¹⁸⁶ che introduce il tempo come grandezza fondamentale, e che si differenzia dal sistema c.g.s. perché in

[176] Ivi, pp. 34-35: "Sanctionne,

A. En ce qui concerne les prototypes internationaux:

1° Le Prototype du mètre choisi par le Comité international; Ce prototype représentera désormais, à la température de la glace fondante, l'unité métrique de longueur;

2° Le Prototype du kilogramme adopté par le Comité international; Ce prototype sera considéré désormais comme unité de masse"

[177] Ivi, p. 35.

[178] Paolo Taroni. *Filosofie del tempo. Il concetto di tempo nella storia del pensiero occidentale*. Mimesis Edizioni, Milano - Udine, 2012. ISBN 978-88-5751-453-6.

[179] *Comptes rendus des séances de la troisième Conférence Générale des Poids et Mesures, réunie à Paris en 1901*. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1901. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2Isfhsi>

[180] Ivi, p. 68: "Le kilogramme est l'unité de masse; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme; Le terme poids désigne une grandeur de la même nature qu'une force".

[181] Ivi, p. 39: "L'unité de volume ... est le volume occupé par la masse de 1 kilogramme d'eau pure, à son maximum de densité et sous la pression atmosphérique normale; ce volume est dénommé litre".

[182] Giovanni Giorgi (Lucca, 27 novembre 1871 – Castiglione, 19 agosto 1950)

[183] Salvo D'Agostino. *Giovanni Giorgi, ingegnere elettrotecnico, nel suo tempo*. In: *Atti del XVI Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia*. A cura di P. Tucci. Centro Volta, Villa Olmo, Como, 24-25 maggio 1996. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2VfraHR>

[184] Vedi appendici: A5. *Evoluzione storica del Sistema internazionale di unità (SI)*.

[185] *Comptes rendus des séances de la cinquième Conférence Générale des Poids et Mesures, réunie à Paris en 1913*. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1913. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2U1cl2y>

[186] Ivi, p. 53: "... point de départ ... le **Système métrique décimal** ... d'où sont sortis les étalons prototypes des unités fondamentales, le **Mètre** et le **Kilogramme** ... [on] élargit le système par l'adjonction d'une troisième unité fondamentale, la **Seconde** de temps moyen, de façon à pouvoir, définir toutes les unités réclamées par la Mécanique. Ces trois unités fondamentales, Mètre, Kilogramme, Seconde, définissent le système M. K. S."

quest'ultimo le unità sono troppo piccole per l'uso pratico;

→ viene inserito nelle unità fondamentali il "Tempo - L'unità di tempo è il Secondo di tempo medio. Il Secondo di tempo medio è la frazione $1/86\,400$ del giorno solare medio"¹⁸⁷;

→ viene proposto un progetto per suddividere le unità di misura in **unità fondamentali** e in **unità derivate**, includendo tra le prime: "l'unità di lunghezza, il **Metro**; l'unità di massa, il **Kilogrammo**; l'unità di tempo, il **Secondo**; l'unità d'intervallo di temperatura, il **Grado centesimale**; l'unità d'intensità luminosa, la **Candela decimale**; l'unità di resistenza elettrica, l'**Ohm internazionale**"¹⁸⁸;

→ sono proposte le definizioni dei dette unità fondamentali¹⁸⁹.

Un progetto che, in termini di visione (anche se le unità fondamentali nel frattempo cambieranno), anticipa di oltre quarant'anni il Sistema internazionale.

In Francia la legge del **2 aprile 1919** introduce, per le misure della meccanica industriale, il **sistema M.T.S.** (metro, tonnellata, secondo).

6^a CGMP, 1921

7^a CGPM, 1927

8^a CGPM, 1933

Tra il 1915 e il 1945 l'Europa è devastata da due guerre mondiali. Nelle CGPM si discute prevalentemente delle grandezze elettriche, della scelta delle unità relative, e delle possibilità di realizzarne dei campioni riproducibili con una accuratezza adeguata. Si è convinti della necessità di introdurre le grandezze elettriche, l'ohm è il principale candidato.

Nel **1935** la **IEC** (International Electrotechnical Commission) conferma l'esigenza di estendere il sistema esistente di unità elettriche pratiche in un sistema globale di unità fisiche, adottando il sistema di quattro unità fondamentali (M.K.S. più una unità elettrica) proposto da Giovanni Giorgi¹⁹⁰.

Nelle sedute del **CIPM** del **1945-1946**, si approva l'**ampere** come unità di misura fondamentale della corrente elettrica.

9^a CGPM, 1948¹⁹¹:

→ prende atto del fatto che "l'ampere è definito come l'unità fondamentale elettrica nelle risoluzioni prese dal Comitato Internazionale dei Pesi e Misure nell'ottobre 1946 e che devono, dopo in 1° gennaio 1948, essere introdotte nelle norme nazionali degli Stati aderenti alla Convenzione del metro"¹⁹². Nasce così ufficialmente il **Sistema MKSA**, denominato anche "**Sistema Giorgi**", in onore del proponente;

→ sono definite le regole di scrittura per separare i decimali e per raggruppare le cifre, ribadite successivamente, ma a tutt'oggi non ben applicate, cioè che "Nei numeri la virgola (uso francese) o il punto (uso britannico) sono impiegati solamente per separare la parte intera dei numeri dalla loro parte decimale. Per facilitare la lettura in numeri possono essere raggruppati in blocchi di tre cifre (i blocchi non sono mai

[187] Ivi, p. 57: "*Temps - L'unité de temps est la Seconde de temps moyen. La Seconde de temps moyen est la fraction $1/86\,400$ du Jour solaire moyen*"

[188] Ivi, p. 55: "*l'unité de longueur, le Mètre; l'unité de masse, le Kilogramme; l'unité de temps, la Seconde; l'unité d'intervalle de température, le Degré centésimal; l'unité d'intensité lumineuse, la Bougie décimale; l'unité de résistance électrique, l'Ohm international*"

[189] Ivi, p. 57.

[190] Vedere sul sito IEC. URL consultato il 01/12/2023: <https://www.iec.ch/basecamp/giovanni-giorgi-original-paper>

[191] *Comptes rendus des séances de la neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures, réunie a Paris en 1948*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2lZ4wgv>

[192] Ivi, p. 109: "*l'ampere est défini comme l'unité fondamentale électrique dans les résolutions prises par le Comité International des Poids et Mesures en octobre 1946 et qui doivent, depuis le 1er janvier 1948, être introduites dans les réglementations nationales des Etats adhérents a la Convention du mètre*"

separati né da punti né da virgole)¹⁹³;

→ viene introdotta la denominazione **grado Celsius** con simbolo °C¹⁹⁴.

10^a CGPM, 1954¹⁹⁵:

→ "... décide de définir la scala termodinamica di temperatura mediante il punto triplo dell'acqua come punto fondamentale, attribuendo a questo la temperatura 273,16 gradi Kelvin, esattamente"¹⁹⁶;

→ decide di adottare un sistema pratico di unità di misura per le relazioni internazionali basato su sei unità di base: lunghezza (metro), massa (kilogrammo), tempo (secondo), intensità di corrente elettrica (ampere), temperatura termodinamica (grado kelvin), intensità luminosa (candela)¹⁹⁷.

11^a CGPM, 1960¹⁹⁸:

→ il sistema pratico di unità di misura del 1954 diventa il **Sistema Internazionale di unità**, con abbreviazione internazionale **SI**, con le sei unità di base indicate nella 10^a CGPM del 1954 e i multipli e sottomultipli riportati¹⁹⁹;

→ cambia la definizione del metro che ora diventa "Il metro è la lunghezza uguale a 1 650 763,73 lunghezze d'onda nel vuoto della radiazione corrispondente alla transizione tra i livelli $2p_{10}$ e $5d_5$ dell'atomo di krypton 86. La definizione del metro in vigore dal 1889, fondata sul prototipo internazionale in platino-iridio, è abrogata"²⁰⁰.

I tempi sono cambiati, e richiedono di esprimere le lunghezze con un grado di accuratezza che il vecchio metro di platino-iridio non è più in grado di assicurare.

12^a CGPM, 1964²⁰¹:

→ abroga la definizione di litro data nella terza CGPM del 1901 e precisa che la parola "litro" può essere impiegata come nome speciale del decimetro cubo²⁰²;

→ introduce i sottomultipli delle unità femto (ovvero 10^{-15} , con simbolo f) e atto (ovvero 10^{-18} , con simbolo a)²⁰³;

→ prende atto del fatto che la CIPM ha indicato come campione atomico di frequenza da impiegare temporaneamente per la misura fisica del tempo "... la transizione tra i livelli iperfini $F = 4, M = 0$ e $F = 3, M = 0$ dello stato fondamentale $^2S_{1/2}$ dell'atomo di cesio 133 non perturbato da campi esterni, e che il valore 9 192 631 770 hertz è assegnato alla frequenza di detta transizione"²⁰⁴.

[193] Ivi, p. 70: "Dans les nombres la virgule (usage français) ou le point (usage britannique) sont utilisés seulement pour séparer la partie entière des nombres de leur partie décimale. Pour faciliter la lecture, les nombres peuvent être partagés en tranches de trois chiffres: ces tranches ne sont jamais séparées par des points, ni par des virgules"

[194] Ivi, p. 64.

[195] *Comptes rendus des séances de la dixième Conférence Générale des Poids et Mesures, réunie à Paris en 1954*. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1955. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2GJ6uA1>

[196] Ivi, p. 79: "... décide de définir l'échelle thermodynamique de température au moyen du point triple de l'eau comme point fixe fondamental, en lui attribuant la température 273,16 degrés Kelvin, exactement"

[197] Ivi, p. 80.

[198] *Comptes rendus des séances de la onzième Conférence Générale des Poids et Mesures, réunie à Paris en 1960*. Paris, Gauthier-Villars. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2UBIWkh>

[199] Ivi, p. 87.

[200] Ivi, p. 85: "Le mètre est la longueur égale à 1 650 763,73 longueurs d'onde dans le vide de la radiation correspondant à la transition entre les niveaux $2p_{10}$ et $5d_5$ de l'atome de krypton 86. La définition du mètre en vigueur depuis 1889, fondée sur le Prototype international en platine iridié, est abrogée"

[201] *Comptes rendus des séances de la douzième Conférence Générale des Poids et Mesures, réunie à Paris en 1964*. Paris, Gauthier-Villars, 1964. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2GBd0HD>

[202] Ivi, p. 93.

[203] Ivi, p. 94.

[204] Ivi, p. 68: "... la transition entre les niveaux hyperfins $F = 4, M = 0$ et $F = 3, M = 0$ de l'état fondamental $^2S_{1/2}$ de l'atome de césium 133 non perturbé par des champs extérieurs, et que la valeur 9 192 631 770 hertz est assignée à la fréquence de cette transition"

Anche la più longeva delle unità di misura, il **secondo** degli astronomi, sta cadendo sotto l'incalzare dei tempi. Lo farà definitivamente nella successiva CGPM.

13^a CGPM, 1967-1968²⁰⁵:

→ il secondo viene ridefinito come "... la durata di 9 192 631 770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale del cesio 133"²⁰⁶;

→ l'unità di temperatura termodinamica è denominata "kelvin" e il suo simbolo è "K". Un intervallo di temperatura può essere espresso anche in *gradi Celsius*²⁰⁷ [identici, come ampiezza, ai precedenti, con simbolo °C].

14^a CGPM, 1971²⁰⁸:

In seguito alle sollecitazioni giunte da IUPAP, IUPAC e ISO, viene deciso di inserire nel Sistema internazionale di unità, come grandezza fondamentale, la quantità di materia, definendo la **mole** come "... la quantità di materia di un sistema che contiene altrettante unità elementari quanti sono gli atomi contenuti in 0,012 kilogrammi di carbonio 12; il suo simbolo è mol"²⁰⁹.

15^a CGPM, 1975²¹⁰

Alla lista dei prefissi sono aggiunti: peta (10^{15} , simbolo P), exa (10^{18} , simbolo E)²¹¹.

16^a CGPM, 1979²¹²:

Viene ridefinita l'unità di misura per l'intensità luminosa, ora "La candela è l'intensità luminosa, in una direzione data, di una sorgente che emette un raggio monocromatico di frequenza 540×10^{12} hertz e la cui intensità energetica in questa direzione è 1,683 watt per steradiante ... La definizione della candela decisa dal Comitato Internazionale dei Pesi e Misure nel 1946 ... è abrogata"²¹³.

17^a CGPM, 1983²¹⁴:

Viene introdotta una nuova definizione del metro: "Il metro è la lunghezza del tragitto percorso nel vuoto dalla luce in un intervallo di tempo di $1/299\,792\,458$ secondi. La definizione del metro in vigore dal 1960, basata sulla transizione tra i livelli $2p_{10}$ e $5d_5$ dell'atomo di krypton 86 è abrogata"²¹⁵.

[205] *Comptes rendus des séances de la treizième Conférence Générale des Poids et Mesures. Paris, 1967-1968*. Bureau International des Poids et Mesures. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2ZBpIEI>

[206] Ivi, p. 103: "... la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133"

[207] Ivi, p. 104.

[208] *Comptes rendus des séances de la quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures. Paris, 1971*. Bureau International des Poids et Mesures. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2IJRW2T>

[209] Ivi, p. 78: "... la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12; son symbole est mol"

[210] *Comptes rendus des séances de la quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures. Paris, 1975*. Bureau International des Poids et Mesures. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2PyOT0j>

[211] Ivi, p. 21.

[212] *Comptes rendus des séances de la seizième Conférence Générale des Poids et Mesures. Paris, 1979*. Bureau International des Poids et Mesures. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2DyXs6x>

[213] Ivi, 18: "La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence 540×10^{12} hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1,683 watt par stéradian ... La définition ... décidée par le Comité International des Poids et Mesures en 1946 ... est abrogée"

[214] Bureau International des Poids et Mesures. *17^e Conférence Générale des Poids et Mesures (1983)*. *Comptes rendus*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2IKY5hw>

[215] Ivi, p. 14: "Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de $1/299\,792\,458$ de seconde. La définition du mètre en vigueur depuis 1960, fondée sur la transition entre les niveaux $2p_{10}$ et $5d_5$ de l'atome de krypton 86, est abrogée"

19ª CGPM, 1991²¹⁶:

Ai prefissi già in uso sono aggiunti: i multipli zetta (10²¹, simbolo Z) e yotta (10²⁴, simbolo Y), i sottomultipli zepto (10⁻²¹, simbolo z) e yocto (10⁻²⁴, simbolo y)²¹⁷.

22ª CGPM, 2003²¹⁸:

Viene ribadito l'impiego corretto dei simboli per separare i decimali e raggruppare le cifre all'interno dei numeri, "... il simbolo del separatore decimale potrà essere il punto sulla linea o la virgola sulla linea [e che] «Per facilitare la lettura, i numeri possono essere separati in gruppi di tre cifre; questi raggruppamenti non sono mai separati da punti, né da virgole», come raccomandato dalla risoluzione 7 della 9ª Conferenza generale del 1948"²¹⁹.

Il **Sistema Internazionale di Unità (SI)** è stato accettato dalla Comunità Economica Europea (CEE) nel 1980²²⁰ ed è divenuto legale in Italia nel 1982²²¹. Dopo una modifica minore nel 1984²²², la direttiva del 1980 è stata modificata nel 1999²²³ - e recepita in Italia nel 2001²²⁴ - e modificata ancora nel 2009²²⁵ - e recepita in Italia nello stesso 2009²²⁶. La versione del sistema SI inclusa in queste normative è quella che è rimasta in vigore **fino al 19 maggio 2019**.

23ª CGPM, 2007

24ª CGPM, 2011

25ª CGPM, 2014

Sono conferenze preparatorie al cambiamento nelle unità di misura previsto per il 2019²²⁷.

[216] Bureau International des Poids et Mesures. *19^e Conférence Générale des Poids et Mesures (1991). Comptes rendus*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2XLmOG8>

[217] Ivi, p. 97.

[218] Bureau International des Poids et Mesures. *Comptes rendus de la 22^e Conférence générale des poids et mesures (octobre 2003)*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2L67HWd>

[219] Ivi, p. 169: "*déclare que le symbole du séparateur décimal pourra être le point sur la ligne ou la virgule sur la ligne [et que] «Pour faciliter la lecture, les nombres peuvent être partagés en tranches de trois chiffres ; ces tranches ne sont jamais séparées par des points, ni par des virgules», comme le recommande la Résolution 7 de la 9^e Conférence générale de 1948*"

[220] DIRETTIVA DEL CONSIGLIO del 20 dicembre 1979 per il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle unità di misura che abroga la direttiva 71/354/CEE (80/ 181 /CEE). Vedi riferimento nella bibliografia ragionata.

[221] DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 12 agosto 1982, n. 802 Attuazione della direttiva (CEE) n. 80/181 relativa alle unità di misura. (GU Serie Generale n.302 del 03-11-1982 - Suppl. Ordinario). Vedi riferimento nella bibliografia ragionata.

[222] Vedi riferimento nella bibliografia ragionata.

[223] DIRETTIVA 1999/103/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 24 gennaio 2000 che modifica la direttiva 80/181/CEE sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle unità di misura. Vedi riferimento nella bibliografia ragionata.

[224] DECRETO 29 gennaio 2001 Attuazione della direttiva 1999/103/CE che modifica la direttiva 80/181/CEE sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle unità di misura. (GU Serie Generale n.27 del 02-02-2001). Vedi riferimento nella bibliografia ragionata.

[225] DIRETTIVA 2009/3/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO dell'11 marzo 2009 che modifica la direttiva 80/181/CEE del Consiglio sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri riguardo alle unità di misura. Vedi riferimenti nella bibliografia ragionata.

[226] DECRETO 29 ottobre 2009 Attuazione della direttiva 2009/3/CE del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 marzo 2009 che modifica la direttiva 80/181/CEE del Consiglio sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri riguardo alle unità di misura. (09A13580) (GU Serie Generale n.273 del 23-11-2009). Vedi riferimento nella bibliografia ragionata.

