Nicola Marras

Was There Life Before Computer?

gli strumenti di calcolo prima dell'era digitale

a new life for old technologies: ensuring the future by preserving the past

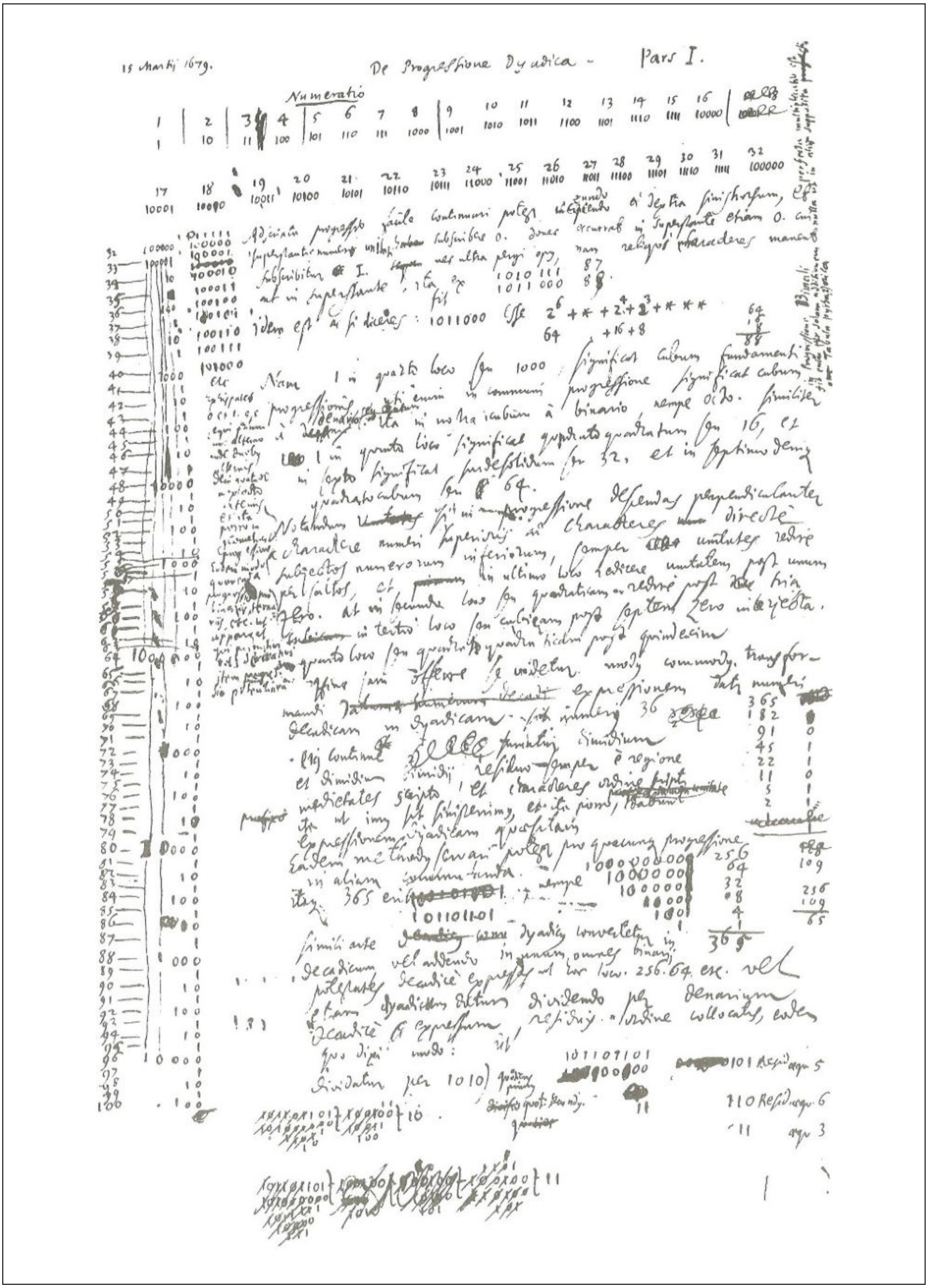
Nicola Marras

Was There Life Before Computer?

gli strumenti di calcolo prima dell'era digitale

liberamente scaricabile in formato pdf su

www.nicolamarras.it



Il 15 marzo 1679 Leibniz presenta *"De Progressione Dyadica"*: nasce l'aritmetica binaria che renderà possibile il computer

Indice dei contenuti

I calcolatori analogici

Divulgare le antiche tecnologie

Introduzione

Prima del computer

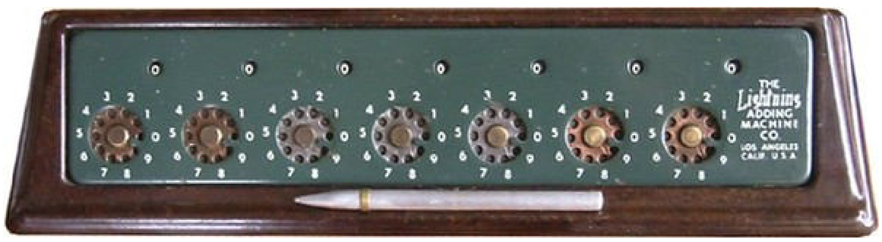
Il mondo di oggi, il paesaggio disegnato dai grattacieli, tutto ciò che associamo alla modernità fu progettato con calcolatori concepiti nel XVII° secolo.

Il mondo prima del computer, progettato con gli antichi calcolatori

Il LEM atterrò sulla Luna con a bordo un regolo calcolatore, lo stesso strumento utilizzato da Newton, Einstein e von Braun. Il primo sottomarino nucleare disponeva solo di una addizionatrice meccanica.

Il regolo, inventato nel 1622, arrivò sulla Luna! Questo il model year 1749

I moderni computer sono stati realizzati grazie a questi antichi strumenti che all'epoca sembravano insostituibili: il compasso di Galilei arrivò a tracciare le rotte delle portaerei, le calcolatrici di Pascal e Leibniz furono il motore della prima globalizzazione finanziaria e col regolo logaritmico inventato nel 1600 si progettò tutto, dall'ammiraglia di James Cook al Jumbo Jet.



Pascalina, ca. 1950: brevettata nel 1645 e prodotta per oltre 300 anni

Ma nel 1972 apparve la prima calcolatrice moderna e in un attimo regoli e pascaline scomparvero. Nel 1980 erano già dimenticati, si era avverato il sogno di Leibniz:

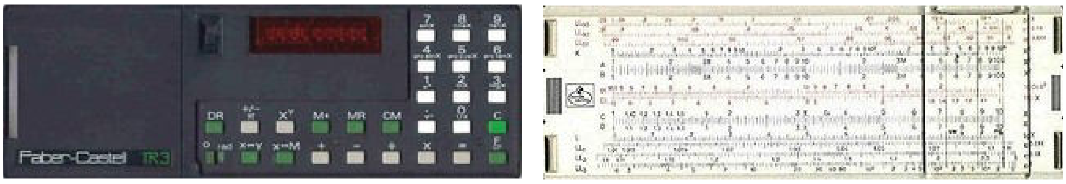
> *Non è conveniente che uomini eccellenti perdano, come schiavi, ore di lavoro per calcoli che potrebbero essere affidati a chiunque altro se si utilizzassero delle macchine.*

Nessuna invenzione ebbe mai un impatto così forte e rapido. Ferrovie e diligenze convissero per più di 50 anni, l'automobile ne impiegò più di venti ad affermarsi, ma l'elettronica sbaragliò in un attimo la concorrenza. Una rivoluzione senza precedenti.

Il passaggio non fu comunque indolore, gli antichi calcolatori venivano utilizzati in ogni ambito ed erano veloci e precisi, proviamo a risolvere questa operazioncina con il regolo:

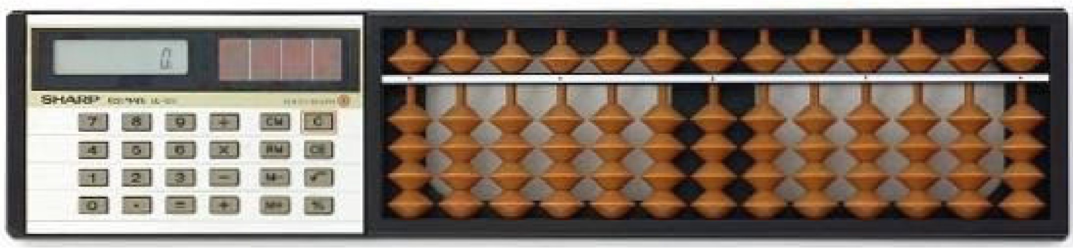
$$\frac{\sqrt[3]{8.21} \times \sqrt{\frac{914}{25\pi} \times 1.08} \times \frac{94}{17}}{\sqrt{\frac{1/5}{2}}}$$

Troveremo in meno di due minuti un valore fra 123 e 127. Con una calcolatrice scopriremmo che la risposta esatta è 125, ma al tempo questa precisione era sufficiente e dei nuovi *"regoli elettronici"* ci si fidava poco: le fabbriche inserivano quindi sul retro, per sicurezza, il vecchio strumento.



Calcolatrice Faber TR3 con regolo di "sicurezza" sul retro, 1975

Le calcolatrici elettroniche, la capostipite fu la Hewlett-Packard del 1972, sono infatti come la Santa Trinità, ci si crede senza comprendere, mentre la loro facilità d'uso sta diventando un problema: si accettano acriticamente i risultati "magicamente" ottenuti diventando così dipendenti dalle macchine; chi usava gli antichi sistemi seguiva invece le operazioni passo per passo, evitando così molti errori. Come diceva Manzoni *Non tutto quello che vien dopo è progresso* e la Sharp, ancora nel 1978, accoppiava alle sue calcolatrici un più affidabile abaco. L'elettronica era vista con sospetto anche dalle fabbriche all'avanguardia e si preferiva indossare … cintura e bretelle!



Calcolatrice Sharp EL-429 ad energia solare con abaco, ca. 1978

Ormai le nuove tecnologie esigevano una grande potenza di calcolo e solo 4 anni dopo la Sharp presentò questo mini computer accoppiato ad una stampante. L'era del PC stava cominciando ma ...

Computer Sharp PC 1500 programmabile con stampante integrata, 1982

... fra 20 anni i computer di oggi saranno dimenticati al pari di regoli, abachi e pascaline. Riscoprendo questi antichi strumenti domandatevi: che sarà domani delle attuali tecnologie? Ancora nel 1965 la NASA non prevedeva la scomparsa dei regoli calcolatori.