[227] Vedere la pagina web del BIPM con le *Résolutions/Recommandations*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2ZHiOIV>

26ª CGPM, 2018

Il 16 novembre 2018 gli stati membri, nell'ambito della 26a CGPM 2018, hanno approvato una revisione del **sistema SI** che cambia la definizione del kilogrammo, dell'ampere, del kelvin e della mole, per far sì che tutte le unità SI siano espresse in termini di costanti che descrivono il mondo naturale.

Quella che segue è la versione del **Sistema internazionale di unità (SI)** in vigore **dal 20 maggio 2019** che è riportata nell'aggiornamento normativo UE del 2019²²⁸ concernente "*le [nuove] definizioni delle unità SI di base*" e che è stato recepito dall'Italia con il decreto 7 aprile 2020²²⁹.

Il Sistema Internazionale di Unità (SI) è il sistema di unità nel quale:

- la frequenza della transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133, $\Delta\nu_{Cs}$, è 9 192 631 770 Hz,
- la velocità della luce nel vuoto c è 299 792 458 m/s,
- la costante di Planck h è $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$ J s,
- la carica elementare e è $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ C,
- la costante di Boltzmann k è $1,380\,649 \times 10^{-23}$ J/K,
- la costante di Avogadro N_A è $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ mol⁻¹,
- l'efficacia luminosa della radiazione monocromatica di frequenza 540×10^{12} Hz, K_{cd} , è 683 lm/W,

dove hertz, joule, coulomb, lumen, e watt, con i simboli Hz, J, C, lm, e W, rispettivamente, sono collegati alle unità secondo, metro, kilogrammo, ampere, kelvin, mole, e candela, con i simboli s, m, kg, A, K, mol, e cd, rispettivamente, dalle relazioni $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$, $\text{J} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$, $\text{C} = \text{A s}$, $\text{lm} = \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd sr}$, e $\text{W} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$.

Da queste definizioni si ricavano le sette unità di base del SI²³⁰.

Grandezza di base	Simbolo della grandezza (<i>a, c</i>)	Unità di base	Simbolo dell'unità (<i>b, c</i>)
tempo	<i>t</i>	secondo	s
lunghezza	<i>l, x, r</i> , eccetera	metro	m
massa	<i>m</i>	Kilogrammo	kg
intensità di corrente elettrica	<i>I, i</i>	ampere	A
temperatura termodinamica	<i>T</i>	kelvin	K
quantità di sostanza	<i>n</i>	mole	mol
intensità luminosa	<i>I_v</i>	candela	cd

(a) I simboli delle grandezze sono generalmente singole lettere dell'alfabeto Latino o Greco, sono in carattere *corsivo* (in francese "*italique*"; in inglese "*italic*") e sono raccomandazioni.

(b) I simboli delle unità sono in carattere tondo (In francese "*romain*"; in inglese "*roman*") e sono mandatori.

(c) Dopo i simboli non si deve mettere il punto (kg e non kg. ovvero mol e non mol. e così via): si tratta appunto di simboli, e non di abbreviazioni.

Dalle unità di base del SI si ricavano le ventidue unità SI con nomi e simboli speciali riportate alla pagina seguente.

[228] DIRETTIVA 2019/1258 DELLA COMMISSIONE del 23 luglio 2019 che modifica, ai fini dell'adattamento al progresso tecnico, l'allegato della direttiva 80/181/CEE del Consiglio per quanto riguarda le definizioni delle unità SI di base (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1258>)

[229] DECRETO 7 aprile 2020 Attuazione della direttiva (UE) 2019/1258 della Commissione del 23 luglio 2019 che modifica, ai fini dell'adattamento al progresso tecnico, l'allegato della direttiva 80/181/CEE del Consiglio per quanto riguarda le definizioni delle unità SI di base (<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2020/05/09/20A02529/sg>)

[230] Vedi appendici: A6. *Nomi, simboli, dimensioni e definizioni di grandezze e unità di base del SI.*

Grandezza derivata	Nome dell'unità	Simbolo dell'unità	Espressione in unità di base	Espressione in unità SI
angolo piano	radiante	rad	m/m	
angolo solido	steradiane	sr	m ² /m ²	
frequenza (cicli al secondo)	hertz	Hz	s ⁻¹	
forza	newton	N	kg m s ⁻²	
Pressione, tensione	pascal	Pa	kg m ⁻¹ s ⁻²	
energia, lavoro, quantità di calore	joule	J	kg m ² s ⁻²	N m
potenza, flusso energetico	watt	W	kg m ² s ⁻³	J/s
carica elettrica	coulomb	C	A s	
differenza di potenziale elettrico	volt	V	kg m ² s ⁻¹ A ⁻¹	W/A
capacitanza	farad	F	kg ⁻¹ m ⁻² s ⁴ A ²	C/V
resistenza elettrica	ohm	Ω	kg m ² s ⁻³ A ⁻²	V/A
conduttanza elettrica	siemens	S	kg ⁻¹ m ⁻² s ³ A ²	A/V
flusso magnetico	weber	Wb	kg m ² s ⁻² A ⁻¹	V s
densità di flusso magnetico	tesla	T	kg s ⁻² A ⁻¹	Wb/m ²
induttanza	henry	H	kg m ² s ⁻² A ⁻²	Wb/A
temperatura Celsius	grado Celsius (<i>d</i>)	°C	K	
flusso luminoso	lumen	lm	cd sr	cd sr
illuminamento	lux	lx	cd sr m ⁻²	lm/m ²
attività riferita a un radionuclide	becquerel	Bq	s ⁻¹	
dose assorbita, kerma	gray	Gy	m ² s ⁻²	J/kg
equivalente di dose	sievert	Sv	m ² s ⁻²	J/kg
attività catalitica	katal	kat	mol s ⁻¹	

(*d*) Il valore numerico di una differenza (o intervallo) di temperatura è lo stesso quando espresso in kelvin o in gradi Celsius. Il valore numerico di una temperatura Celsius espressa in gradi Celsius (°C) è collegato al valore numerico di una temperatura termodinamica espressa in kelvin (K) dalla relazione

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273.15^{231}$$

Le sette unità di base e le ventidue unità con nomi e simboli speciali possono essere combinate per definire le **unità derivate coerenti**, cioè le unità ricavate (derivate) dal prodotto di potenze di dette unità, il cui fattore numerico è 1 (coerenti). Per le grandezze impiegate nella pratica, i loro simboli e la conversione alle unità SI da altri sistemi di unità, vedere Fazio²³² e il "*CRC Handbook of Chemistry and Physics*"^{233,234}.

Questi sono alcuni esempi di **unità derivate coerenti** espresse in termini di **unità di base** del SI.

Grandezza derivata	Simbolo della grandezza	Espressione in unità di base
accelerazione	<i>a</i>	m s ⁻²
area, superficie	<i>A</i>	m ²
concentrazione di massa	<i>ρ, γ</i>	kg m ⁻³
concentrazione di sostanza	<i>c</i>	mol m ⁻³
velocità	<i>v</i>	m s ⁻¹
volume	<i>V</i>	m ³

[231] Le modalità di scrittura qui impiegate sono chiarite poco avanti nelle **regole di scrittura**.

[232] Michelangelo Fazio. *Dizionario e manuale delle unità di misura*. Nicola Zanichelli, Bologna, 1985.

[233] 1. *Basic Constants, Units, and Conversion Factors*. In: *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Ann Arbor, Boston, 1991, pp. 1.18-1.31.

[234] *Nomenclature, Symbols, and Terminology*. Ivi, pp. 2.1-2.21.

Questi sono alcuni esempi di **unità derivate coerenti** i cui nomi e simboli includono **unità SI con nomi e simboli speciali** del SI.

Grandezza derivata	Simbolo della grandezza	Nome dell'unità	Simbolo dell'unità	Espressione in unità di base
capacità termica, entropia	<i>S</i>	joule per kelvin	J K ⁻¹	kg m ² s ⁻² K ⁻¹
concentrazione di attività catalitica	<i>b</i>	katal per metro cubo	kat m ⁻³	mol s ⁻¹ m ⁻³
densità di energia, energia volumica	<i>w</i>	joule per metro cubo	J m ⁻³	kg m ⁻¹ s ⁻²
momento di una forza	<i>M</i>	newton metro	N m	kg m ² s ⁻²
permeabilità magnetica	μ	henry per metro	H m ⁻¹	kg m s ⁻² A ⁻²
tensione superficiale	τ	newton per metro	N m ⁻¹	kg s ⁻²

Infine queste sono le **unità non SI ammesse**, in quanto il loro impiego è talmente pervasivo da escludere, almeno per ora, la possibilità di sostituirle.

Grandezza	Nome dell'unità	Simbolo dell'unità	Valore in unità SI
Angolo piano e angolo di fase	grado	°	1° = ($\pi/180$) rad
	minuto	'	1' = (1/60)° = ($\pi/10\ 800$) rad
	secondo	"	1" = (1/60)' = ($\pi/648\ 000$) rad
Area	ettaro	ha	1 ha = 1 hm ² = 10 ⁴ m ²
Energia	elettronvolt	eV	1 eV = 1,602 176 634 10 ⁻¹⁹ J
Lunghezza	unità astronomica	au	1 au = 149 597 870 700 m
Massa	tonnellata	t	1 t = 10 ³ kg
	dalton	Da	1 Da = 1,660 539 040 10 ⁻²⁷ kg
Tempo	minuto	min	1 min = 60 s
	ora	h	1 h = 60 min = 3 600 s
	giorno	d	1 d = 24 h = 86 400 s
Volume	litro (<i>e</i>)	l, L	1 l = 1 L = 1 dm ³ = 10 ³ cm ³ = 10 ⁻³ m ³

(*e*) Una eccezione, adottata della 16^a CGPM (1979), è che per il litro è consentito l'uso sia della L maiuscola sia della l (elle) minuscola, onde evitare possibili confusioni tra quest'ultima e il numero 1 (uno).

Tutte le unità non riportate nelle tabelle riportate qui sopra sono per definizione non ammesse. Quindi **nel SI non sono ammessi**, tra gli altri, ad esempio:

- per la lunghezza, l'angström (Å) e il micron (μ)
- per il volume, il lambda (λ)
- per la massa, il gamma (γ)
- per la pressione, l'atmosfera (atm)
- per la quantità di calore, la caloria (cal)
- per la potenza, il cavallo vapore (CV o HP)

così come non sono ammessi i gradi centigradi, il quintale, la pertica (tradizionalmente impiegata per la misura delle superfici agrarie), il curie, l'anno-luce, l'espressione della forza in dyne e dell'energia in erg, il miglio, il pollice, il millimetro di mercurio, il bar e il suo sottomultiplo millibar²³⁵.

[235] Quest'ultimo in passato tradizionalmente impiegato per indicare i valori delle isobare tracciate sulle carte meteorologiche, che invece oggi riportano i valori in ettopascal (hPa) (vedasi ad esempio <http://bit.ly/2LkQNmX>). Tuttavia, essendo 1 bar = 100 000 Pa e quindi un millibar = 100 Pa = 1 hPa, i nuovi valori, espressi in hPa, risultano

Per indicare **multipli** e **sottomultipli** delle unità sono previsti i fattori riportati nella seguente tabella

Prefisso	Simbolo	Fattore di moltiplicazione	Fattore di moltiplicazione per esteso
yotta	Y	10^{24}	1 000 000 000 000 000 000 000 000
zetta	Z	10^{21}	1 000 000 000 000 000 000 000
exa	E	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000
peta	P	10^{15}	1 000 000 000 000 000
tera	T	10^{12}	1 000 000 000 000
giga	G	10^9	1 000 000 000
mega	M	10^6	1 000 000
kilo	k	10^3	1 000
etto	h	10^2	100
deca	da	10^1	10
deci	d	10^{-1}	0,1
centi	c	10^{-2}	0,01
milli	m	10^{-3}	0,001
micro	μ	10^{-6}	0,000 001
nano	n	10^{-9}	0,000 000 001
pico	p	10^{-12}	0,000 000 000 001
femto	f	10^{-15}	0,000 000 000 000 001
atto	a	10^{-18}	0,000 000 000 000 000 001
zepto	z	10^{-21}	0,000 000 000 000 000 000 001
yocto	y	10^{-24}	0,000 000 000 000 000 000 000 001

Il SI prevede il rispetto di alcune **regole di scrittura**.

La regola principale deriva dal fatto che un *procedimento di misura* consiste nell'esprimere una grandezza in modo quantitativo, dando ad essa un "valore numerico" che è un numero puro uguale al rapporto tra il "(valore della) grandezza (in esame)" e il "valore di una grandezza di riferimento ad essa omogenea" definita come "unità di misura", essendo quindi

$$(valore\ della)\ grandezza\ (in\ esame)\ /\ unità\ di\ misura = valore\ numerico\ (i)$$

da cui si ricava

$$(valore\ della)\ grandezza\ (in\ esame) = valore\ numerico \cdot unità\ di\ misura\ (ii)$$

Poiché il risultato di una misura ovvero il "(valore della) grandezza (in esame)" è dato dal prodotto di un "valore numerico" per la "unità di misura", l'indicazione di quest'ultima non deve mai essere omessa. Per indicare il prodotto, rendendo "valore numerico" e "unità di misura" un tutt'uno inscindibile, si impiega lo spazio unificatore, come ad esempio in $9,81\ m\ s^{-2}$ o $12\ A^{236}$. Unica eccezione sono le unità angolari, per le quali lo spazio tra il valore numerico e il simbolo dell'unità non è previsto: pertanto un angolo verrà riportato, ad esempio, come $41^{\circ}54'39''$.

numericamente identici a quelli del passato espressi in millibar e il cambiamento non ha avuto alcun impatto sulle abitudini consolidate.

[236] Lo **spazio unificatore** non cambia ampiezza e non consente di andare a capo, lasciando quindi l'espressione sempre correttamente impaginata. In ambiente **Windows** può essere inserito tenendo premuti contemporaneamente i tasti <ctrl> e <shift> e premendo la **barra spaziatrice**, oppure tenendo premuto il tasto <alt> e digitando **255** sul tastierino numerico, su **Mac** tenendo premuto il tasto <alt> e premendo la **barra spaziatrice**.

Questa impostazione si riflette sul modo in cui devono essere riportati i dati.

Se si riportano ad esempio dei valori di temperatura in una tabella che riporta nella prima colonna la temperatura t espressa in gradi Celsius ($^{\circ}\text{C}$) e nella seconda colonna la corrispondente temperatura T espressa in kelvin (K), la tabella in base alla (ii) deve essere compilata come segue:

t	T
23,15 $^{\circ}\text{C}$	296,3 K
-8,73 $^{\circ}\text{C}$	264,42 K

La stessa tabella se si riportano i valori in base alla (i) deve essere compilata come qui riportato, una presentazione che evita di riportare ogni volta l'unità di misura quindi ha il vantaggio di consentire di riportare i dati come semplici numeri:

$t/^{\circ}\text{C}$	T/K
23,15	296,3
-8,73	264,42

Le regole per l'impiego dei fattori (multipli e sottomultipli) sono:

→ simbolo del fattore e simbolo dell'unità formano un tutt'uno che rappresenta un nuovo simbolo di unità, sottomultiplo o multiplo dell'unità impiegata, come ad esempio fL (femtolitro), μm (micrometro), Ghz (gigahertz);

→ sono raccomandati i fattori che fanno variare l'unità di un fattore 1 000 (kilo, mega, giga, milli, micro, nano, eccetera);

→ non si devono usare i fattori da soli, il nome o il simbolo dell'unità non deve essere omissso, quindi micrometro (μm) e non micron (μ), kilogrammo e non kilo, e così via;

→ non devono essere formate unità con più di un prefisso, quindi nanometro (nm) e non millimicron ($\text{m}\mu$), picogrammo (pg) e non micromicrogrammo ($\mu\mu\text{g}$), e così via;

→ i multipli e i sottomultipli dell'unità di massa (kilogrammo), che già contiene un prefisso, si formano antepoendo i prefissi al grammo (quindi μg e non nKg).

Altre regole sono:

→ i simboli delle grandezze sono in carattere "corsivo";

→ i simboli delle unità sono in carattere "tondo";

→ dopo i simboli di grandezze e unità non si deve mettere il punto, sono simboli, non abbreviazioni;

→ per il litro sono ammessi sia l (elle minuscola) sia L;

→ per separare i decimali si possono impiegare il punto (.) o la virgola (,) secondo gli usi;

→ per raggruppare le cifre può essere impiegato **esclusivamente** lo spazio (spazio unificatore).

Per moltiplicare o dividere i simboli delle grandezze può essere impiegata una qualsiasi di queste espressioni:

ab , $a b$, $a \cdot b$, $a \times b$, a/b , $a b^{-1}$, $\frac{a}{b}$, ad esempio $F = ma$ oppure $F = m \cdot a$

Per moltiplicare i valori delle grandezze impiegare le parentesi, senza interporre \cdot , ad esempio (4 m/s)(8 s), o impiegare il segno x, ad esempio (4 m/s) x 8 s.

Per moltiplicare i numeri impiegare il segno x, ad esempio 12,3 x 4,8.

Nel caso delle divisioni impiegare opportunamente le parentesi per evitare ambiguità.