Digitale ed analogico

Ho scritto *“Storia degli strumenti di calcolo prima dell'era digitale”*, ma in effetti questa è cominciata quando il primo uomo ha contato degli oggetti con le dita della mano (digitus in latino significa dito). Sarebbe meglio dire “Era Numerica”, il modo cioè in cui lavorano i moderni processori, ma ormai il nome è entrato nell'uso comune per indicare il mondo moderno.

La storia del calcolo automatico è divisa in due grandi categorie: le calcolatrici meccaniche digitali che effettuano solo addizioni e sottrazioni ed i regoli analogici, che espletano tutte le funzioni di un moderno calcolatore scientifico tranne le addizioni e le sottrazioni. In modo analogico le operazioni sono il risultato di una somma di misure e le quantità numeriche sono rappresentate mediante grandezze fisiche continue (le scale). Si opera quindi simulando "per analogia" l'operazione da effettuare.

Per meglio chiarire: se metto 10 sassolini da 100 grammi l'uno sulla bilancia leggerò 1 chilo, se ne aggiungo altri 10 leggerò 2 chili, sempre che la bilancia sia precisa e che io riesca a leggerne bene la scala. Due chili equivalgono a 20 sassolini: ho eseguito 10 + 10 in modo analogico.

Col sistema digitale il numero viene invece rappresentato in modo discreto, cioè da un insieme composto da singole unità, come la perlina dell'abaco o un numero:

contando gli stessi sassolini ne avrò prima 10 e raddoppiandoli 20. Ho calcolato in modo digitale e il risultato non è una somma di misure ma un insieme discreto, chiaramente visibile e sempre uguale, indipendente dalla precisione della bilancia e dalla omogeneità del peso dei sassolini. In questo caso è impossibile sbagliarsi.

L'anemometro qui a fianco riporta lo stesso dato rappresentato in entrambi i modi. La lancetta misura una distanza ed è meno facile da leggere che l'informazione digitale, ma con essa è più intuitivo accorgersi della quantità misurata. Bisogna ricordarsi che la cifra 15,9 m/s indica un vento forte, ma la posizione della lancetta oltre metà scala ci comunica immediatamente la situazione. Per questo motivo i tachimetri delle auto sono sempre di tipo tradizionale.

A causa delle difficoltà di lettura sembrerebbe poco conveniente usare il sistema analogico, ma le proprietà dei logaritmi permettono di effettuare operazioni complesse solo marcandoli, come nei regoli calcolatori, su delle scale. I sassolini, ed in seguito le calcolatrici meccaniche, permettono di eseguire solo addizioni e sottrazioni. Moltiplicare e dividere in modo digitale è possibile solo effettuando ripetute addizioni e sottrazioni o con l'aiuto di complicati artifici meccanici.

Bambini ad una mia esposizione di strumenti

Il computer, derivato delle calcolatrici, ha una storia a sé stante che esula da questo tema. E' però da ricordare come il sistema binario sia stato inventato da Leibniz nel 1679 proprio pensando al suo uso in un super calcolatore e che la prima macchina programmabile, a schede perforate, venne realizzata già nel 1801 da Jacquard per la produzione dei suoi tessuti. Questo sistema venne poi ripreso dai primi computer meccanici dell'800, nati per elaborare i dati del censimento statunitense, e poi utilizzato fino agli anni '70 del secolo scorso. La tecnologia moderna ha radici antiche.

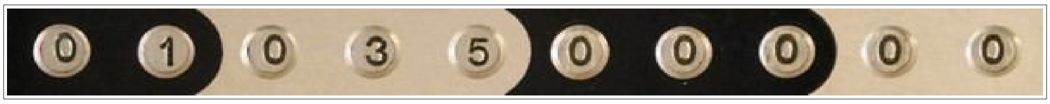
Nel testo ho inserito diverse schede per far conoscere le antiche di modalità di calcolo in maniera semplice ed essenziale, diceva Platone: *“La matematica è come il gioco della dama, adatta ai giovani, non troppo difficile, divertente e senza alcun pericolo per lo stato”****. Gli strumenti illustrati provengono in maggior parte della mia collezione, che presento in occasione di mostre od eventi divulgativi, le grandi calcolatrici da ufficio appartengono quasi tutte a John Wolff e il suo sito è ottimo per impararne la tecnica costruttiva: http://www.johnwolff.id.au. Concludo con una rapida carrellata sui sistemi tradizionali di navigazione e di crittografia, parte essenziale della storia del calcolo.

***** Senza pericolo per uno stato democratico: intelligenza e spirito critico sono le armi più potenti contro l'autoritarismo.

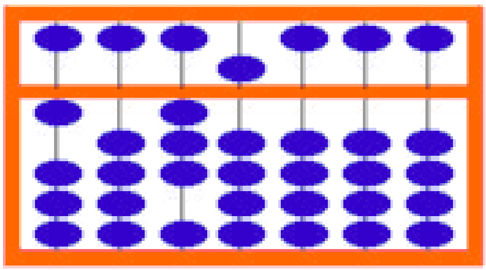
Scheda - Leggere i risultati

Nel display digitale il risultato è subito comprensibile mentre in quello analogico è frutto di una misura e deve essere interpretato. Qui in basso il numero 1.035.000 è espresso chiaramente ed anche con l'abaco, una volta presa pratica, non vi sono dubbi. Osserviamolo sul regolo: la lettura è imprecisa ma chi adoperava questi strumenti aveva una tale pratica che gli errori difficilmente superavano il 2%.

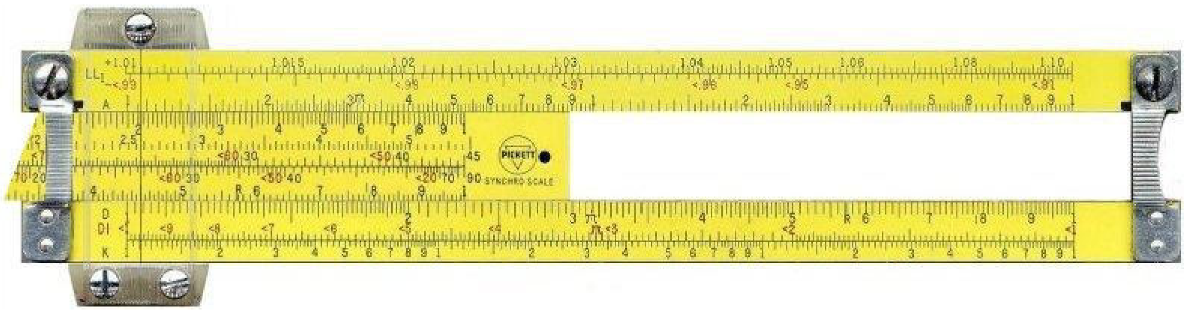
Si racconta scherzosamente che gli ingegneri, alla domanda di quanto facesse 2x2, consultassero il regolo rispondendo *Ca.4, più precisamente fra 3,9 e 4,1"*. In effetti bisognava approssimare, naturalmente in eccesso, e gli oggetti di un tempo sono *"belli robusti come non se ne fanno più*.



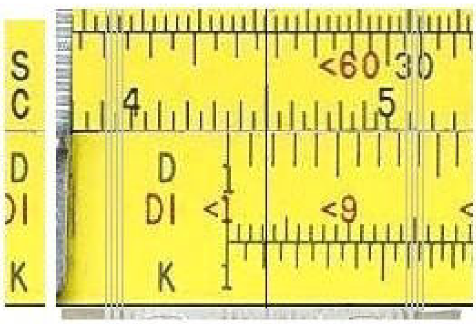
1.350.000,00: in digitale il risultato è chiarissimo

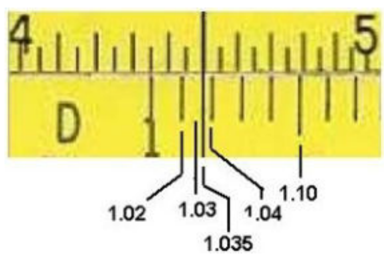


Anche con l'abaco non si può sbagliare



Sul regolo (in dimensione originale), si vede a malapena ...





... ed anche guardando con attenzione è molto difficile leggerlo

Per questo motivo i calcolatori elettronici, pur essendo agli inizi costosissimi, hanno subito sostituito i regoli. Le calcolatrici meccaniche, di uso più intuitivo, sono invece rimaste negli uffici fino all'invecchiamento del parco esistente.

A bordo dei primi sottomarini nucleari si utilizzavano esclusivamente calcolatrici meccaniche: la rivoluzione elettronica arriverà solo nel 1972

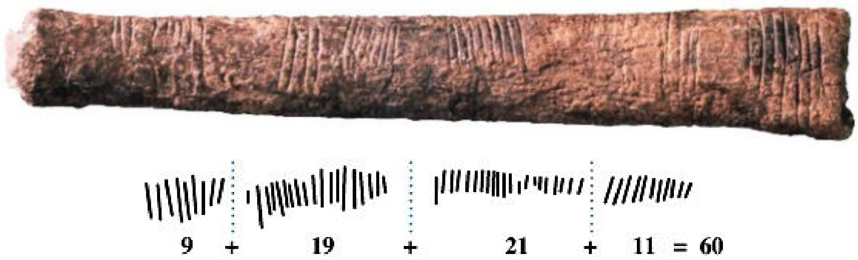
Le calcolatrici digitali

For the world and our country: the North Pole! The Nautilus had accomplished the impossible.

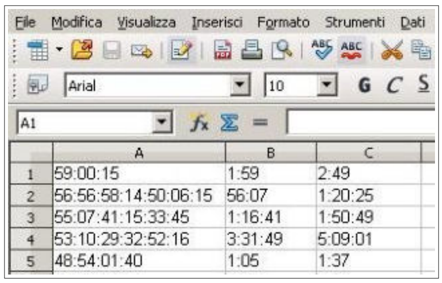
Così alle ore 23.15 GMT del 3 Agosto 1958 il capitano Anderson annunciava all'equipaggio che il primo sottomarino nucleare aveva raggiunto in immersione il Polo Nord. A bordo si utilizzava ancora una calcolatrice meccanica, l'ultimo modello di una serie di macchine progettate nel 1600. Vediamone la storia.