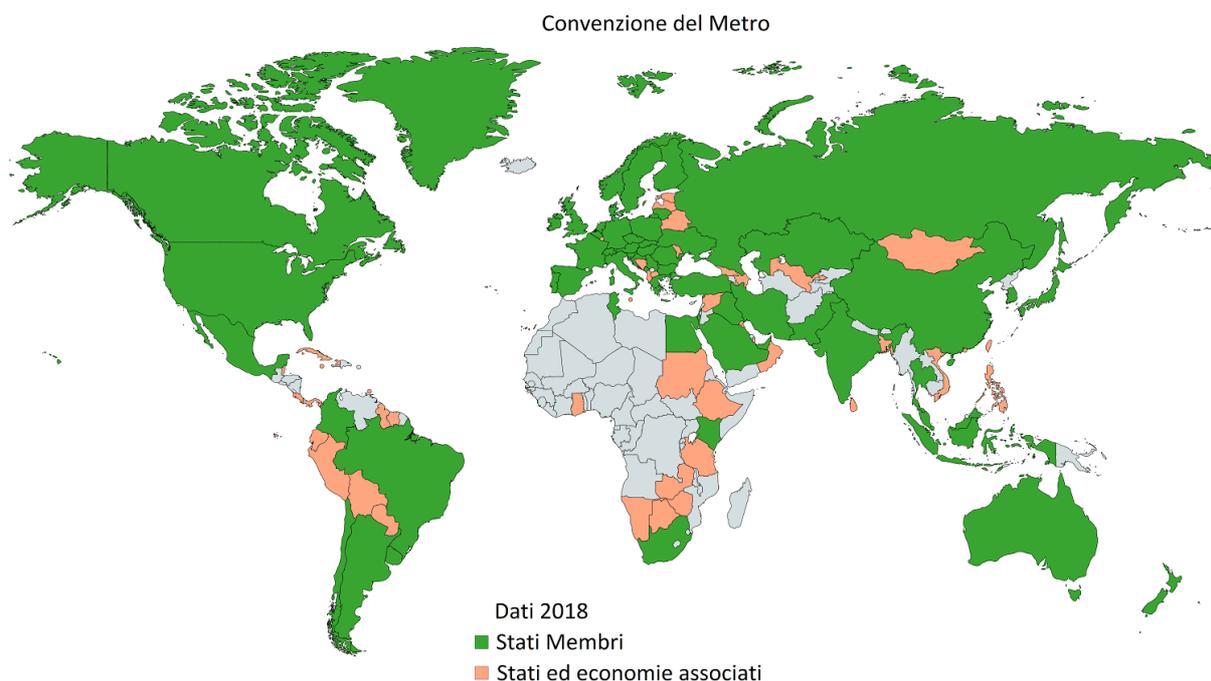
Il simbolo % deve essere separato dal numero che lo precede con uno spazio, come ad esempio in 24,6 %. Il termine ppm a indicare 1 parte per milione è ammesso, sconsigliati invece ppb (una parte per bilione) e ppt (una parte per trilione) in quanto dipendono dal contesto (bilione e trilione sono intesi in modo differente in europa e nei paesi anglosassoni).

Come si vede le regole di scrittura sono semplici, ma anche molto puntuali, e sono in continuità con quelle già previste in passato. Le nuove definizioni sono in vigore dal 20 maggio 2019 e sono riportate nella IX edizione della SI brochure datata 6 febbraio 2019. Gli eventuali successivi aggiornamenti possono essere seguiti sul sito del BIPM alla pagina della SI brochure²³⁷.

[237] *Brochure sur le SI : Le Système international d'unités*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2DD58oC>

5. Epilogo

Siglata per la prima volta a Parigi il 20 maggio 1875 da 17 Stati²³⁸, la **Convenzione del metro**, alla fine del 2018, secondo i dati ufficiali forniti dal **BIPM**, contava 59 *Stati Membri*²³⁹ e 42 *Stati ed economie associati*²⁴⁰,



mentre l'applicazione del **Sistema internazionale di unità (SI)** presenta, insieme a molte luci, anche qualche ombra, sia a livello internazionale, sia a livello nazionale e della applicazione nella pratica quotidiana, sia a livello della applicazione in ambiti specifici.

A livello **internazionale** un buon numero di Stati non ha adottato il SI. Tuttavia, in un contesto nel quale l'impiego delle unità SI sta oramai diventando prevalente, con gli scambi commerciali e con l'introduzione delle moderne tecnologie, questi Stati nella maggior parte dei casi le stanno già impiegando, e quindi con il passare del tempo finiranno inevitabilmente con il formalizzare la loro adozione.

A livello **nazionale**, poiché ovviamente il BIPM non ha sovranità nell'ambito dei singoli Stati, questi possono anche scegliere di mantenere contemporaneamente vecchie e nuove unità. Gli esempi principali sono quelli di Regno Unito e Stati Uniti d'America che, pur essendo Stati Membri della Convenzione del metro, non impiegano il SI in modo esclusivo. Un fatto che ha ripercussioni sulla **applicazione nella pratica quotidiana**.

[238] Argentina, Austria-Ungheria, Belgio, Brasile, Danimarca, Francia, Germania, Italia, Perù, Portogallo, Russia, Spagna, Svezia e Norvegia, Svizzera, Turchia, Stati Uniti, Venezuela.

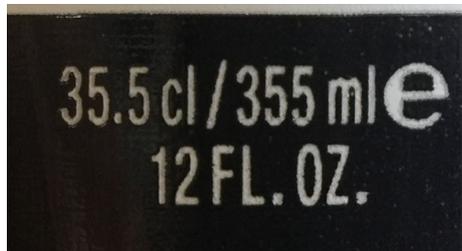
[239] Arabia Saudita, Argentina, Australia, Austria, Belgio, Brasile, Bulgaria, Canada, Cile, Cina, Colombia, Corea (Repubblica), Croazia, Danimarca, Egitto, Emirati Arabi, Finlandia, Francia, Germania, Giappone, Grecia, Ungheria, India, Indonesia, Iran, Iraq, Irlanda, Israele, Italia, Kazakistan, Kenya, Lituania, Malaysia, Messico, Montenegro, Norvegia, Nuova Zelanda, Olanda, Pakistan, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Romania, Russia (Federazione), Serbia, Singapore, Slovacchia, Slovenia, Sudafrica, Spagna, Stati Uniti, Svezia, Svizzera, Thailandia, Tunisia, Turchia, Ucraina, Uruguay.

[240] Albania, Azerbaijan, Bangladesh, Bielorussia, Bolivia, Bosnia-Erzegovina, Botswana, CARICOM (la Comunità caraibica), Costa Rica, Cuba, Ecuador, Estonia, Etiopia, Georgia, Ghana, Hong Kong (Cina), Giamaica, Kuwait, Latvia, Lussemburgo, Malta, Mauritius, Moldavia (Repubblica), Mongolia, Namibia, Macedonia del Nord, Oman, Panama, Paraguay, Perù, Filippine, Qatar, Seichelles, Siria, Sri Lanka, Sudan, Taiwan, Tanzania, Uzbekistan, Vietnam, Zambia, Zimbabwe.

Il Regno Unito, oltre che Membro della Convenzione del metro, è patria di Wilkins, che nel 1668 aveva proposto di impiegare unità con multipli e sottomultipli in base dieci²⁴¹, e di James Clerk Maxwell, che nel 1873 aveva proposto per le unità di misura della grandezze in campo elettrico il sistema c.g.s., basato anch'esso multipli e sottomultipli in base dieci²⁴². Tuttavia paradossalmente nelle scuole britanniche, accanto alle unità SI, sono insegnate le unità del **sistema imperiale britannico**, nel quale un'oncia equivale a 28,353 g e 16 once fanno una libbra (453,59 g); mentre nella misura dei liquidi 20 once (liquide) fanno una pinta (568 mL). Nel 2009 nel Regno Unito è stato rimosso l'obbligo di cessare l'uso delle unità imperiali e passare definitivamente alle unità SI. Qui a fianco il prezzo dei pomodori riportato da un fruttivendolo nel Regno Unito (anno 2013²⁴³). Ovviamente l'enfasi è posta sui 99 centesimi alla libbra, un prezzo più accattivante di 2,18 sterline al kg. Da notare che il simbolo Kg per il kilogrammo è sbagliato, in realtà dovrebbe essere kg (K è il simbolo per il kelvin, quindi Kg nel SI indica kelvin grammo o, in altro modo di esprimersi, kelvin · grammo).



Negli Stati Uniti accanto alle unità SI sono in uso le "unità consuete" (**United States Customary Units, USCS o USC**), che tra l'altro sono parzialmente differenti dalle unità imperiali britanniche. Molti prodotti riportano pesi e volumi sia in unità USC sia in unità SI. Ma, ad esempio, nelle previsioni del tempo le temperature sono espresse in gradi Fahrenheit, la velocità del vento in miglia per ora e la pressione atmosferica in millimetri di mercurio; benzina e gasolio sono misurate in galloni; i cartelli stradali riportano i limiti di velocità in miglia per ora,



indicate come MPH, anche se non sono così infrequenti cartelli stradali che accanto a queste riportano il limite di velocità anche in km/h, che però sono indicati come KPH, il che nel SI è un nonsenso²⁴⁴; come misura di superficie viene impiegato l'acro; la quantità degli ingredienti liquidi nelle ricette di cucina viene riportata in cup (1 cup = 8 fl oz). Qui accanto: l'etichetta sulla bottiglia di una nota marca di birra nordamericana, venduta in Europa, reca l'indicazione del volume sia in unità SI sia in once fluide²⁴⁵.

In Italia il Sistema internazionale di unità è l'unico ad essere applicato, in quanto ha valore legale: un fatto, questo, che non va sottovalutato. Significa, per esempio, che un atto legale, riguardante un appartamento la cui superficie è descritta nell'atto con l'espressione "80 mq", potrebbe essere invalidato, in quanto "mq" non è una misura ammessa nel SI: si deve scrivere "80 m²"²⁴⁶.

Tuttavia il lettore potrà rilevare che nella pratica quotidiana spesso il kilogrammo è rappresentato con la sigla Kg, che nel SI indica il prodotto di kelvin (sigla: K) per grammo (sigla: g); si trovano cartelli stradali che

[241] Vedi Wilkins al capitolo 2.

[242] Vedi Maxwell al capitolo 4.

[243] *Metrication in the United Kingdom*. CC BY-SA 3.0. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2ZtLC74>

[244] *Metrication in the United States*. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2UXAOQe>

[245] Paradossalmente la sigla impiegata contiene una reminiscenza dell'italiano arcaico *onza fluida*.

[246] Questa e le altre osservazioni riportate in merito alle sgrammaticature nella espressione delle grandezze e unità di misura, sia potenziali come questa, sia reali come le altre citate, sono stati ispirati dallo scritto "*Matematica delle grandezze*", di Claudio Beccari, professore ordinario del Politecnico di Torino", al quale sono debitore.

riportano le indicazioni in Km, che nel SI non sono chilometri (sigla: km), bensì indicano il prodotto di kelvin (sigla: K) per metro (sigla: m).

Al momento di chiudere questo capitolo, in un sito di un'azienda che opera nel mercato libero dell'energia, leggo che "... se in Italia il costo medio per l'energia industriale è di poco più di 0.08 euro/KWh ai quali vanno aggiunti circa 0.07 euro/KWh di tasse per un totale di 0.015 euro/KWh ...", dove di nuovo K indica i kelvin quando invece si intendevano le migliaia di Wh, da scrivere piuttosto come kWh (con il prefisso k di "chilo" che moltiplica per 1 000).

E su un sacchetto compostabile leggo "micron" invece di micrometri:

Tipologia di sacchetto "leggero" con spessore della singola parete superiore a 15 micron e inferiore a 50 micron (art. 218, comma 1, lettera dd-quater del D.Lgs. n° 152 del 3 aprile 2006, così come modificato dall'art. 9-bis del D.Lgs. n° 91 del 20 giugno 2017).

Insomma, anche se le cose in Italia vanno meglio che nel Regno Unito, ancor oggi vi sono significativi margini di miglioramento.

Infine esistono alcuni **campi specifici** e circoscritti nei quali sono ancora impiegate unità che nel SI non sono ammesse:

- in campo medico la misura della pressione arteriosa viene ancora espressa in millimetri di mercurio (simbolo: mm Hg), uguale a 133,322 Pa, e le linee guida sul trattamento dell'ipertensione in tutto il mondo riportano i valori limite di pressione arteriosa in mmHg;
- nella navigazione è impiegato ancora il miglio nautico (simbolo: nm), uguale a 1 854 m;
- sempre nella navigazione è impiegato, come unità di misura per la velocità, il nodo (simbolo kn), uguale a un miglio nautico all'ora;
- nella cristallografia a raggi x viene ancora impiegato l'angstrom (sigla: Å), uguale a 0,1 nm ovvero a 10^{-10} m;
- per fissare le quotazioni del greggio, viene correntemente impiegato il barile di petrolio, che corrisponde a 158,99 litri.
- in astronomia viene impiegato l'anno luce (simbolo: ly), uguale a 9 460 730 472 580,8 km.

Ma si tratta in ogni caso di fenomeni limitati, marginali rispetto all'obiettivo globale perseguito.

Le unità di misura sono fondamentali nella scienza e nelle applicazioni tecnologiche, negli scambi commerciali e in tutte le altre possibili applicazioni, così come nella vita professionale e nella vita quotidiana di ciascuno di noi.

E il moderno **SI**, erede del "**Système métrique**" uscito dalla rivoluzione francese e dono dell'illuminismo "**a tous les temps, a tous les peuples**", è oggi presente ovunque.

Bibliografia ragionata e siti consultati

- Carl B. Boyer. *Storia della matematica*. Arnoldo Mondadori, Milano, 1980, ISBN 88-04-33431-2. Illustra la nascita della rappresentazione dei numeri, alla base della capacità di **misurare**.
- Paolo Taroni. *Filosofie del tempo. Il concetto di tempo nella storia del pensiero occidentale*. Mimesis Edizioni, Milano-Udine, 2012, ISBN 978-88-5751-453-6. Aiuta a comprendere la svolta determinata dalla capacità della scienza di **misurare il tempo**, descritta anche nell'ebook *Il problema del tempo* (<http://bit.ly/2WU3E0j>)
- Paolo Agnoli, Giulio D'Agostini. *Why does the meter beat the second?* arXiv:physics/0412078 (<http://bit.ly/2I8lc5A>). Può sembrare strano, ma il pendolo che batte il secondo a 45° di latitudine è lungo un metro.
- Alexis-Jean-Pierre Paucton, *Metrologie ou Traite des mesures, poids et monnoies des anciens peuples & des modernes*. Paris, Veuve Desaint, 1780 (<http://bit.ly/2PU6DUa>). Opera omnicomprendiva, da integrare con i lavori che illustrano le scoperte avvenute successivamente.
- Ronald Zupko Lawrence James Chisholm. *Measurement system*. In: *Encyclopædia Britannica* (<http://bit.ly/2H6XhAB>). Ottima sintesi dall'antichità al Sistema internazionale di unità, include anche le moderne "customary units" degli USA e del Regno Unito (pollici, miglia, galloni, once, eccetera), e tabelle di conversione con le unità SI.

Unità di misura dell'antica Mesopotamia

- Jöran Friberg. *Numeri e misure nei primi documenti scritti*. Le Scienze, 1984;188;18-25 (<http://bit.ly/2uP9uUw>). Articolo divulgativo ma rigoroso, nello stile della rivista.
- Kenji Tate. *Measurement during the Mesopotamian Era* (link interrotto). Presenta gli stessi contenuti di *Ancient Mesopotamian units of measurement* (<http://bit.ly/2UxhOXE>)
- Zaide Duran, Umut Aydar. *Digital modeling of world's first known length reference unit: The Nippur cubit rod*. Journal of Cultural Heritage, 2012, 13, pp. 352-356 (<http://bit.ly/2Hc2rMZ>). Il lavoro può essere visualizzato anche su (<http://bit.ly/2DOI5YP>). Il **cubito di Nippur**, la massiccia barra di lega di rame, lunga un cubito, impiegata come unità di misura, risale al 2650 circa a.e.v. e scoperta nell'antica città di Nippur, sul fiume Eufrate.

Unità di misura dell'antico Egitto

- Ancient Egyptian units of measurement* (<http://bit.ly/2UfaQqR>). Cenni si trovano anche nell'opera di Alexis-Jean-Pierre Paucton riportata sopra.

Antiche unità di misura degli Ebrei

- The unedited full-text of the 1906 Jewish Encyclopedia* (<http://bit.ly/2Wxfe1y>), vedi anche *Biblical and Talmudic units of measurement* (<http://bit.ly/2V0v2Z3>) e i cenni che si trovano nell'opera di Alexis-Jean-Pierre Paucton riportata sopra.

Unità di misura dell'antica Grecia

- William Smith, William Wayte, G. E. Marindin. *A Dictionary of Greek and Roman Antiquities*. London, John Murray Ed., 1890;992-1008 (<http://bit.ly/2Ulr69J>), le tabelle sono riportate anche nella Perseus Digital Library (<http://bit.ly/2OVqKku>)

Misure di superficie e di lunghezza dei Greci. In: Cesare Cantu (a cura di). *Enciclopedia storica. Volume I. Schiarimenti e note alla Storia Universale.* Torino, presso gli Editori Giuseppe Pomba e C., 1838, pp. 408-412 (<http://bit.ly/2I2HvcG>)

Sito archiviato dell'EIM, Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας, Istituto Ellenico di Metrologia (<http://bit.ly/2G407a2>)

Ancient Greek units of measurement (<http://bit.ly/2IhJ7yD>)

Unità di misura dell'antica Roma

William Smith, William Wayte, G. E. Marindin. *A Dictionary of Greek and Roman Antiquities.* London, John Murray Ed., 1890, pp. 992-1008 (<http://bit.ly/2Ulr69J>), le tabelle sono riportate anche nella Perseus Digital Library (<http://bit.ly/2OVqKku>)

Delle misure di superficie e di lunghezza dei Romani. In: Cesare Cantu (a cura di). *Enciclopedia storica. Volume I. Schiarimenti e note alla Storia Universale.* Torino, presso gli Editori Giuseppe Pomba e C., 1838, pp. 402-408 (<http://bit.ly/2I2HvcG>)

L. Junius Moderatus Columella *of Husbandry in Twelve Books and his Book concerning Trees.* Printed for A. Millar, London, 1745, p. 212 (<http://bit.ly/2I3xSKN>). Riporta una tabella con le suddivisione dello iugero, l'unità di superficie agraria impiegat dai romani.

Il sistema numerico indo-arabico

Le scoperte dei matematici indiani nei primi quattro secoli e.v. rappresentano una pietra miliare nello sviluppo della matematica e forniranno secoli dopo il razionale per la decimalizzazione delle unità di misura.