Gli esordi del calcolo e l'abaco

I primi calcoli venivano effettuati aiutandosi con le dita, da cui viene il termine “digitale”, ed in seguito si utilizzarono dei sassolini incidendo i risultati su ossa o pezzi di legno. Il più antico strumento di calcolo conosciuto è l'Osso di Ishango, reperito in Africa e datato al 20.000 a.C. Vi sono marcati dei gruppi numerici che compongono una addizione, come fanno ancora oggi i pastori, e questo modo di rappresentare le cifre intagliandole su bastoncini è rimasto fino a tempi recenti: l'uso ufficiale fu abolito in Inghilterra solo nel 1826, ma chiamiamo ancora “taglia” una somma da pagare o riscuotere. La grande quantità di bastoncini rimasti fu bruciata nel 1834 a Londra, causando l'incendio e la totale distruzione del Westminister Palace: quello attuale è una ricostruzione in stile neogotico!



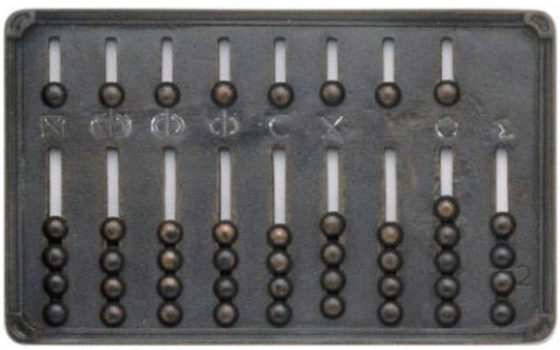
Il passo successivo è stato l'abaco, uno strumento molto pratico per organizzare i sassolini (in latino “calculi” e da qui deriva il termine “calcolare”), mentre i numeri erano ormai rappresentati con simboli ed annotati su tavolette di argilla. In basso si può vedere lo stesso tentativo di risolvere il Teorema di Pitagora eseguito su una tavoletta babilonese e in Excel, davvero molto simili. I sistemi nati dall' uso delle dita sono spesso in base 12 (10 dita + 2 mani) o in base 20 e suoi multipli, i Babilonesi contavano in sessagesimale e ne rimane il ricordo nella moderna divisione del tempo e degli angoli.

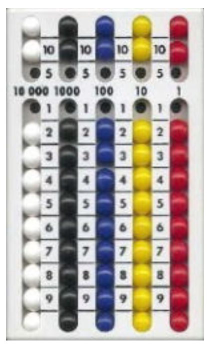


	A	B	C
1	59:00:15	1:59	2:49
2	56:56:58:14:50:06:15	56:07	1:20:25
3	55:07:41:15:33:45	1:16:41	1:50:49
4	53:10:29:32:52:16	3:31:49	5:09:01
5	48:54:01:40	1:05	1:37

Tavoletta “Plimpton 322” (ca. 1800 a.C.) e lo stesso calcolo eseguito in Excel

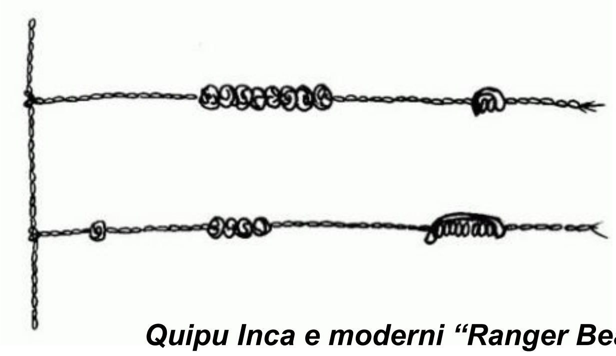
“Numeri regunt mundum” e l'abaco, inventato attorno al 2500 a.C. in Mesopotamia, si diffuse ovunque in varie forme. I modelli più antichi avevano il fondo riempito di sabbia ('ābāq in sumero) per tenere traccia delle operazioni: la prima memoria al silicio!





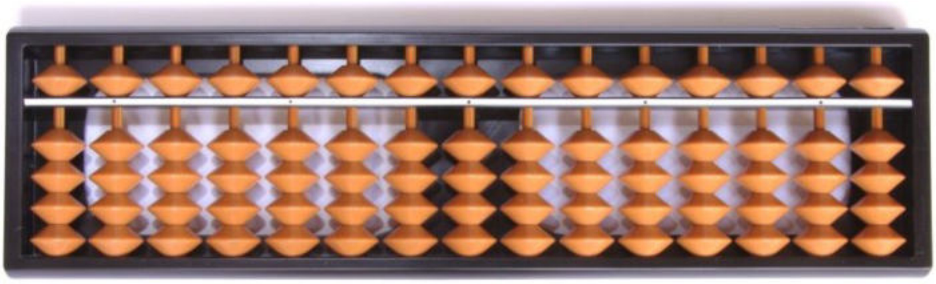
Abaco romano portatile (nel sinus della toga) e suo equivalente moderno

Fu adottato da tutti i popoli e gli Inca ne avevano un modello particolare, composto da cordicelle dove si facevano dei nodi o scorrevano delle perline, che permette di tenere memoria delle operazioni ed è ancora impiegato dalle Forze Speciali USA in teatri operativi climaticamente estremi: un sistema non troppo diverso dal nodo sul fazzoletto … funziona in ogni situazione.

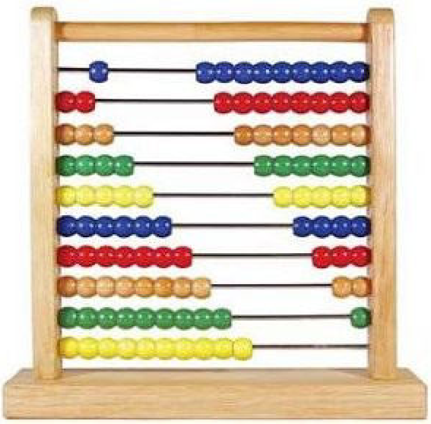
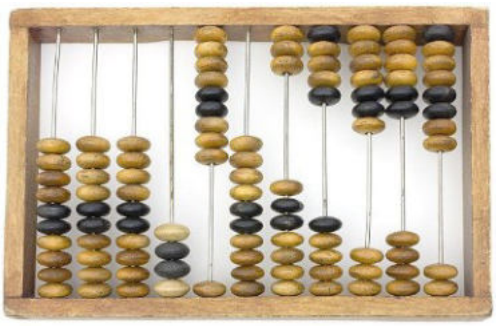



Quipu Inca e moderni "Ranger Beads" militari USA

L'abaco non è un vero calcolatore in quanto si limita ad assistere l'operatore nell'eseguire le operazioni, ma permette di addizionare e sottrarre molto rapidamente e gli Orientali, che lo continuano ad utilizzare nelle varie versioni cinesi e giapponesi, sfidano in gare di velocità le calcolatrici elettroniche vincendo spesso le competizioni. Venne abbandonato dagli Europei nel Medioevo e solo in Russia continuò ad essere impiegato nei negozi fino al crollo dell'Unione Sovietica.



Soroban giapponese

Pallottoliere europeo e Schoty russo

Esisteva anche l'abaco a scacchiera, una tavola suddivisa in riquadri su cui si spostavano delle pedine, chiamate "jetons", allo stesso modo che le perline sui fili. Da qui deriva il termine "Cancelliere dello Scacchiere" con cui si designa il Ministro del Tesoro inglese: i suoi predecessori mantenevano la contabilità della Corona proprio grazie ad un abaco di questo tipo situato nella Torre di Londra.

Con lo sviluppo dei commerci gli Europei avevano bisogno di strumenti più sofisticati. Luca Pacioli nel 1494 pubblicò il *"Summa de Arithmetica"*, presentando nel capitolo *"Tractatus de computis et scripturis"* il concetto moderno di partita doppia (dare ed avere, bilancio, inventario) e proponendo l'uso dei numeri arabi in luogo di quelli romani: per la contabilità delle nuove aziende rinascimentali era ormai necessario un calcolatore, ma la strada si dimostrerà estremamente ardua.

Scheda - La moltiplicazione degli antichi

Babilonesi ed Egiziani conoscevano bene la matematica ma il loro approccio era molto diverso dal nostro: prendiamo un esempio, 135 x 42 = 5.670, tratto dal *"Papiro Rhind"*, ca. 1600 a.C. Curiosamente un algoritmo abbastanza simile è utilizzato oggi dal computer proprio per eseguire le moltiplicazioni.

Prima scriviamo i fattori in alto, separandoli da una riga verticale, poi sulla colonna di destra procederemo dimezzando la cifra iniziale, anche approssimativamente, fino ad arrivare ad 1 mentre sull'altra la raddoppieremo fermandoci all'altezza dell' 1 appena trovato. Identifichiamo ora i numeri dispari sulla colonna di destra e sommiamo i loro corrispondenti di sinistra: 270 + 1.080 + 4.320 = 5.670. Abbiamo eseguito solo addizioni, il modo di operare preferito dagli antichi.

120	42

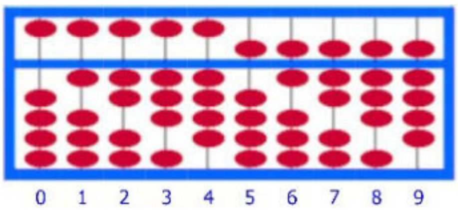
135	42
270	21
540	10
1.080	5
2.160	2
4.320	1

135	42
270 +	< 21
540	10
1.080 +	< 5
2.160	2
4.320 =	< 1

4.320	

Gli Egiziani avevano anche la soluzione per problemi come questo, esposto nel *"Papiro di Mosca"* (ca. 1700 a.C.): *Se ti viene chiesto: una piramide tronca ha 6 per altezza verticale, 4 per base e 2 per cima, qual'è il suo volume? Allora fai il quadrato di questo 4, risultato 16. Raddoppia 4, risultato 8. Fai il quadrato di 2, risultato 4. Addiziona il 16, l'8 e il 4, risultato 28. Poi prendi un terzo di 6, risultato 2. Fai due volte 28 ed hai trovato il volume che cercavi: 56.* Non vengono spiegate le basi del procedimento, troppo complesse da trattare in questa sede, perché il destinatario di queste istruzioni era una semplice macchina calcolatrice umana e doveva solo eseguirle. Anche noi però usiamo spesso le calcolatrici senza sapere esattamente cosa stiamo facendo ...