The Arabic numeral system. School of Mathematics and Statistics. University of St Andrews, Scotland. MacTutor History of Mathematics archive (<http://bit.ly/2HXxBZJ>)

David Eugene Smith, Louis Charle Karpinsky. *The Hindu-Arabic numerals.* Ginn and Company, Boston and London, 1911 (<http://bit.ly/2D3TPW6>)

Baldassarre Boncompagni. *Trattati d'aritmetica. I - Algoritmi del numero indorum.* Roma, Tipografia delle Scienze Fisiche e Matematiche, 1857 (<http://bit.ly/2WjaUTH>)

A. S. Saidan. *The Earliest Extant Arabic Arithmetic Kitāb al-Fuṣūl fī al-Hisāb al-Hindī of Abū'al Ḥasan, Aḥmad ibn Ibrāhīm al-Uqlīdisī.* Isis, 1966, 57:4, pp. 475-490 (<http://bit.ly/2KjsPbg>)

Baldassarre Boncompagni. *Il Liber Abbaci di Leonardo Pisano, secondo la lezione del codice magliabechiano.* C. I, 2616, Badia Fiorentina, no. 73. Roma, Tipografia delle Scienze Matematiche e Fisiche, 1857 (<http://bit.ly/2OsACCq>)

I prodromi della svolta

Disme: the Art of Tenths, Or, Decimall Arithmetike, Teaching how to performe all Computations whatsoever, by whole Numbers without Fractions, by the foure Principles of Common Arithmetike: namely Addition, Subtraction, Multiplication, and Division. Invented by the excellent Mathematician, Simon Stevin. Published in English with some additions by Robert Norton, Gent. Imprinted at London by S. S. for Hugh Astley, 1609 (<http://bit.ly/2UB3cq9>) disponibile anche nella raccolta completa delle opere matematiche di Stevino nella BEIC, Biblioteca Europea di Informazione e Cultura. *Les oeuvres mathematiques de Simon Stevin de Bruges. Ou sont inserees les memoires mathematiques, esquelles s'est exerce le tres-haut & tres-illustre prince Maurice de Nassau, ... Le tout reveu, ... par Albert Girard ...* . - A Leyde : chez Bonaventure & Abraham Elsevier, imprimeurs ordinaires de l'Universite, 1634;206-213 (<http://bit.ly/2XKxQeK>). Con questa opera di Stevino il **sistema numerico indo-arabico** si fa finalmente strada in Europa.

Christiaan Huygens. *Horologium oscillatorium: sive, de motu pendulorum ad horologia aptato demonstrationes geometricae*. Parigi, 1673 (<http://bit.ly/2GEhgX6>). Huygens nel 1656 costruisce il primo orologio regolato da pendolo, risolvendo il problema di mantenerne costante il moto oscillatorio superando il problema degli attriti.

John Wilkins. *An Essay towards a Real Character and a Philosophical Language*. Printed for SA Gellibrand and for John Martyn, London, 1668 (<http://bit.ly/2uRqTfw>). Propone come **standard** di lunghezza la lunghezza del pendolo che batte un secondo e l'espressione delle **unità di misura con multipli e sottomultipli in base 10**.

Tito Livio Burattini. *Misura universale ovvero trattato nel qual' si mostra come in tutti li luoghi del mondo si puo trovare una misura, & un peso universale senza che habbiano relazione con niun'altra misura, e niun altro peso, & ad ogni modo in tutti li luoghi saranno li medesimi, e saranno inalterabili, e perpetui sin tanto che durera il mondo*. Vilna, nella Stamperia de Padri Francescani, 1675 (<http://bit.ly/2VsIglD>). La sua idea, la "misura universale", in greco diventa "**μέτρο καθολική**" che, letto, suona "metro katholiki", da cui "**metro** cattolico".

I "cahiers de doléances" del 1789

I "quaderni delle lamentele" riportano continui riferimenti alle unità di misura, è evidente che la situazione è totalmente fuori controllo.

P. Boissonnade. *Cahiers de doléances de la senechaussee d'Angouleme et du siege royal de Cognac pour les Etats generaux de 1789*. Paris, Imprimerie Nationale, 1907 (<http://bit.ly/2uYXlwC>)
Archives parlementaires de 1787 a 1860. Recueil complet. Premiere serie (1787 a 1799). Tome deuxieme. Paris, Librairie Administrative Paul Dupont, 1879 (<http://bit.ly/2D4rUFC>)

La svolta dal 1790 al 1799

Proposition faite a l'Assemblée nationale, sur les poids et mesures, par M. L'Eveque d'Autun. Paris, de l'Imprimerie Nationale, 1790 (<http://bit.ly/2UJALFPT>). Il primo passo è la memoria di Tayllerand, da lui mai letta ma stampata e distribuita a tutti i membri dell'Assemblea Nazionale e allegata alla seduta dell'Assemblea Nazionale del 9 marzo 1790.

Borda, Lagrange, Lavoisier, Tillet & Condorcet. *Rapport fait a l'Academie des Sciences, le 27 octobre 1790, sur le titre des metaux monnoyes & sur l'échelle de division des poids, des mesures & des monnoies*.

Borda, Lagrange, Laplace, Monge & Condorcet. *Rapport fait a l'Academie des Sciences, le 19 mars 1791, sur le choix d'une unite de mesure*.

Borda, Lagrange, Condorcet & Laplace. *Rapport fait a l'Academie des Sciences, le 11 juillet 1792, sur la nomenclature del mesures lineaires et superficielles*.

Borda, Lagrange, Condorcet & Laplace. *Rapport fait a l'Academie des Sciences, le 19 janvier 1793, sur l'unite des poids et sur la nomeclature de ses divisions*.

Queste quattro relazioni definiscono il nuovo sistema di unità di misura. Compiono tutte su *Annales de chimie ou recueil de memoires concernant la chimie et les arts qui en dependent*. Tome seizieme. Paris, Joseph De Boffe, 1793, pp. 226-282.

La normativa che si sussegue in questo periodo:

8 mai 1790. *Decret concernant l'unite des poids et mesures en France*. In: *Recueil General des Lois, Decrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusqu'au mois d'Aout 1830*. Tome premier. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, 1839, p. 98 (<http://bit.ly/2lrSqfj>). Sua Maestà Luigi XVI (deposto il 10 agosto 1792, ghigliottinato il 21 gennaio 1793) viene tra le altre cose supplicato di favorire la raccolta dei dati sulle unità di misura in vigore in tutte le parti del regno.

26 mars 1791. *Decret relatif aux moyens d'établir l'uniformité des poids et mesures*. In: *Recueil General des Lois, Decrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusqu'au mois d'Aout 1830*. Tome deuxième. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, 1839, p. 70 (<http://bit.ly/2Uzp5qN>). Viene stabilito che un quarto del meridiano terrestre sia la base della nuova unità di misura.

1 août 1793 - *Decret qui établit l'uniformité et le système général des poids et mesures*. In: *Recueil General des Lois, Decrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusqu'au mois d'Aout 1830*. Tome quatrième. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, 1839, pp. 346-349 (<http://bit.ly/2Z572Ht>). Compare una prima definizione legale delle unità di misura, compare il metro, ma il chilometro è ancora il "millaire", il grammo è ancora il "grave", il litro è ancora la "pinte".

Loi relative aux poids et mesures. Du 18 germinal, an 3.º de la République française, une et indivisible. A Paris, De l'Imprimerie de la République (<https://goo.gl/bR3Cbv>). Rimane il metro, ma la nomenclatura cambia, scompaiono millaire, grave e pinte, e compaiono chilometro, grammo e litro.

Loi relative aux poids et mesures du 1er vendémiaire an 4 de la République Française, une et indivisible (<http://bit.ly/2DdEGBL>). La riforma di pesi e misure diventa legge a tutti gli effetti.

19 frimaire an 8 (10 dicembre 1799). *Loi qui fixe définitivement la valeur du mètre et du kilogramme*. In: *Recueil General des Lois, Decrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusqu'au mois d'Aout 1830*. Tome huitième. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, 1839, p. 329 (<http://bit.ly/2GrU1zt>). Sono fissati i valori definitivi del metro e del chilogrammo (il giorno 4 del mese messidoro dell'anno 7, cioè il 23 giugno 1799, erano stati depositati agli Archivi di Stato i campioni del metro e del chilogrammo)

La battuta d'arresto

13 brumaire an 9 (4 novembre 1800). *ARRÊTÈ relatif au mode d'exécution du système décimal des poids et mesures*. In: *Recueil General des Lois, Decrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusqu'au mois d'Aout 1830*. Tome neuvième. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, 1839, pp. 13-14 (<http://bit.ly/2uZAWz4>). Invece di kilomètre si può dire e scrivere mille (miglio); invece di centimètre, doigt (dito); invece di litre, pinte (pinta); invece di gramme, denier (misura che corrisponde a 10 grani)

12 février 1812. *Decret concernant les poids et mesures*. In: *Recueil Général des Lois, Décrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusqu'au mois d'Août 1830*. Tome douzième. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, 1839, pp. 394-395 (<http://bit.ly/2LwOnTZ>). Gli strumenti di pesata e misura recano incisi le divisioni stabilite dalle leggi e quelle anticamente in uso.

Arrêtè 21 février 1816. In: *Circulaires, instructions et autres actes du Ministère de l'Intérieur or relatifs à ce département, de 1797 à 1821 inclusivement*. Tome III. 1816 à 1819 inclusivement. A Paris, de l'Imprimerie Royale, 1823, pp. 10-11 (<http://bit.ly/2H7X7sm>). L'ordinanza sopprime, nella vendita al dettaglio, le frazioni decimali delle misure e dei pesi, e impone ai commercianti l'obbligo formale di non servirsi, per la vendita, che delle misure e dei pesi usuali.

Il sistema metrico decimale e la Convenzione del metro

Loi du 4 juillet 1837 relative aux poids et mesures. In: *Collection complète des Lois, Décrets, Ordonnances, Réglements, et Avis du Conseil d'État*. Tome trente-septième. Paris, 1838, pp. 164-173 (<http://bit.ly/302vvOf>). A partire dal 1º gennaio 1840, tutti i pesi e misure diversi dai pesi e misure del **sistema metrico decimale**, sono vietate.

Tavole di ragguaglio dei pesi e delle misure in uso in Lombardia con quelle del sistema metrico decimale: d'ordine superiore approvate dal Regio governatore provinciale di Milano: corredate da spiegazioni sulla utilità del sistema medesimo e sullo scopo della loro pubblicazione: l'uso delle quali è obbligatorio a sensi del regio editto 11 settembre 1845. Milano, dalla Regia Stamperia, 1860 (<http://bit.ly/2loxMOa>).

Convention pour assurer l'unification internationale et le perfectionnement du système métrique. Il 20 maggio 1875 diciassette Stati, tra cui l'Italia, siglano a Parigi la **Convenzione del metro**.

Tavole di ragguaglio dei pesi e delle misure già in uso nelle varie province del regno col peso metrico decimale. Approvate con decreto Reale 20 maggio 1877, n. 3836. Edizione ufficiale. Roma, stamperia reale, 1877 (<http://bit.ly/2Zigvv0>)

Dal sistema metrico decimale al Sistema internazionale di unità (SI)

Le tappe che conducono dal **sistema metrico decimale** prima al **sistema M.K.S.**, successivamente al **sistema M.K.S.A.** e infine al **Sistema internazionale di unità (SI)** e la relativa bibliografia puntuale sono illustrate nel testo al capitolo 4 e nella *Cronologia dei principali eventi riportati*.

Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absoluta revocata. Gottingae, sumtibus dieterichianis, 1833;3-44. Auctore Carolo Friderico Gauss. Letto da Gauss alla Goettingen Gesellschaft der Wissenschaften il 15 dicembre 1832. Stampato nel volume 8 dei trattati delle società (<http://bit.ly/2ZoRG0w>). Gauss assume un **sistema m.m.s.** (millimetro, milligrammo, secondo) alla base del sistema di unità che impiega per lo studio del campo magnetico terrestre: "... accipiendo pro unitatibus temporis, distantiae et massae minutum secundum, millimetrum et milligramma...".

First Report of the Committee for the Selection and Nomenclature of Dynamical and Electrical Units, the Committee consisting of Sir W. Thomson, Professor G. C. Foster, Professor J. C. Maxwell, Mr. G. J. Stoney, Professor Fleeming Jenkin, Dr. Siemens, Mr. F. J. Bramwell, and Professor Everett (Reporter). In: *Report of the forty-third meeting of the British Association for the Advancement of Science*. Held at Bradford in september 1873. John Murray, London, 1874;22-115 (<http://bit.ly/2ZhJdfL>). Maxwell propone il **sistema c.g.s.** (centimetro, grammo, secondo).

Salvo D'Agostino. *Giovanni Giorgi, ingegnere elettrotecnico, nel suo tempo*. In: *Atti del XVI Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia*. A cura di P. Tucci. Centro Volta, Villa Olmo, Como, 24-25 maggio 1996 (<http://bit.ly/2VfraHR>). Il **sistema M.K.S.A.** viene denominato **sistema Giorgi** in onore del proponente, del quale viene qui tracciata la biografia scientifica.

Nota storica che tratta dello sviluppo delle versioni del SI. *Note historique*. In: *SI Brochure: The International System of Units (SI)*. (<https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure>).

Comptes rendus des seances de la ... Conference Generale des Poids et Mesures (<http://bit.ly/2ZHiOlv>). I rendiconti di ciascuna delle sedute della CGPM, a partire dalla prima del 1899, possono essere consultati e scaricati sia attraverso un motore di ricerca alla pagina *Résolutions* sia dall'elenco generale di tutte le sedute alla pagina *Comptes rendus* (fino al 1987 solo nella versione in francese).

DIRETTIVA DEL CONSIGLIO del 20 dicembre 1979 per il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle unità di misura che abroga la direttiva 71/354/CEE (80/181/CEE) (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31980L0181>)

DIRETTIVA DEL CONSIGLIO del 18 dicembre 1984 che modifica la direttiva 80/181/CEE per il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle unità di misura (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31985L0001>)

DIRETTIVA 1999/103/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 24 gennaio 2000 che modifica la direttiva 80/181/CEE sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle unità di misura (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0103>)

DIRETTIVA 2009/3/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO dell'11 marzo 2009 che modifica la direttiva 80/181/CEE del Consiglio sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri riguardo alle unità di misura (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0003>)

DIRETTIVA 2019/1258 DELLA COMMISSIONE del 23 luglio 2019 che modifica, ai fini dell'adattamento al progresso tecnico, l'allegato della direttiva 80/181/CEE del Consiglio per quanto riguarda le definizioni delle unità SI di base (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1258>)

Il Sistema Internazionale di Unità (SI) viene accettato dalla Comunità Economica Europea con la Direttiva 80/181/CEE nel 1980. Qui sopra sono riportate le modifiche note a tutto il 2023.

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 12 agosto 1982, n. 802 Attuazione della direttiva (CEE) n. 80/181 relativa alle unità di misura. GU Serie Generale n.302 del 03-11-1982 - Suppl. Ordinario (<http://bit.ly/2v69lqD>)

DECRETO 29 gennaio 2001 Attuazione della direttiva 1999/103/CE che modifica la direttiva 80/181/CEE sul riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle unità di misura. GU Serie Generale n.27 del 02-02-2001 (<http://bit.ly/2GinrzJ>)

DECRETO 29 ottobre 2009 Attuazione della direttiva 2009/3/CE del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 marzo 2009 che modifica la direttiva 80/181/CEE del Consiglio sul riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri riguardo alle unità di misura. (09A13580). GU Serie Generale n.273 del 23-11-2009 (<http://bit.ly/2VO37wy>)

DECRETO 7 aprile 2020 Attuazione della direttiva (UE) 2019/1258 della Commissione del 23 luglio 2019 che modifica, ai fini dell'adattamento al progresso tecnico, l'allegato della direttiva 80/181/CEE del Consiglio per quanto riguarda le definizioni delle unità SI di base (<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2020/05/09/20A02529/sg>)

Il Sistema Internazionale di unità (SI) diviene legale in Italia nel 1982. Le successive modifiche riportate a livello europeo sono recepite in Italia nel 2001 e nel 2009.

Le Système international d'unités (SI) (<http://bit.ly/2VSHKxE>). Il Sistema internazionale di unità illustrato sul sito del *Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)*.

VIM. Vocabulaire international de métrologie - Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (<http://bit.ly/2FZtBpr>). La versione ufficiale del **VIM**, bilingue, in inglese e francese, stampabile in formato cartaceo, può essere scaricata dal sito del BIPM.

Michelangelo Fazio. *Dizionario e manuale delle unità di misura*. Nicola Zanichelli, Bologna, 1985. Molto completo, sia storicamente sia nelle relazioni tra SI e altri sistemi (c.g.s. sistema tecnico), richiede ovviamente aggiornamento all'ultima versione del SI.

CRC Handbook of Chemistry and Physics. CRC Press, Inc., Boca Raton, Ann Arbor, Boston, 1991. Oltre 2 000 pagine di tabelle a valori numerici.

British Imperial System. In: *Encyclopædia Britannica* (<http://bit.ly/2W7e7pb>). Nel 2009 il Regno Unito ha abrogato l'abbandono delle unità imperiali, che quindi persisteranno a lungo nell'uso comune (gli scienziati impiegano già il SI). Vedi anche: *Metrication in the United Kingdom* (<http://bit.ly/2ZtLC74>)

United States customary units (<http://bit.ly/2VRWnRI>). Negli USA la "metrication" cioè il passaggio alle unità SI non è assolutamente sentito del comune cittadino, anche se gli scienziati ovviamente già operano con il SI. Per cui presumibilmente miglia, acri, galloni, gradi Fahrenheit e altre unità non-SI persisteranno a lungo nell'uso quotidiano. Vedi anche: *Metrication in the United States* (<http://bit.ly/2UXAOQe>)

Claudio Beccari. *Matematica delle grandezze*. Penetranti osservazioni sulle sgrammaticature (per chi le sappia cogliere) ancora presenti nel quotidiano riferirsi alle unità di misura SI.

Ain A. Sonin. *The Physical Basis of Dimensional Analysis*. Second Edition. MIT, Department of Mechanical Engineering, Cambridge, 2001 (<http://bit.ly/2XM3mJc>). Cenni all'analisi dimensionale si trovano anche nel dizionario e manuale di Michelangelo Fazio.

Cronologia dei principali eventi riportati

4000 a.e.v.

- con la nascita della scrittura compaiono anche le prime documentazioni storiche dell'aritmetica e delle unità di misura impiegate in Egitto e in Mesopotamia;
- la numerazione geroglifica egiziana è in base dieci;
- il cubito di Nippur, antica città mesopotamica, una barra di rame graduata, è il più antico campione di misura dell'unità di lunghezza che ci sia pervenuto;
- in Mesopotamia coesistono un sistema numerico sessagesimale e un sistema numerico decimale;
- in Mesopotamia una riforma realizzata verso il 2200 a.e.v. prevede l'impiego della unità gur-cubo reale come standard dal quale sono derivate tutte altre unità di misura, primo esempio noto di una normazione di ampio respiro delle unità di misura.

2000 a.e.v

2000 a.e.v.

- in Egitto sono introdotti simboli speciali per rappresentare i numeri da 1 a 9 e i multipli delle potenze di dieci;
- Maya, tesoriere del faraone Tutankhamon, dispone di un'asta graduata lunga un cubito, che ci è pervenuta.

1000 a.e.v.

1000 a.e.v.

- le unità di misura sono citate varie volte nella Bibbia, è riportata l'esortazione "*Abbate bilance giuste*";
- nell'antica Grecia si conserva l'uso delle principali unità di lunghezza riferite all'anatomia dell'uomo già impiegate in Egitto e in Mesopotamia: il dito, il palmo, la spanna, il piede, il cubito.

200 a.e.v.

200 a.e.v.

- i romani, in contrapposizione con la tolleranza manifestata nei confronti di lingua, usi, costumi, credenze religiose dei popoli conquistati, esigono da loro, e impongono loro, l'impiego delle unità di misura ufficiali di Roma.

400 e.v.

800

- la "pila di Carlomagno", conservata nel palazzo reale, una serie di pesi sotto forma di piccoli contenitori conici cavi impilati l'uno nell'altro, è l'ultimo tentativo di imporre unità di misura omogenee, arrestando la frammentazione delle unità di misura seguita alla caduta dell'impero romano;
- nei primi anni del secolo il matematico arabo Muḥammad ibn Mūsā al-Khwārizmī riporta le scoperte dei matematici indiani nei primi quattro secoli e.v. che prevedono la rappresentazione dello zero e il sistema numerico posizionale;
- il matematico arabo Abū'l Ḥasan Aḥmad ibn Ibrāhīm al-Uq̄līdisī⁶⁴ compone nel 953 quella che a tutt'oggi risulta essere la più antica aritmetica che ci sia pervenuta in lingua araba, nella quale illustra i nuovi metodi di calcolo basati sul sistema numerico posizionale dei matematici indiani;
- nel 1200 e.v. Adelardo di Bath traduce in latino l'opera di al-Khwārizmī, il cui originale in arabo andrà perduto;
- nel 1202 e nel 1228 e.v. Leonardo Pisano detto il Fibonacci pubblica rispettivamente la prima e la seconda edizione del "*Liber Abbaci*";
- per tutto il medioevo la disgregazione politica e sociale va di pari passo con la frammentazione delle unità di misura.

1500

1585

→ Simon Stevin pubblica "*La disme*" (cioè "*La decima*"), e fornisce con questa opera il principale contributo alla diffusione in Europa dell'aritmetica basata sul sistema numerico posizionale indo-arabico.

1668

→ John Wilkins propone che la lunghezza del pendolo che batte il secondo sia assunta come standard, e che per multipli e sottomultipli delle misure di capacità, di peso, e i tagli delle monete, i rapporti tra due unità adiacenti siano sempre di 1:10 (in ordine crescente).

1675

→ Tito Livio Burattini propone per la misura di lunghezza di adottare la lunghezza del pendolo che batte un secondo, e propone di denominarlo "metro cattolico" dal greco "μέτρο καθολική", che letto suona "méτρο katholiki" e che significa "misura universale".

1789

→ durante gli Stati Generali convocati da Luigi XVI nei "*cahiers de doléances*" viene continuamente richiamata l'esigenza di unificare pesi e misure in tutto il regno.

1790

→ alla seduta dell'Assemblea Nazionale del 9 marzo 1790 Talleyrand propone di realizzare un nuovo sistema di unità di misura basato su "... *un modello invariabile preso dalla natura affinché tutte le nazioni possano ricorrere ad esso...*" e propone alcune possibili soluzioni.

1790

→ in quattro rapporti fatti all'Accademia delle Scienze, Lagrange, Lavoisier, Laplace e altri scienziati dell'epoca definiscono le basi, la struttura e la nomenclatura del nuovo sistema di unità di misura.

1793**1793**

→ la Convenzione nazionale il giorno 1 agosto 1793 emana un "*Decreto che stabilisce l'uniformità e il sistema generale dei pesi e delle misure*" che adotta sostanzialmente le unità e le denominazioni proposte, e delega all'Accademia delle Scienze la costruzione dei campioni di misura necessari per avviare efficacemente il nuovo sistema di unità.

1795

→ Il 18 germinale dell'anno 3 (7 aprile 1795) la Convenzione nazionale emana una "*Legge relativa ai pesi e misure*" che prevede, tra le altre, come nuove unità di misura il metro (e il suo multiplo chilometro), il grammo (e il suo multiplo chilogrammo), il litro come unità di volume e il franco come unità monetaria. Il giorno 1 vendemmiaio anno 4 (23 settembre 1795), con il "*Decreto relativo ai pesi e misure*", la riforma diventa legge a tutti gli effetti.

1799

→ i campioni definitivi del metro e del chilogrammo sono depositati il 4 messidoro anno 7 (22 giugno 1799) agli Archivi della Repubblica a Parigi. Il giorno 19 frimaio anno 8 (10 dicembre 1799), viene emanata la "*Legge che fissa definitivamente il valore del metro e del chilogrammo*". Nasce il **sistema metrico**.

1800

→ il 13 brumaio anno 9 (4 novembre 1800) nella "*Ordinanza relativa al modo di esecuzione del sistema decimale dei pesi e delle misure*" viene permesso di mantenere, accanto alle nuove, le vecchie unità.

1812

→ la legge del 12 febbraio 1812 prevede, con un ritorno al passato, di predisporre strumenti di pesata e misura che riportino "... sulle loro diverse facce il confronto delle divisioni stabilite dalle leggi, con quelle anticamente in uso".

1816

→ l'ordinanza del 23 febbraio 1816 prevede di "... sopprimere, nella vendita al dettaglio, le frazioni decimali delle misure e dei pesi, e ... imporre ai commercianti l'obbligo formale di non servirsi, per la vendita, che delle misure e dei pesi usuali" cioè delle antiche misure (pied, pouces, aune, livre des poids de marc, eccetera).

1832

→ Gauss propone un sistema coerente di unità per le scienze fisiche, formato aggiungendo alle unità del sistema metrico (metro e kilogrammo) l'unità di tempo (il secondo).

1837

→ dopo l'involuzione dei decenni precedenti, nella legge del 4 luglio 1837 "*Legge relativa ai pesi e misure*" all'articolo 3 il governo francese prevede sanzioni penali per chi non applicherà il nuovo sistema di unità di misura a partire dal 1° gennaio 1840.

1840

→ a partire dal 1° gennaio 1840 il **sistema metrico decimale** è ufficialmente il solo sistema nel quale possono essere espresse le misure in Francia.

1873

→ James Clerk Maxwell propone, per la descrizione dei fenomeni elettromagnetici e delle loro applicazioni, l'impiego del **sistema c.g.s.** basato su centimetro, grammo e secondo.

1875

→ il 20 maggio diciassette Stati, tra cui l'Italia, siglano a Parigi la Convenzione del metro. Viene fondato il BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) e sono stabiliti il CIPM (*Comite International des Poids et Mesures*), e la CGPM (*Conference Generale des Poids et Mesures*).

1889

→ la 1ª CGPM ratifica i nuovi prototipi internazionali del metro e del kilogrammo adottati dal CIPM, costruiti in una lega inalterabile di platino-iridio. L'unità di misura del tempo è il secondo fornito dagli astronomi, definito come 1/86 400 del giorno solare. Da metro, kilogrammo e secondo nasce il **sistema M.K.S.**

1901

→ il fisico italiano Giovanni Giorgi propone di estendere il sistema M.K.S. aggiungendo una unità di misura elettrica, l'ohm o l'ampere.

1919

→ In Francia la legge del 2 aprile 1919 introduce, per le misure della meccanica industriale, il **sistema M.T.S.** (metro, tonnellata, secondo).

1935

→ la IEC (International Electrotechnical Commission) ribadisce l'esigenza di adottare il sistema globale di quattro unità fisiche fondamentali (M.K.S. più una unità elettrica) proposto da Giovanni Giorgi.

1948

→ nella 9ª CGPM viene aggiunta al sistema M.K.S. una quarta unità fondamentale, l'ampere. Nasce così

ufficialmente il **sistema MKSA**, denominato anche **sistema Giorgi**, in onore del proponente.

1954

→ la 10ª CGPM decide di adottare un sistema pratico di unità di misura per le relazioni internazionali basato su sei unità di base: lunghezza (metro), massa (kilogrammo), tempo (secondo), intensità di corrente elettrica (ampere), temperatura termodinamica (grado kelvin), intensità luminosa (candela).

1960

→ con la 11ª CGPM il sistema pratico di unità di misura approvata dalla CGPM del 1954 diventa il **Sistema internazionale di unità**, con abbreviazione internazionale **SI**;

→ cambia la definizione del metro che viene collegata alla lunghezza d'onda nel vuoto di una radiazione elettromagnetica, la precedente definizione basata sul prototipo di platino-iridio è abrogata.

1964

→ la 12ª CGPM abroga la precedente definizione di litro e precisa che il termine "litro" è semplicemente un nome speciale del decimetro cubo.

1967-1968

→ la 13ª CGPM (a cavallo tra il 1967 e il 1968) approva la **nuova definizione del secondo**, ora uguale alla durata di un numero dato di periodi di una radiazione elettromagnetica;

→ l'unità di temperatura termodinamica, prima denominata grado kelvin, è ora denominata kelvin con simbolo K. Un intervallo di temperatura può essere espresso anche in gradi Celsius, identici, come ampiezza, ai kelvin, con simbolo °C.

1971

→ nella 14ª CGPM al SI **viene aggiunta la mole come settima grandezza fondamentale**.

1979

→ la 16ª CGPM approva la **nuova definizione della candela**, l'unità di misura dell'intensità luminosa.

1980

→ il Sistema Internazionale di Unità (SI) viene accettato dalla Comunità Economica Europea (CEE). La direttiva del 1980 viene parzialmente modificata a livello europeo una prima volta nel 1999 e una seconda volta nel 2009.

1982

→ il Sistema Internazionale di unità (SI) diviene legale in Italia. Le successive modifiche riportate a livello europeo sono recepite in Italia nel 2001 e nel 2009.

1983

→ la 17ª CGPM approva la **nuova definizione del metro**, ora uguale alla lunghezza del tragitto percorso dalla luce nel vuoto in una frazione specificata del secondo.

2018

→ nella 26ª CGPM il 16 novembre 2018 gli stati membri approvano una revisione del Sistema internazionale di unità che introduce la **nuova definizione del kilogrammo, dell'ampere, del kelvin e della mole**, in modo tale che tutte le unità SI siano espresse in termini di costanti che descrivono il mondo naturale. La nuova versione del Sistema internazionale di unità (SI) è in vigore dal 20 maggio 2019.

APPENDICI

A1. Eterogeneità delle unità di misura impiegate in Francia nel 1790²⁴⁷

Il **pied** (piede) era diviso in 12 **pouces** (pollici), il pollice in 12 **lignes** (linee), la linea in 12 **points** (punti). Pertanto il piede avrebbe dovuto essere uguale per definizione a 144 lignes. L'**aune** era impiegata per misurare le stoffe, quella di Parigi era teoricamente **3 pieds e 8 pouces** quindi **528 lignes**.

(I) Tableau des principales différences des Poids & Mesures usités en France.

Longueur de quelques pieds de France.		Suite des Mesures pour les Aunages.	
	ligne. cente.		
Besançon, le pied est de	137 10	Came.	Toulon. 859 60
Dijon.	139 20		Montpellier. 891 60
Dôle.	150 30		Provence. 888 90
Grenoble.	151 20		Toulouse. 807 "
Lorraine.	127 "		Troyes. 351 70
Lyon.	151 50	<hr/>	
Mâcon.	148 20	Mesures rondes pour les choses sèches.	
Paris.	144 "	Aunes. Richets.	Lyon. Pouces cubes 9670
Rouen.	120 "		Mâcon. 12893
Sedan.	123 "		Châlons-sur-Saône. 9283
Strasbourg. { Pied de ville. 128 27			Verdun. 9670
{ Pied de campagne. 130 90			Amboise. 552
Vienne en Dauphiné. 143 "			Aurai. 1934
			Blois. 387
			Bordeaux. 3868
			Bourbon-Lancy. 573
			La Charité. 967
		Charolles. 1221	
		Châteauneuf-sous-Loire. 1105	
		Cosne. 314	
		Dieppe. 5157	
		Havre-de-Grace. 1743	
		Honfleur. 1976	
		Montreuil. 430	
		Morlaix. 2670	
		Nevers. 967	
		Paris. 644½	
		Périgueux. 1547	
		Roanne. 967	
		La Rochelle. 1658	
		Rouen. 128	
		Tours. 542	
		Villeneuve d'Agénois. 4100	
		Briare. 703	
		Cahors. 1469	

Mesures pour les Aunages.	
Abbeville, l'aune est de	524
Arras.	309 40
Bayonne.	391 80
Bordeaux.	528 "
Bretagne.	597 20
Caen.	524 "
Cambrai.	317 60
Dunkerque.	299 80
Lille.	305 60
Lyon.	520 50
Paris. { Pour les Soieries. 527 50	
{ Pour les Lainages. 526 40	
{ Pour les Toileries. 524 "	
Morlaix.	597 20
Nantes.	526 "
Rouen. { Pour les Lainages. 516 "	
{ Pour les Toileries. 519 20	
Saint-Malo.	537 20

[247] Proposition faite a l'Assemblée nationale, sur les poids et mesures, par M. L'Evêque d'Autun. Paris, de l'Imprimerie Nationale, 1790. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2UALFPT>

Le **mesures rondes**, letteralmente "misura rotonda", erano impiegate per misurare cereali, legumi, frutta secca, farina, sale, carbone, avevano, come si può vedere, i nomi più diversi, ed erano estremamente eterogenee in termini di volume.

<i>Suite des Mesures rondes pour les choses sèches.</i>		<i>Suite des Mesures rondes pour les choses sèches.</i>			
Carte.	Gien.	806	Abbeville. Pouces cubes	7736	
	Nancy.	2415		Mesure de ville.	5879
	Sully.	806		Alby {	Mesure de campagne. 10056
Charge.	Marseille.	7968	Amiens.	1656	
	Tarascon.	2882	Arles.	3000	
	Toulon.	23206	Beaucaire.	3062	
Emine.	Anxonne.	20629	Boulogne.	8703	
	Montpellier.	1289	Calais.	8380	
	Toulon.	5157	Carcassonne.	4200	
Mine.	Beaugency.	2443	Castres.	5802	
	Gergeau.	2210	Corbie.	2110	
	Rouen.	4510	Lavaur.	7000	
Muid.	Orléans.	19340	Montauban.	10830	
	Paris.	92831	Montpellier.	2579	
	Rouen.	108237	Nantes.	7229	
Rasière.	Aire.	5074	Narbonne.	3075	
	Bergue-Saint-Vinox.	7140	Paris.	7736	
	Dunkerque {	Mes. d'eau. 8166	Rouen.	9020	
	Mes. de terre. 7258	Saumur.	7736		
	Gravelines.	6681	Strasbourg. {	Mesure de ville. 924	
	Lille.	3584		Mes. de camp. 953	
	Saint-Omer.	6532	Tarragone.	2846	
	Agen.	4409	Toulouse.	5653	
	Aiguillon.	3585	Beauvais.	97989	
	Bayonne.	4140	Brest.	69624	
	Beaumont.	3868	Hennebon.	92832	
	Castel-Sarrasin.	5183	Lannion.	77360	
	Condom.	3585	Nantes.	12203	
	Fronsac.	5157	Noirmoutier.	73492	
	Gimons.	7349	Port-Louis.	94766	
	Grisolles.	4951	Quimpercorientin.	73492	
	Libourne.	4199	Quimperlé.	94766	
	Mas d'Agénois.	4023	Redon.	74781	
	Moissac.	4899	Rennes.	72203	
	Montauban.	4835	La Rochelle.	69624	
	Nérac.	4409	Saint-Brieux.	77369	
	La Réolle.	4898			
	Tallemont.	4642			
	Tournon.	3713			

Anche le misure di volume per i liquidi erano estremamente eterogenee.

Il **Poids de marc** è il sistema di unità di peso impiegate in Francia prima del passaggio al sistema metrico decimale. Qui Talleyrand riporta per varie città della Francia il valore della **livre des poids de marc**, il cui valore teorico era 9216 **grains** (grani).