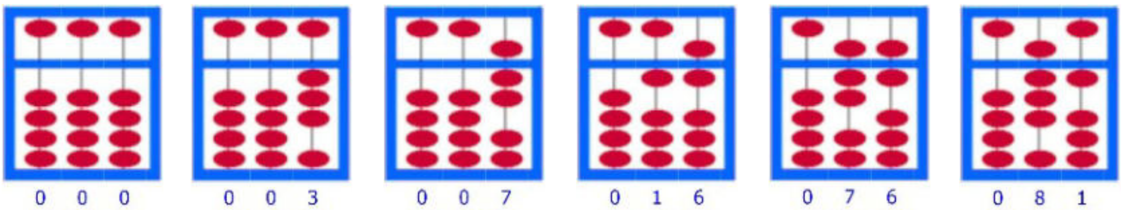
Scheda - Calcolare con l'abaco



L'abaco ha una logica posizionale: le perline della colonna all' estrema destra sotto il divisorio valgono 1 e quella che si trova al di sopra vale 5. La colonna immediatamente alla sinistra rappresenta le decine ed in alto avremo la perlina da 50, ecc.

Vediamo come si scrivono i numeri, questo a fianco è un abaco giapponese, chiamato soroban, con i corrispondenti valori riportati al di sotto: per sommare 1 bisogna far scorrere in alto una perlina della sezione inferiore, per sommare 5 bisogna far scorrere verso il basso la perlina della sezione superiore. Facciamo un esempio: 3 + 4 + 9 + 65 = 81.

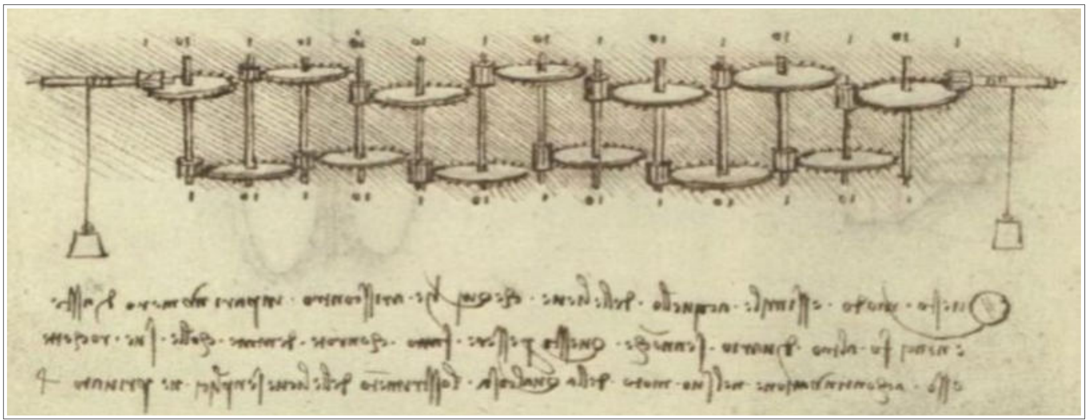
Portiamo a zero e spostiamo verso l'alto 3 perline della sezione bassa: siamo a 003. Aggiungiamo 4: non abbiamo 4 perline nella sezione bassa e dobbiamo utilizzare la perlina della sezione alta aggiungendo 5 e togliendo 1. Siamo adesso a 007. Quando il risultato di una somma è superiore a 9 occorre usare le perline nella colonna delle decine e per sommare ancora 9 dobbiamo aggiungere 10 e togliere 1. In pratica si somma 1 perlina della colonna delle decine e si sottrae 1 perlina dalla colonna delle unità ottenendo 016. Adesso aggiungiamo 65: la somma dei numeri a due cifre si fa a partire dal valore più alto per cui sommiamo 60 abbassando la perlina del 50 ed alzando quella del 10: siamo a 076. Il passo successivo consiste nel sommare 5: poiché non abbiamo 5 perline a disposizione sommiamo 10 e togliamo 5. Il risultato è 081.



Non si può fare qui una completa lezione di abaco, un piccolo corso si trova su www.giocomania.com che ringrazio per le immagini. Con la pratica si diventa velocissimi e si potrà anche sottrarre, moltiplicare e dividere.

I primi calcolatori

Nel 1966 furono trovate a Madrid due raccolte di manoscritti leonardeschi considerate perdute: ricercate in tutto il mondo giacevano da secoli nella Biblioteca Reale con un riferimento di inventario errato! Tra i tanti progetti un disegno sembra rappresentare un calcolatore ma probabilmente si tratta solo di una "ratio machine" che, come un contachilometri o un orologio, ad ogni giro completo di una ruota fa avanzare di un'unità la ruota a fianco la quale a sua volta, dopo un' intera rotazione, fa avanzare di un'unità la ruota successiva. Viene così risolto il problema del riporto che nell'abaco si effettua manualmente. Questo meccanismo si chiama totalizzatore.



Il calcolatore di Leonardo, Codex Madrid I ca. 1500 (Biblioteca Nacional, Madrid)

Una riproduzione del calcolatore di Leonardo venne costruita dalla IBM negli anni '60, ma l'originale non avrebbe potuto funzionare a causa degli eccessivi attriti e la prima calcolatrice meccanica è attribuibile allo scienziato tedesco Schickard nel 1623. Il suo “Orologio Calcolatore” andò distrutto in un incendio e fu Pascal che nel 1640 riuscì finalmente a produrre un'addizionatrice funzionante. Nel 1673 Leibniz progettò un sofisticato calcolatore mentre l'architetto Perrault aveva già disegnato un paio di anni prima una pratica calcolatrice tascabile: l'era del calcolo meccanico stava cominciando.