<i>Mesure pour les liquides.</i>		<i>Poids de Marc.</i>	
		Aix.	grains 7691
		Bayonne.	9216
		Bè s-Leduc	8772
		Bordeaux.	9247
Barrique.	Bordeaux. Pouces cubes.	12000	
	Cognac.	8786	
	Isle de Rhé.	10950	
	La Rochelle.	8786	
	Rouen.	9855	
		Calais. { poids fort.	9593
		{ poids foible.	7925
		Corse.	6479
		Dieppe.	9300
		Dunkerque.	8211
		Lyon. { poids de ville.	7992
		{ poids de soie.	8646
		Marseille.	7758
		Montpellier.	7658
		Paris.	9216
		Rouen. { poids de M.	9212
		{ poids de V.	9769
		{ poids fort.	9212
		Strasbourg. { poids foible.	8870
		Toulon.	8074
		Toulouse.	7824
Baril.	Montpellier. { Pour le vin..	1277	
	{ Pour l'huile	1880	
	Blois.	5107	
	Champagne.	4540	
	Mâcon.	5107	
Quartaut.	Montpellier.	470	
	Nuits.	5107	
	Blois.	20428	
	Bourgogne.	20736	
Queue.	Champagne.	18161	
	Dijon.	20428	
	Blois.	20428	
Velle.	Bayonne.	465	
	Bordeaux.	375	
	Cognac.	325	
Pot.	Bordeaux.	109	
	Dunkerque.	114	
	Lyon.	47 $\frac{3}{4}$	
	Marseille.	50	
	Montpellier. { vin.	53	
{ huile.	59		

Ce Tableau n'est qu'un extrait fort abrégé des principales différences entre les poids & mesures du Royaume indiquées dans l'Encyclopédie par ordre de matières, dans Giraudeau, Paucton, &c.

1^{er} AOUT 1793.

347

sur les opérations qui ont été faites par l'académie des sciences, d'après le décret du 8 mai 1790,—Déclare qu'elle est satisfaite du travail qui a déjà été exécuté par l'académie, sur le système des poids et mesures; qu'elle en adopte les résultats pour établir ce système dans toute la république, sous la nomenclature du tableau annexé au présent décret, et pour l'offrir à toutes les nations. — En conséquence, la convention nationale décrète ce qui suit :

Art. 1^{er}. Le nouveau système des poids et mesures, fondé sur la mesure du méridien de la terre et la division décimale, servira uniformément dans toute la république.

2. Néanmoins, pour laisser à tous les citoyens le temps de prendre connaissance de ces nouvelles mesures, les dispositions de l'article précédent ne seront obligatoires qu'au 1^{er} juillet 1794; les citoyens sont seulement invités à en faire usage avant cette époque.

3. Il sera fait, par des artistes au choix de l'académie des sciences, des

l'uniformité des poids et mesures; celui du 1^{er} brumaire an 2 (22 octobre 1793), qui ordonne la fabrication d'étalons prototypes des poids et mesures pour toute la France; celui du 28 frimaire—5 nivose même année (18—25 décembre 1793), qui détermine la division des poids au dessus du grave; la loi du 18 germinal an 3 (7 avril 1795), qui remplace la commission créée par le décret du 11 septembre 1793, par une agence temporaire chargée de continuer et de mettre à fin les travaux pour l'établissement du système des poids et mesures, détermine les fonctions de cette agence, les noms des nouveaux poids et mesures, le mode de leur fabrication, les rapports entre les nouvelles mesures et les anciennes, ordonne la fabrication d'un étalon prototype des poids et mesures, et proroge l'époque fixée par le décret du 1^{er} août 1793 pour l'usage obligé des nouvelles mesures; l'art. 371 de la constitution du 5 fructidor an 3 (22 août 1795), qui confirme l'uniformité des poids et mesures dans toute la France; la loi du 1^{er} vendémiaire an 4 (23 septembre 1795), concernant la substitution graduelle des nouveaux poids et mesures aux anciens; l'arrêté du 3 nivose an 6 (23 décembre 1797), concernant l'achèvement des travaux sur les poids et mesures; la proclamation du 19 germinal an 7 (8 avril 1799), adressée par le directoire exécutif aux citoyens du département de la Seine pour l'exécution des lois sur les poids et mesures; la loi du 19 frimaire an 8 (10 décembre 1799), portant fixation définitive de la valeur du mètre et du kilogramme; l'arrêté du 7 floréal an 8 (27 avril 1800), relatif à la forme des poids; celui du 13 brumaire an 9 (4 novembre 1800), qui détermine le mode d'exécution du système décimal des poids et mesures; et le décret du 12 février 1812, qui maintient les poids et mesures tels qu'ils sont fixés par la loi du 19 frimaire an 8, et qui ordonne l'enseignement du système décimal dans les écoles, ainsi que son observance dans les administrations publiques et dans toutes les transactions privées.

Voyez aussi l'arrêté du 27 brumaire an 7 (17 novembre 1798), portant établissement de bureaux de pesage, mesurage et jaugeage publics; celui du 7 brumaire an 9 (29 octobre 1800), et la loi du 29 floréal an 10 (19 mai 1802), sur le même objet; l'arrêté du 6 prairial an 11 (26 mai 1803), qui établit de semblables bureaux à Paris; celui du 2 nivose an 12 (24 décembre 1803), pour l'établissement provisoire de bureaux de pesage et mesurage dans les communes; le décret du 2 février 1808, concernant le compte à rendre du dixième des droits perçus par ces bureaux; celui du 16 juin suivant, qui fixe définitivement le montant de ces droits à Paris; celui du 3 août 1810, relatif à la disposition du fonds commun formé des produits du dixième de ces droits; celui du 26 septembre 1811, qui détermine le mode de leur perception et de leur recouvrement; l'ordonnance du 28 janvier—25 février 1815, art. 31, qui supprime le dixième de ces droits, à partir du 1^{er} janvier 1815; et enfin toutes les lois de finances qui maintiennent la perception des droits de pesage, mesurage et jaugeage.

Voyez en outre l'arrêté du 29 prairial an 9 (18 juin 1801), concernant la vérification des poids et mesures; l'ordonnance du 18—28 décembre 1825, relative à leur surveillance, à l'inspection sur leur uniformité, etc., etc.; celle du 7 juin—1^{er} juillet 1826, concernant le mode de la vérification périodique des poids et mesures; et celle du 3 novembre—1^{er} décembre 1827, qui établit une caisse de retraite en faveur des employés à cette vérification.

Voyez enfin, sur la répression de l'usage ou de la possession de faux poids et mesures, l'art. 22 du tit. 1^{er} de la loi du 19—22 juillet 1791, sur la police municipale; l'art. 46 de la section II, tit. II, 2^e partie du Cod. pén. du 25 septembre—6 octobre 1791; l'art. 5 du décret du 27 septembre 1793; l'art. 605, n^o 6, du Code du 3 brumaire an 4 (25 octobre 1795); les art. 423 et 479, n^o 5, du Cod. pén. de 1810, et l'art. 100, n^o 6, de la loi modificative du 28 avril—1^{er} mai 1832.

étalons des nouveaux poids et mesures, qui seront envoyés à toutes les administrations de département et de district.

4. L'académie des sciences nommera quatre commissaires pris dans son sein, et le comité d'instruction publique en nommera deux, pour surveiller la construction des étalons; ils en constateront l'exactitude, et signeront les instructions destinées à accompagner les envois qui seront faits par le ministre de l'intérieur.

5. L'académie des sciences enverra au comité d'instruction publique un devis estimatif des frais qu'exigera la construction des étalons, pour que la convention en puisse décréter les fonds nécessaires.

6. Ces étalons seront conservés avec le plus grand soin dans un lieu destiné à cet objet, dont la clef restera entre les mains d'un des commissaires de chaque corps administratif.

7. Afin d'empêcher la dégradation des étalons, les corps administratifs nommeront, dans chaque chef-lieu de département ou de district, une personne éclairée pour assister à la communication que les artistes prendront de ces étalons, dans la vue de construire des instrumens de mesure et de poids à l'usage des citoyens.

8. Dès que les nouveaux étalons seront parvenus aux administrations de district, toutes les municipalités de chaque district seront tenues de faire construire des instrumens de mesure et de poids, qui resteront déposés à la maison commune.

9. Le recueil des différens mémoires rédigés jusqu'à présent par les commissaires de l'académie, qui comprend les détails des opérations faites pour parvenir au nouveau système des poids et mesures, sera imprimé et accompagnera l'envoi des étalons.

10. La convention charge l'académie de la composition d'un livre à l'usage de tous les citoyens, contenant des instructions simples sur la manière de se servir des nouveaux poids et mesures, et sur la pratique des opérations arithmétiques relatives à la division décimale.

11. Des instructions sur les nouvelles mesures et leurs rapports aux anciennes les plus généralement répandues, entreront dans les livres élémentaires d'arithmétique qui seront composés pour les écoles nationales.

TABEAU DU NOUVEAU SYSTÈME DES POIDS ET MESURES, ET DE LEURS DÉNOMINATIONS.

		MESURES LINÉAIRES.	Valeurs en toises et pieds de Paris.		
			Toises.		
Unité prise dans la nature.	}	1000000 Quart du méridien.....	51	32	430
		1000000	51	32	43
		100000 Grade ou degré décimal du méridien....	51	32	4
		10000	51	32	
		1000 Millaire.....	51	3	
		100			
			Pieds. Pouc. Lig.		
		10	30	11	4
		10	30	9	6,4
Unité linéaire. Dix-millionième partie du quart du méridien.	}	1 Mètre.....	3	»	11,44
		1/10 Décimètre	»	3	8,344
		1/100 Centimètre.....	»	»	4,434
		1/1000 Millimètre.....	»	»	0,443

Nota Les besoins de la société n'exigeant point nécessairement des noms particuliers pour

tous les multiples décimaux du mètre, on s'est abstenu de leur en donner. Ainsi, au dessus du mètre, on compte sans aucune nouvelle dénomination jusqu'à mille mètres, que l'on prend, sous le nom de millaire, pour l'unité des grandes distances ou des mesures itinéraires.

MESURES DE SUPERFICIE.

		Valeurs rapportées au mètre.	Valeurs en pieds carrés.
		Mètres carrés.	Pieds carrés.
Unité des mesures de superficies a- graires. } Carré dont le côté est de 100 mètres.	1 Are.....	10000	9483,1
	Rectangle dont un des côtés est de 100 mètres et l'autre de 10 mètres. } Carré dont le côté est de 10 mètres. }	1/10 Déciare.....	1000
	1/100 Centiare.....	100	948,31

Nota. L'are ayant pour côté 100 mètres ou 307 pieds 11 pouces 4 lignes, contient 9483,1 pieds carrés. Le grand arpent, qui est de 100 perches carrées, chaque perche étant de 22 pieds, contient 48400 pieds carrés; d'où l'on trouve que l'are est à l'arpent, à très peu près, dans le rapport de 49 à 25.

MESURES DE CAPACITÉ.

		Valeurs en pintes de Paris.	Valeurs en boisseaux.
		Pintes.	Boisseaux.
Mètre cubique.....	1000 Cade.....	105 1/3	78,9
	100 Décicade.....	105 1/7	7,89
	10 Centicade.....	10 1/2	0,789
Unité des mesures de capacité. } Décimètre cubique. }	1 Pinte.....	1 1/20	0,0789

POIDS.

		Valeurs en livres poids de marc.			
		Livres.			
Poids du mètre cu- bique d'eau. }	1000 Bar ou millier.....	2044,4			
	100 Décibar.....	204,44			
	10 Centibar.....	20,444			
Unité de poids. Poids du décimètre cubique d'eau. }	1 Grave.....	Livres.	Onces.	Gros.	Grains.
	1/10 Décigrave.....	»	»	5	49
Poids du centimètre cubique d'eau. }	1/100 Centigrave.....	»	3	2	12,1
	1/1000 Gravet.....	»	»	2	44,41
	1/10000 Décigravet.....	»	»	»	18,841
	1/100000 Centigravet.....	»	»	»	1,8841

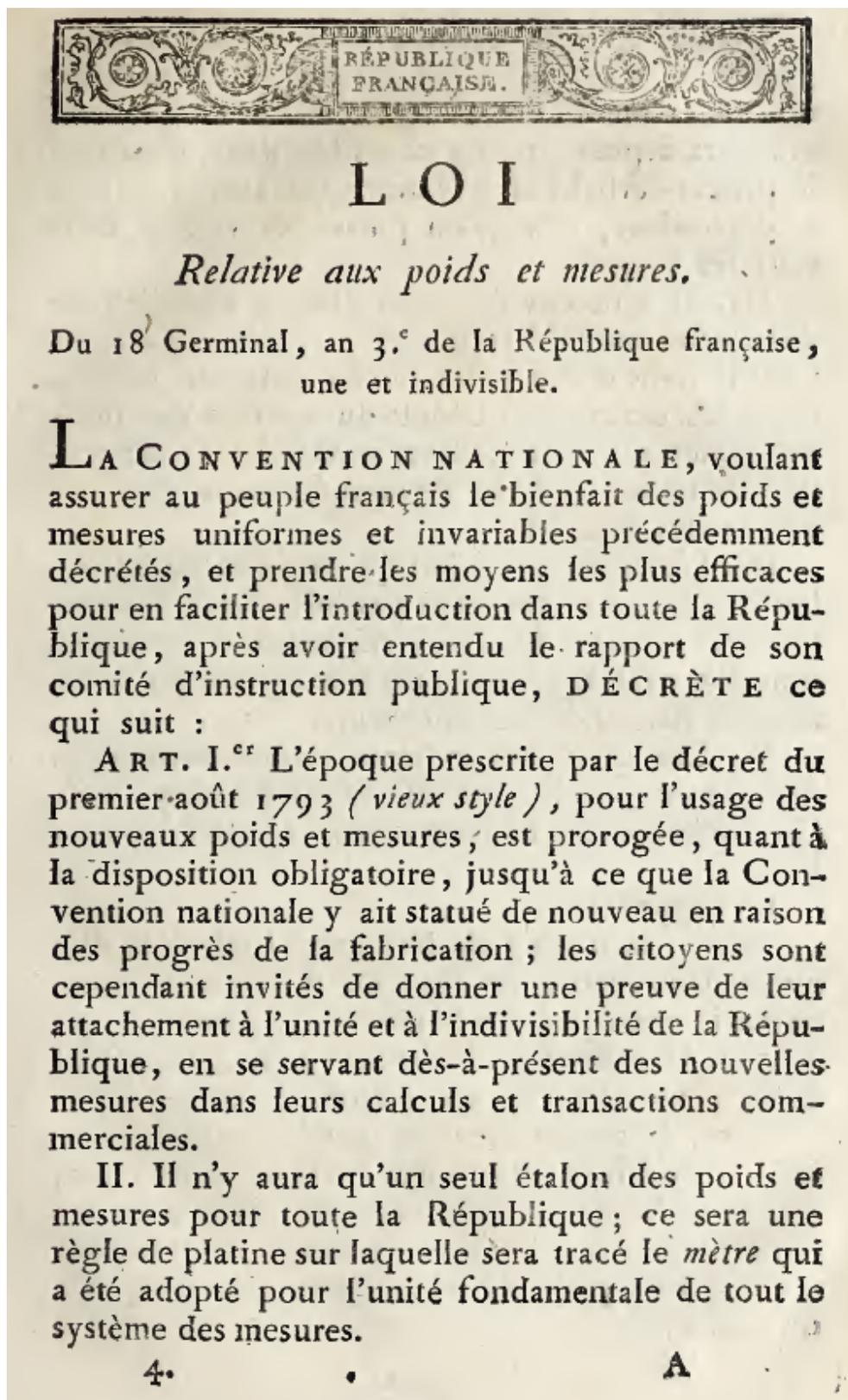
UNITÉ MONÉTAIRE.

		Valeurs en poids de marc.
		Grains.
Pièce d'argent qui pèse la centième par- tie du grave. }	1 Franc d'argent.....	188,41

Nota. L'écu de six livres pèse, en prenant un terme moyen, 553 grains 1/100, poids de marc; la nouvelle unité monétaire supposée au même titre, et d'après la valeur légale actuelle, vaut 40 sous 10 deniers 3/5.

A3. Legge relativa ai pesi e misure del 18 germinale anno 3 (7 aprile 1795)

Sono riportate le prime quattro pagine, che contengono la nomenclatura della nuove unità di misura.



Cet étalon sera exécuté avec la plus grande précision, d'après les expériences et les observations des commissaires chargés de sa détermination, et il sera déposé près du corps législatif, ainsi que le procès-verbal des opérations qui auront servi à le déterminer, afin qu'on puisse les vérifier dans tous les temps.

III. Il sera envoyé dans chaque chef-lieu de district un modèle conforme à l'étalon prototype dont il vient d'être parlé, et en outre un modèle de poids exactement déduit du système des nouvelles mesures. Ces modèles serviront à la fabrication de toutes les sortes de mesures employées aux usages des citoyens.

IV. L'extrême précision qui sera donnée à l'étalon en platine ne pouvant pas influencer sur l'exactitude des mesures usuelles, ces mesures continueront d'être fabriquées d'après la longueur du mètre adoptée par les décrets antérieurs.

V. Les nouvelles mesures seront distinguées dorénavant par le surnom de *républicaines*; leur nomenclature est définitivement adoptée comme il suit :

On appellera.

Mètre, la mesure de longueur égale à la dix-millionième partie de l'arc du méridien terrestre compris entre le pôle boréal et l'équateur;

Are, la mesure de superficie pour les terrains, égale à un carré de dix mètres de côté;

Stère, la mesure destinée particulièrement aux bois de chauffage, et qui sera égale au mètre cube;

Litre, la mesure de capacité, tant pour les liquides que pour les matières sèches, dont la contenance sera celle du cube de la dixième partie du mètre;

Gramme, le poids absolu d'un volume d'eau pure égal au cube de la centième partie du mètre, et à la température de la glace fondante.

Enfin, l'unité des monnaies prendra le nom de *franc*, pour remplacer celui de *livre usité* jusqu'aujourd'hui.

VI. La dixième partie du mètre se nommera *décimètre*; et sa centième partie, *centimètre*.

On appellera *décamètre* une mesure égale à dix mètres; ce qui fournit une mesure très-commode pour l'arpentage.

Hectomètre signifiera la longueur de cent mètres.

Enfin, *kilomètre* et *myriamètre* seront des longueurs de mille et de dix mille mètres, et désigneront principalement les distances itinéraires.

VII. Les dénominations des mesures des autres genres seront déterminées d'après les mêmes principes que celles de l'article précédent.

Ainsi, *décilitre* sera une mesure de capacité dix fois plus petite que le litre; *centigramme* sera la centième partie du poids d'un gramme.

On dira de même *décalitre* pour désigner une mesure contenant dix litres, *hectolitre* pour une mesure égale à cent litres; un *kilogramme* sera un poids de mille grammes.

On composera d'une manière analogue les noms de toutes les autres mesures.

Cependant, lorsqu'on voudra exprimer les dixièmes ou les centièmes du franc, unité des monnaies, on se servira des mots *décime* et *centime* déjà reçus en vertu de décrets antérieurs.

VIII. Dans les poids et les mesures de capacité, chacune des mesures décimales de ces deux genres aura son double et sa moitié, afin de donner à la vente des divers objets toute la commodité que

l'on peut desirer : il y aura donc le *double litre* et le *demi-litre* , le *double hectogramme* et le *demi-hectogramme* , et ainsi des autres.

IX. Pour rendre le remplacement des anciennes mesures plus facile et moins dispendieux , il sera exécuté par parties et à différentes époques. Ces époques seront décrétées par la Convention nationale , aussitôt que les mesures républicaines se trouveront fabriquées en quantités suffisantes , et que tout ce qui tient à l'exécution de ces changemens aura été disposé. Le nouveau système sera d'abord introduit dans les assignats et monnaies , ensuite dans les mesures linéaires ou de longueur , et progressivement étendu à toutes les autres.

X. Les opérations relatives à la détermination de l'unité des mesures de longueur et de poids , déduites de la grandeur de la terre , commencées par l'académie des sciences , et suivies par la commission temporaire des mesures , en conséquence des décrets des 8 mai 1790 et 1.^{er} août 1793 (*vieux style*) , seront continuées jusqu'à leur entier achèvement par des commissaires particuliers , choisis principalement parmi les savans qui y ont concouru jusqu'à présent , et dont la liste sera arrêtée par le comité d'instruction publique. Au moyen de ces dispositions , l'administration dite *commission temporaire des poids et mesures* est supprimée.

XI. Il sera formé en remplacement une agence temporaire , composée de trois membres , et qui sera chargée , sous l'autorité de la commission d'instruction publique , de tout ce qui concerne le renouvellement des poids et mesures , sauf les opérations confiées aux commissaires particuliers dont il est parlé dans l'article précédent.

Les membres de cette agence seront nommés

CIRCONDARIO D'ASTI

COMUNI	MISURE LOCALI		MISURE METRICHE	
	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE METRICHE	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE LOCALI
MISURE DI LUNGHEZZA <i>anteriamente al 1818</i>				
	Trabucco	Metri 3,082596	Metro	Trabucchi 0,324402
	Piede liprando	0,513766	Id.	Piedi liprandi 1,946411
	Piede manuale	0,342511	Id.	Piedi manuali 2,919614
	Piede legale	0,292564	Id.	Piedi legali 3,418088
	Raso	0,599394	Id.	Sassi 1,668352
	Tesa	1,712553	Id.	Tese 0,583923
TUTTI I COMUNI DEL CIRCONDARIO.....				<i>posteriormente al 1818</i>
	Trabucco	Metri 3,086420	Metro	Trabucchi 0,324000
	Piede liprando	0,514403	Id.	Piedi 1,944000
	Piede manuale	0,342935	Id.	2,916000
	Piede legale	0,292924	Id.	3,413856
	Raso	0,600137	Id.	Sassi 1,666286
	Tesa	1,714678	Id.	Tese 0,583200
CERRETO D'ASTI.....	Trabucco.....	3,125716	Id.	Trabucchi 0,319927
CASTELNUOVO CALCEA. CISTERNA.....	Trabucco.....	3,000700	Id.	0,333256
MORANSENGO.....	Trabucco.....	3,215020	Id.	0,311040
ROCCA D'ARAZZO, ROCCHETTA TANARO, BEL-VEGLIO.....	Trabucco.....	3,026000	Id.	0,330469
TIGLIOLE.....	Trabucco.....	2,996800	Id.	0,333689
FRINCO.....	Trabucco.....	2,993421	Id.	0,334066
<p>Il Piedo liprando si divide in 12 Once, l'Oncia in 12 Punti, il Punto in 12 Atomi. Sei Piedi formano il Trabucco. 800 Trabucchi formano il Miglio misura itineraria. Il Piedo manuale si divide in 8 Once, l'Oncia come sopra. 5 Piedi manuali ossia 40 Once formano la Tesa. Il Piedo legale corrisponde ad Once 6 punti 10 del Piedo liprando. Il Raso, misura mercantile, si divide in metà, terzi, quarti, sestì, ottavi, sedicesimi. Il Trabucco, base delle Misure agrario si divide in 6 Piedi, il Piedo in 12 Once, l'Oncia in 12 Punti, il Punto in 12 Atomi.</p>				
MISURE DI SUPERFICIE <i>anteriamente al 1818</i>				
	Trabucco quadrato	Metri quadr. 9,502400	Metro quadr.	Trabuc. quadr. 0,105237
	Piede quadrato	0,263956	Id.	Piedi quadrati 3,788517
	Giornata.....	Are 38,009599	Ellara	Giornate 2,630914
	Tavola.....	Metri quadr. 38,009599	Ara	Tavole 2,630914
TUTTI I COMUNI DEL CIRCONDARIO.....				

COMUNI	MISURE LOCALI		MISURE METRICHE	
	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE METRICHE	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE LOCALI
<i>posteriormente al 1818</i>				
TUTTI I COMUNI DEL CIRCONDARIO	Trabucco quadrato	Metri quadr. 9,525987	Metro quadr.	Trabuc. quadr. 0,104976
	Piede quadrato	0,264614	Id.	Piedi quadrati 3,779136
	Giornata	38,103948	Eltara	Giornate 2,624400
	Tavola	Centiare 38,103948	Ara	Tavole 2,624400
CERRETO D'ASTI	Trabucco quadrato	Metri quadr. 9,770101	Metro quadr.	Trabuc. quadr. 0,102353
	Tavola	Ara 0,390804	Ara	Tavole 2,558827
CASTELNUOVO CALCEA, CISTERNA	Moggia	34,576130	Id.	Moggia 0,028922
MORANSENGO	Trabucco quadrato	Metri quadr. 10,336354	Metro quadr.	Trabuc. quadr. 0,096746
	Tavola	Ara 0,413454	Ara	Tavole 2,418648
ROCCA D'ARAZZO, BELVEGLIO, ROCCHETTA TANARO	Giornata	35,161636	Id.	Giornate 0,028440
TIGLIOLE	Trabucco quadrato	Metri quadr. 8,981362	Metro quadr.	Trabuc. quadr. 0,111342
	Tavola	Ara 0,359254	Ara	Tavole 2,783542
AZZANO, S. MARZANO, CORTANZE, MONBER- CELLI, VINCHIO, MONTEGROSSO, MONTALDO SCARAMPI, AGLIANO	Giornata	38,009599	Eltara	Giornate 2,630914
FRINCO	Giornata	34,408586	Id.	2,906254
<p>Il Piede quadrato si divide in 12 Once di Piede quadrato, l'Oncia in 12 Punti, il Punto in 12 Atomi di Piede quadrato.</p> <p>Il Trabucco quadrato si divide in 6 Piedi di Trabucco quadrato. Quattro Trabucchi quadrati formano una Tavola che si divide in 12 Piedi di Tavola, il Piede in 12 Once, l'Oncia in 12 Punti, il Punto in 12 Atomi di Tavola.</p> <p>12 Tavole formano uno Staro. 100 Tavole formano la Giornata, l'unità più usata per le misure agrarie.</p> <p>Il Moggio di Castelnuovo Calcea si divide in 8 Stara, lo Staro in 12 Tavole, la Tavola in 12 Piedi, il Piede in 12 once, l'Oncia in 12 Punti, il Punto in 12 Atomi.</p> <p>La Giornata di Rocca d'Arazzo è di 96 Tavole, e si divide in 8 Staia.</p> <p>Per Tigliole 96 Tavole locali fanno una Giornata.</p> <p>La Giornata di Azzano è la Giornata di Piemonte, anteriore al 1818, è ugualmente di 100 Tavole ma si divide in 8 Stari di Tavole $12 \frac{1}{4}$ ciascuno.</p> <p>Nei Comuni di S. Marzano Oliveto e Noasca si usava comunemente dare il nome di <i>Giornata</i> ad una misura di 96 Tavole piemontesi, anteriori al 1818, eguale ad Ara 36,48922, divisa in 8 Stari di Tavole 12.</p> <p>La Giornata di Frinco è di 96 Tavole, e si divide in 8 Staia di 12 Tavole ciascuno.</p>				
MISURE DI VOLUME				
<i>anteriormente al 1818</i>				
TUTTI I COMUNI DEL CIRCONDARIO	Piede cubo	Metri cubi 0,135611	Metro cubo	Piedi cubi 7,374011
	Trabucco cubo	29,292062	Id.	Trabucchi cubi 0,034139
	Trabucco camerale da muro	4,068342	Id.	Trab. cam. da muro 0,245800
	Piede manuale cubo	0,040181	Id.	Piedi man. cubi. 24,887288
	Tesa cuba	5,022644	Id.	Tese cubo 0,199098

Provincia di ALESSANDRIA.

Circondario d'ASTI.

COMUNI	MISURE LOCALI		MISURE METRICHE	
	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE METRICHE	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE LOCALI
	Tesa da legna	4,018116	Metro cubo	Tese da legna 0,248873
	Tesa da pozzi	4,808432	Id.	Tese da pozzi 0,533051
	Carro di pietra	0,203417	Id.	Carri di pietra 4,916010
	Carro di sabbia	0,180815	Id.	Carri di sabbia 5,530514
<i>posteriormente al 1818</i>				
TUTTI I COMUNI DEL CIRCONDARIO	Piede cubo	0,136147	Metro cubo	Piedi cubi 7,316640
	Trabucco cubo	29,401194	Id.	Trabuocchi cubi 0,034012
	Trabucco camerale da muro	4,083499	Id.	Trab. cam. da muro 0,244888
	Piede manuale cubo	0,040334	Id.	Piedi man cubi 24,794823
	Tesa cuba	5,041357	Id.	Tese cubo 0,198359
	Tesa da legna	4,033083	Id.	Tese da legna 0,247949
	Tesa da pozzi	4,814887	Id.	Tese da pozzi 0,550998
	Carro di pietra	0,204175	Id.	Carri di pietra 4,897759
	Carro di sabbia	0,181489	Id.	Carri di sabbia 5,509975
<p>Il Piede cubo è di 1728 Once cube, e si divide in 12 Once di Piede cubo, l'Oncia in 12 Punti, il Punto in 12 Atomi di Piede cubo.</p> <p>216 Piedi cubi formano un Trabuocco cubo che si divide in 6 Piedi di Trabuocco cubo, il Piede in 12 Once, l'Oncia in 12 Punti, il Punto in 12 Atomi di Trabuocco cubo.</p> <p>30 Piedi cubi formano il Trabuocco camerale da muro che si divide in 6 Piedi, il Piede in 12 Once, l'Oncia in 12 Punti, il Punto in 12 Atomi.</p> <p>Questo Trabuocco camerale da muro è il volume di un parallelepipedo rettangolo che ha un Trabuocco quadrato per base e 10 Once d'altezza.</p> <p>Il Piede manuale cubo è di 512 Once cube.</p> <p>La Tesa cuba che serve per la misura del fieno e della paglia è di 125 piedi manuali cubi, e si divide in 5 Piedi di Tesa cuba, il Piede in 8 Once di Tesa cuba.</p> <p>100 Piedi manuali cubi formano la Tesa di legna che è il volume di un parallelepipedo rettangolo che ha una Tesa quadrata di base e 4 Piedi manuali d'altezza.</p> <p>45 Piedi manuali cubi formano la Tesa da pozzo. 2592 Once cube formano il carro di pietra. 2304 Once cube formano il carro di Sabbia.</p>				
MISURE DI CAPACITÀ PER GLI ARIDI				
<i>anteriormente al 1818</i>				
	Emina	Litri 23,005556	Ettolitro	Emine 4,316776
TUTTI I COMUNI DEL CIRCONDARIO	<i>posteriormente al 1818</i>			
	Emina	Litri 23,054974	Ettolitro	Emine 4,337456
ROCCHETTA TANARO	Stajo alessandrino	Litri 17,771550	Id.	Stajo 5,626974
<p>L'Emina si divide in 8 Coppi, o 16 mezzi Coppi. Il Coppo in 24 Cucchiai. Cinque Emine formano il Sacco. Sei Emine formano il Sacco camerale. Lo Stajo alessandrino, misura per cereali, si divide in 16 Coppi. 12 Staja fanno una Salma. Nel Comune di Rocchetta Tanaro si usava anche lo Stajo di Monferrato, equivalente a Litri 16,1633.</p>				

COMUNI	MISURE LOCALI		MISURE METRICHE	
	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE METRICHE	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE LOCALI
MISURE DI CAPACITÀ PEI LIQUIDI				
<i>anteriamente al 1818</i>				
TUTTI I COMUNI DEL CIRCONDARIO.....	Brenta.....	Litri 49,284696	Ettolitro	Brente 2,029027
	<i>posteriormente al 1818</i>			
ROCCHETTA TANARO, VINCHIO, BELVEGLIO.	Brenta	Litri 49,306931	Ettolitro	Brente 2,028412
	Stajo	Ettolitri 0,783600	Id.	Stajo 1,276161
<p>La Brenta si divide in 36 Pinte, la Pinta in 2 Boccali, il Boccale in 2 Quartini, il Quartino in 2 Bicchieri. 10 Brente formano la Carra. 8 Brente formano un Botallo. Lo Stajo di Rocchetta Tanaro, misura pel vino, si stima del peso di 10 Rubbi di Monferrato.</p>				
PESI				
<i>anteriamente al 1818</i>				
TUTTI I COMUNI DEL CIRCONDARIO.....	Libbra.....	Chilogrammi 0,368845	Chilogramma	Libbre 2,711470
	Libbra medica.....	0,307370	Id.	Libbre mediche 3,253404
	Marco	0,245896	Id.	Marchi 4,066755
<i>posteriormente al 1818</i>				
MOMBERCELLI, CASTELNUOVO CALCEA, VIN- CHIO, BELVEGLIO.....	Libbra	Chilogrammi 0,368880	Chilogramma	Libbre 2,710910
	Libbra medica	0,307400	Id.	Libbre mediche 3,253092
	Marco	0,245920	Id.	Marchi 4,066365
	Libbra.....	0,325780	Id.	Libbre 3,069556
<p>La Libbra si divide in 12 Once, l'Oncia in 8 Ottavi, l'Ottavo in 3 Denari, il Denaro in 24 Grani, il Grano in 24 Granotti. 25 Libbre fanno il Rubbo. La Libbra medica o farmaceutica si divide in 12 Once, l'Oncia in 8 Dramma, la Dramma in 3 Scrupoli, lo Scrupolo in 24 grani. La Libbra medica corrisponde a 10 Once della Libbra mercantile. Il Marco, unità di peso usata dagli orefici, si divide in 8 Once, l'Oncia in 24 Denari, il Denaro in 24 Grani, il Grano in 24 Granotti. Il Carato peso di 4 Grani, è l'unità di peso per le gemme. La Libbra di Mombercelli si divide in 12 Once, l'Oncia in 8 Ottavi, l'Ottavo in 3 Denari, il Denaro in 24 Grani. Questa Libbra si usava solamente nella vendita dei commestibili, mentre per gli altri generi era usata la Libbra di Piemonte.</p>				

A5. Evoluzione storica del Sistema internazionale di unità (SI)²⁴⁸

"... Questa nota fornisce un breve resoconto dell'evoluzione storica del Sistema Internazionale.

La 9a CGPM (1948, Risoluzione 6, CR²⁴⁹, 64²⁵⁰) incaricò il Comitato Internazionale:

- di studiare l'istituzione di una regolazione completa delle unità di misura;
- di aprire a tale scopo un'indagine ufficiale sul parere dei circoli scientifici, tecnici ed educativi di tutti i paesi e
- formulare raccomandazioni sull'istituzione di un sistema pratico di unità di misura, suscettibile di poter

[248] "... Cette note rend compte brièvement de l'évolution historique du Système international.

La 9e CGPM (1948, Résolution 6 ; CR, 64), chargea le Comité international:

- d'étudier l'établissement d'une réglementation complète des unités de mesure;
- d'ouvrir à cet effet une enquête officielle sur l'opinion des milieux scientifiques, techniques et pédagogiques de tous les pays et
- de faire des recommandations sur l'établissement d'un système pratique d'unités de mesure, susceptible d'être adopté par tous les pays signataires de la Convention du Mètre.

Cette même Conférence générale adopta aussi la Résolution 7 (CR, 70) qui fixe des principes généraux pour l'écriture des symboles d'unités et donna une liste de quelques unités cohérentes ayant un nom spécial.

La 10e CGPM (1954, Résolution 6 ; CR, 80) et la 14e CGPM (1971, Résolution 3; CR, 78 et Metrologia, 1972, 8, 36) adoptèrent comme unités de base de ce système pratique d'unités les unités des sept grandeurs suivantes : longueur, masse, temps, courant électrique, température thermodynamique, quantité de matière et intensité lumineuse.

La 11e CGPM (1960, Résolution 12 ; CR, 87) adopta le nom Système international d'unités, avec l'abréviation internationale SI, pour ce système pratique d'unités et fixa des règles pour les préfixes, les unités dérivées et les unités supplémentaires (disparues depuis), et d'autres indications, établissant ainsi une réglementation d'ensemble pour les unités de mesure. Au cours des réunions qui suivirent, la Conférence générale et le Comité international étoffèrent et modifièrent selon les besoins la structure originelle du SI pour tenir compte des progrès de la science et des besoins des utilisateurs.

Il est possible de résumer comme suit les principales étapes historiques qui conduisirent à ces décisions importantes de la Conférence générale :

- La création du Système métrique décimal au moment de la Révolution française et le dépôt qui en a résulté, le 22 juin 1799, de deux étalons en platine représentant le mètre et le kilogramme aux Archives de la République à Paris peuvent être considérés comme la première étape ayant conduit au Système international d'unités actuel.
- En 1832, Gauss oeuvra activement en faveur de l'application du Système métrique, associé à la seconde, définie en astronomie, comme système cohérent d'unités pour les sciences physiques. Gauss fut le premier à faire des mesures absolues du champ magnétique terrestre en utilisant un système décimal fondé sur les trois unités mécaniques millimètre, gramme et seconde pour, respectivement, les grandeurs longueur, masse et temps. Par la suite, Gauss et Weber ont étendu ces mesures pour y inclure d'autres phénomènes électriques.
- Dans les années 1860, Maxwell et Thomson mirent en oeuvre de manière plus complète ces mesures dans les domaines de l'électricité et du magnétisme au sein de la British Association for the Advancement of Science (BAAS). Ils exprimèrent les règles de formation d'un système cohérent d'unités composé d'unités de base et d'unités dérivées. En 1874 la BAAS introduisit le système CGS, un système d'unités tri-dimensionnel cohérent fondé sur les trois unités mécaniques centimètre, gramme et seconde, et utilisant des préfixes allant de micro à méga pour exprimer les sous-multiples et multiples décimaux. C'est en grande partie sur l'utilisation de ce système que se fonda, par la suite, le développement expérimental des sciences physiques.
- Compléter de façon cohérente le système CGS pour les domaines de l'électricité et du magnétisme conduisit à choisir des unités d'amplitude peu adaptée à la pratique. Le BAAS et le Congrès international d'électricité, qui précéda la Commission électrotechnique internationale (CEI), approuvèrent, dans les années 1880, un système mutuellement cohérent d'unités pratiques. Parmi celles-ci figuraient l'ohm pour la résistance électrique, le volt pour la force électromotrice et l'ampère pour le courant électrique.

essere adottato da tutti i Paesi firmatari della Convenzione del metro.

La stessa Conferenza Generale adottò anche la Risoluzione 7 (CR, 70) che stabilisce i principi generali per la scrittura dei simboli delle unità e fornì un elenco di alcune unità coerenti con un nome speciale.

La decima CGPM (1954, Resolution 6, CR, 80) e la 14th CGPM (1971, Resolution 3, CR, 78 e Metrologia, 1972, 8, 36) adottarono come unità di base di questo pratico sistema di unità le unità delle sette seguenti grandezze: lunghezza, massa, tempo, corrente elettrica, temperatura termodinamica, quantità di materiale e intensità luminosa.

L'undicesima CGPM (1960, Resolution 12, CR, 87) adottò il nome Sistema Internazionale di unità, con l'abbreviazione internazionale SI, per questo pratico sistema di unità e fissò le regole per i prefissi, le unità derivate e le unità supplementari (successivamente scomparse), e altre indicazioni, stabilendo così una regolamentazione generale per le unità di misura. Durante gli incontri che seguirono, la Conferenza generale [CGPM] e il Comitato internazionale [CIPM] hanno arricchito e modificato, se cono le necessità, la struttura originale del SI per tenere conto dei progressi scientifici e delle esigenze degli utenti.

È possibile sintetizzare come segue i principali passi storici che hanno portato a queste importanti decisioni della Conferenza Generale:

- La creazione del sistema metrico decimale al momento della rivoluzione francese e il conseguente deposito, il 22 giugno 1799, di due standard di platino che rappresentavano il metro e il chilogrammo agli Archivi della Repubblica a Parigi, possono essere considerati come i primi passi che ha portato all'attuale Sistema internazionale di unità.
- Nel 1832, Gauss promosse attivamente l'applicazione del sistema metrico, associato al secondo, definito in astronomia, come un sistema coerente di unità per le scienze fisiche. Gauss fu il primo a effettuare misurazioni assolute del campo magnetico terrestre²⁵¹ usando un sistema decimale basato sulle tre unità

• Après la signature de la Convention du Mètre le 20 mai 1875, qui créa le Bureau international des poids et mesures et établit le Comité international et la Conférence générale, on fabriqua de nouveaux prototypes internationaux du mètre et du kilogramme, approuvés en 1889 par la 1re CGPM. Avec la seconde des astronomes comme unité de temps, ces unités constituaient un système d'unités mécaniques tri-dimensionnel similaire au système CGS, mais dont les unités de base étaient le mètre, le kilogramme et la seconde (système MKS).

• En 1901, Giorgi montra qu'il était possible de combiner les unités mécaniques du système mètre-kilogramme-seconde au système pratique d'unités électriques pour former un seul système cohérent quadri-dimensionnel en ajoutant à ces trois unités de base une quatrième unité, de nature électrique, telle que l'ampère ou l'ohm, et en rationalisant les équations utilisées en électromagnétisme. La proposition de Giorgi ouvrit la voie à d'autres extensions.

• Après la révision de la Convention du Mètre par la 6e CGPM en 1921, qui étendit les attributions et les responsabilités du Bureau international à d'autres domaines de la physique, et la création du Comité consultatif d'électricité (CCE) par la 7e CGPM qui en a résulté en 1927, la proposition de Giorgi fut discutée en détail par la CEI, l'Union internationale de physique pure et appliquée (UIPPA) et d'autres organisations internationales. Ces discussions conduisirent le CCE à proposer, en 1939, l'adoption d'un système quadri-dimensionnel fondé sur le mètre, le kilogramme, la seconde et l'ampère (système MKSA), une proposition qui fut approuvée par le Comité international en 1946.

• À la suite d'une enquête internationale effectuée par le Bureau international à partir de 1948, la 10e CGPM, en 1954, approuva l'introduction de l'ampère, du kelvin et de la candela comme unités de base, respectivement pour le courant électrique, la température termodynamique et l'intensité lumineuse. La 11e CGPM donna le nom Système international d'unités (SI) à ce système en 1960. Lors de la 14e CGPM, en 1971, après de longues discussions entre physiciens et chimistes pour trouver une définition capable de satisfaire les deux communautés, la mole fut ajoutée au SI comme unité de base pour la quantité de matière, portant à sept au total le nombre d'unités de base du SI tel que nous le connaissons aujourd'hui"

[249] Comptes rendu.

[250] Numero della pagina.

[251] *Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absoluta revocata*. Gottingae, sumtibus dieterichianis, 1833;3-44. Auctore Carolo Friderico Gauss. Letto da Gauss alla Goettingen Gesellschaft der Wissenschaften il 15 dicembre 1832. Stampato nel volume 8 dei trattati delle società. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2ZoRG0w>

meccaniche millimetro, grammo e secondo rispettivamente per lunghezza, massa e tempo²⁵². Gauss e Weber successivamente estesero queste misure per includere altri fenomeni elettrici.

- Nel 1860, Maxwell e Thomson implementarono queste misure nei settori dell'elettricità e del magnetismo in modo più completo all'interno dell'Associazione Britannica per l'Avanzamento della Scienza (BAAS). Esse hanno espresso le regole di formazione di un sistema coerente di unità composte da unità di base e unità derivate. Nel 1874 il BAAS introdusse il sistema CGS, un sistema di unità tridimensionale coerente basato sulle tre unità meccaniche centimetro, grammo e secondo, e utilizzando prefissi che vanno dal micro al mega per esprimere sottomultipli e decimali multipli. Ed è in gran parte sull'utilizzo di questo sistema che si è basato, in seguito, lo sviluppo sperimentale delle scienze fisiche.

- L'integrazione coerente del sistema CGS per i campi elettrici e di magnetismo ha portato alla selezione di unità di ampiezza che erano inadatte per la pratica. Il BAAS e il Congresso internazionale sull'elettricità, che ha preceduto la Commissione elettrotecnica internazionale (IEC), hanno approvato negli anni 1880 un sistema di unità pratiche coerenti tra loro. Questi includevano ohm per resistenza elettrica, volt per forza elettromotrice e ampere per corrente elettrica.

- Dopo la firma della Meter Convention il 20 maggio 1875, che creò l'International Bureau of Weights and Measures e istituì il Comitato Internazionale e la Conferenza Generale, nuovi prototipi internazionali del metro e del chilogrammo, approvati nel 1889 dal 1a CGPM. Con il secondo degli astronomi come unità di tempo, queste unità costituivano un sistema di unità meccaniche tridimensionali simili al sistema CGS, ma le cui unità di base erano il metro, il chilogrammo e il secondo (sistema MKS).

- Nel 1901, Giorgi dimostrò che era possibile combinare le unità meccaniche del sistema metro-chilogrammo con il pratico sistema di unità elettriche per formare un sistema coerente a quattro dimensioni, aggiungendo una quarta unità a queste tre unità di base, di natura elettrica, come l'ampere o l'ohm, e razionalizzando le equazioni utilizzate nell'elettromagnetismo. La proposta di Giorgi ha aperto la strada ad altre estensioni.

- Dopo la revisione della Convenzione del metro da parte della 6a CGPM nel 1921, che ha esteso i poteri e le responsabilità dell'Ufficio internazionale ad altre aree della fisica e la creazione del Comitato consultivo per l'elettricità (CCE) da parte della 7a CGPM nel 1927, la proposta Giorgi è stata discussa in dettaglio dall'IEC, dall'Unione internazionale di fisica pura e applicata (IUPAP) e da altre organizzazioni internazionali. Queste discussioni portarono la CCE a proporre, nel 1939, l'adozione di un sistema quadridimensionale basato sul metro, il chilogrammo, il secondo e l'ampere (sistema MKSA), una proposta che fu approvata dal Comitato Internazionale in 1946.

- A seguito di un'indagine internazionale condotta dall'International Bureau nel 1948, la decima CGPM, nel 1954, approvò l'introduzione di ampere, kelvin e candela come unità di base, rispettivamente per la corrente elettrica, termodinamica e intensità luminosa. L'11a CGPM ha dato il nome *Système international des unités (SI)* a questo sistema nel 1960. Alla 14a CGPM, nel 1971, dopo lunghe discussioni tra fisici e chimici per trovare una definizione in grado di soddisfare le due comunità, la talpa fu aggiunta all'IS come unità base per la quantità di materiale, portando a sette il totale numero di unità base del SI come lo conosciamo oggi¹²⁵³.

[252] Ivi, p. 23: "... accipiendo pro unitatibus temporis, distantiae et massae minutum secundum, millimetrum et milligramma...". Leggendo questo sembra che si tratti in realtà di millimetro, milligrammo e secondo.

[253] Riporta l'ultima versione aggiornata di questo testo la "*Brochure sur le SI : Le Système international d'unités*". URL consultato il 01/12/2023: <https://www.bipm.org/fr/publications/si-brochure>

A6. Nomi, simboli, dimensioni e definizioni di grandezze e unità di base del SI

Grandezza <i>nome</i> <i>simbolo</i> <i>dimensione</i>	Unità di misura <i>nome</i> <i>simbolo</i>	Definizione dell'unità dal 20/05/2019	Valore dell'unità per effetto della definizione
tempo <i>t</i> T	secondo s	il secondo è definito assumendo come valore numerico della frequenza $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ dell'atomo di cesio, la transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133, il valore di 9 192 631 770 Hz, che sono uguali a s^{-1}	effetto di questa definizione è che il secondo è uguale alla durata di 9 192 631 770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra due livelli iperfini dello stato basale non perturbato dell'atomo di ^{133}Cs
lunghezza <i>l</i> L	metro m	il metro è definito assumendo come valore numerico della velocità della luce nel vuoto c il valore di $299\,792\,458\text{ m s}^{-1}$, dove il secondo è definito in termini della frequenza del cesio $\Delta\nu_{\text{Cs}}$	effetto di questa definizione è che un metro è la lunghezza del percorso della luce nel vuoto in un intervallo di tempo di $1/299\,792\,458$ secondi
massa <i>m</i> M	kilogrammo kg	il kilogrammo è definito assumendo come valore numerico della costante di Planck h il valore di $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}\text{ J s}$, che è uguale a $\text{kg m}^2\text{ s}^{-1}$, ove metro e secondo sono definiti in termini di c e $\Delta\nu_{\text{Cs}}$	il valore numerico della costante di Planck h in questa definizione è tale che al momento della sua adozione il kilogrammo era uguale alla massa del prototipo internazionale $m(K) = 1\text{ kg}$
intensità di corrente elettrica <i>I</i> I	ampère A	l'ampere è definito assumendo come valore numerico della carica elementare e il valore di $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ quando è espressa nell'unità C, che è uguale a $A\text{ s}$, dove il secondo è espresso in termini di $\Delta\nu_{\text{Cs}}$	effetto di questa definizione è che un ampere è la corrente elettrica che corrisponde al flusso di $1/(1,602\,176\,634 \times 10^{-19})$ cariche elementari per secondo
temperatura termodinamica <i>T</i> Θ	kelvin K	il kelvin è definito assumendo come valore numerico della costante di Boltzmann k il valore di $1,380\,649 \times 10^{-23}\text{ J K}^{-1}$, che è uguale a $\text{kg m}^2\text{ s}^{-2}\text{ K}^{-1}$, dove kilogrammo, metro e secondo sono definiti in termini di h , c e $\Delta\nu_{\text{Cs}}$	effetto di questa definizione è che un kelvin è uguale alla variazione di temperatura termodinamica che risulta in una variazione di energia termica kT di $1,380\,649 \times 10^{-23}\text{ J}$
quantità di sostanza <i>n</i> N	mole mol	una mole contiene esattamente $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ entità elementari. Questo numero è il valore numerico della costante di Avogadro, N_A , quando espressa nella unità mol^{-1} ed è denominato numero di Avogadro	effetto di questa definizione è che la mole è la quantità di sostanza che contiene $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ entità elementari specificate

Grandezza nome simbolo dimensione	Unità di misura nome simbolo	Definizione dell'unità dal 20/05/2019	Valore dell'unità per effetto della definizione
Intensità luminosa I_v J	candela cd	la candela è definita assumendo come valore numerico dell'efficacia luminosa della radiazione monocromatica di frequenza 540×10^{12} Hz, K_{cd} , il valore di 683 lm W^{-1} , che è uguale a cd sr W^{-1} , o $\text{cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$, ove kilogrammo, metro e secondo sono definiti in termini di h , c e $\Delta\nu_{Cs}$	Questa definizione implica la relazione esatta $K_{cd} = 683 \text{ cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$ per la radiazione monocromatica di frequenza $\nu = 540 \times 10^{12}$ Hz

Oltre alle definizioni delle unità e ai loro valori, nella tabella sono riportate le **dimensioni** che nel SI sono assegnate a ciascuna delle grandezze corrispondenti.

Le dimensioni sono essenziali ai fini della verifica dell'applicazione di un principio al quale raramente si pensa in modo esplicito:

→ le grandezze non omogenee possono essere tra loro divise o moltiplicate. Così ad esempio è possibile dividere i grammi (g) per i litri (L), quindi ha senso scrivere g/L (si tratta di una concentrazione di massa), ed è possibile moltiplicare una forza espressa in newton (N) per una lunghezza espressa in metri (m) al fine di ottenere un lavoro espresso in joule (J), quindi ha senso scrivere $\text{N} \cdot \text{m}$;

→ le operazioni di somma, sottrazione, confronto e uguaglianza possono essere eseguite solamente tra grandezze omogenee. Pertanto non si possono sottrarre i grammi dai litri (l'espressione "32 litri - 12 grammi" non ha senso), non si può scrivere "8 metri > 3 litri", e non si può scrivere un'equazione nella quale i due membri abbiano dimensioni fisiche diverse (quindi l'espressione $8 \text{ litri} = 8 \text{ grammi}$ non ha senso).

L'**analisi dimensionale** (o **calcolo dimensionale**) nella sua applicazione più semplice consente di verificare che un'equazione fisica sia formulata correttamente^{254,255}.

Si consideri l'esempio della *clearance della creatinina*, impiegata in campo medico in quanto fornisce una misura della capacità del rene di depurare il sangue. La clearance della creatinina (*CreaClea*) viene calcolata a partire dalla concentrazione della creatinina nel siero (*CreaS*), dalla concentrazione della creatinina nelle urine (*CreaU*), e dal volume delle urine raccolte nell'arco delle 24 ore (cioè nell'arco di 1 440 minuti).

Il calcolo viene effettuato impiegando questa equazione nella quale la clearance della creatinina, riportata sulla sinistra dell'equazione, viene calcolata a partire dalle misure effettuate sul sangue e sulle urine del paziente, che compaiono a destra dell'equazione:

$$CreaClea \text{ (in mL/min)} = \frac{CreaU \text{ (in mg/dL)} \cdot (\text{volume delle urine delle 24 ore in mL} / 1440 \text{ minuti})}{CreaS \text{ (in mg/dL)}}$$

[254] Ain A. Sonin. *The Physical Basis of Dimensional Analysis*. Second Edition. MIT, Department of Mechanical Engineering, Cambridge, 2001. URL consultato il 01/12/2023: <http://bit.ly/2XM3mJc>

[255] *Calcolo dimensionale*. In: Michelangelo Fazio. *Dizionario e manuale delle unità di misura*. Nicola Zanichelli, Bologna, 1985;71-80.

I millilitri (mL) e i decilitri (dL) sono misure di volume e hanno entrambi come dimensione una lunghezza elevata al cubo e cioè $L \cdot L \cdot L = L^3$; i minuti (min) sono una misura di tempo e hanno dimensione T; i milligrammi (mg) sono una misura di massa e hanno dimensione M. Dal punto di vista dimensionale la clearance della creatinina è quindi espressa dall'equazione

$$L^3 \cdot T^{-1} = \frac{[M \cdot L^{-3}] [L^3 \cdot T^{-1}]}{[M \cdot L^{-3}]}$$

dalla quale, essendo

$$\frac{[M \cdot L^{-3}]}{[M \cdot L^{-3}]} = 1$$

si ricava che

$$L^3 \cdot T^{-1} = L^3 \cdot T^{-1}$$

Pertanto l'equazione impiegata per calcolare la clearance della creatinina è dimensionalmente corretta²⁵⁶.

[256] Per altri esempi di calcolo dimensionale vedere Fazio, *Dizionario e manuale delle unità di misura*, pp. 222-224.