Questi prototipi erano troppo complessi per la tecnologia dell'epoca e potevano essere realizzati solo artigianalmente in pezzi quasi unici, ma i modelli che ne derivarono furono costruiti fino al 1975: il brevetto di Pascal diede vita alle economiche pascaline, quello di Perrault ad una linea di piccoli aritmografi e il progetto di Leibniz, ripreso da Thomas de Colmar nel suo Arithmometer e migliorato da Odhner, fu adottato dalle principali marche per i modelli più prestigiosi e versatili. Le tastiere apparvero alla fine dell'800 e la storia si conclude nel 1956 con l'innovativa Olivetti Divisumma, un perfetto condensato di tutte le caratteristiche da sempre cercate. All'inizio degli anni '70 la comparsa delle calcolatrici elettroniche cancellò in un attimo queste macchine dal mercato.

Lo stesso meccanismo nel grande calcolatore del '600 e nella piccolissima Curta

Scheda - Classificazione calcolatori

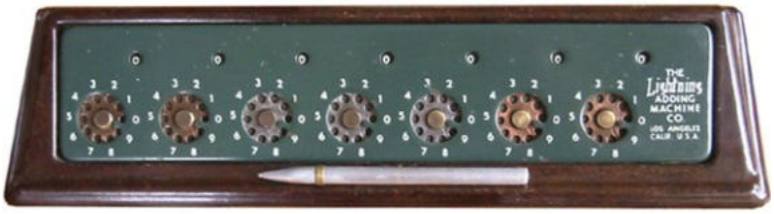
I calcolatori meccanici, eccetto la Olivetti Divisumma, derivano tutti dalle invenzioni del 1600 e vennero costruiti fino alla prima metà degli anni '70. La storia del calcolo si è formata grazie a centinaia di inventori che, pur progettando talvolta macchine di scarso successo, contribuirono a creare la base dei futuri sviluppi. Sono costretto a citare solo le figure più importanti: è impossibile ricordarli tutti.

1623: Wilhelm Schickard

Il suo orologio calcolatore eseguiva le 4 operazioni ma andò subito distrutto e gli schizzi originali sono stati ritrovati solo nel 1912. Non influenzò quindi le successive realizzazioni.

1642: Pascal e le pascaline

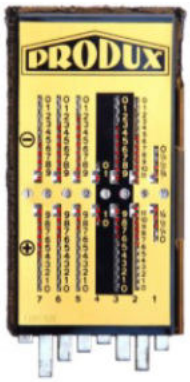
Dalla sua calcolatrice discenderà tutta una serie di “pascaline”, pratiche e poco costose, dove i numeri vengono inseriti facendo ruotare dei dischi con uno stilo. Queste macchinette sono semplici addizionatrici e per sottrarre si utilizza il sistema del complemento o una seconda scala; poiché moltiplicazioni e divisioni sono complicate da eseguire trovarono impiego principalmente nei piccoli esercizi commerciali.

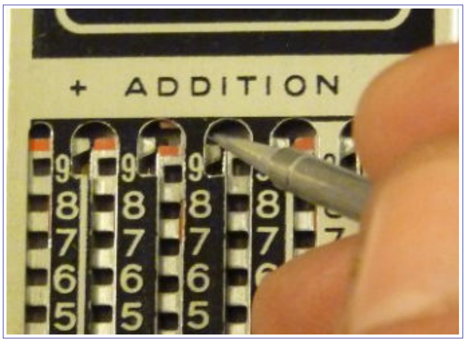



Pascalina del 1940 e sistema per inserire i numeri (la scala gialla serve per sottrarre)

Ca. 1670: Perrault e gli aritmografi

L'architetto Claude Perrault disegnò una addizionatrice tascabile passata al tempo inosservata ma il suo progetto fu ripreso alla fine dell'800 per una serie di piccole Slide e Chain Adder, nelle quali i numeri si inseriscono facendo scorrere dei cursori con l'aiuto di uno stilo. Utilizzando questo principio nel 1889 Louis Troncet diede vita ad una linea di piccoli aritmografi (o addiator), costruiti sempre uguali per quasi cento anni nonostante fossero poco pratici per moltiplicare e dividere.





Aritmografo e il sistema per inserire i numeri, ca.1950

1673: Leibniz e successori

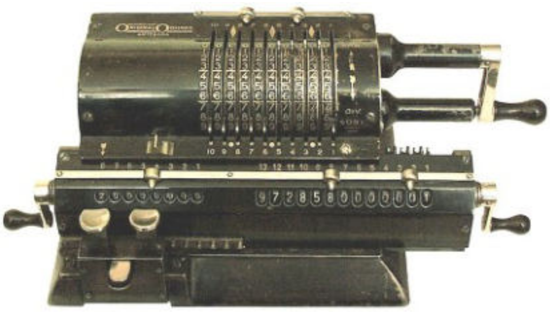
Il calcolatore di Leibniz può effettuare le 4 operazioni eseguendo moltiplicazioni e divisioni come ripetute addizioni e sottrazioni automatizzate. I numeri si inseriscono spostando dei cursori.

Troppo difficile da costruirsi per la tecnologia dell'epoca ebbe comunque molti imitatori ma il progetto si concretizzo solo nel 1820 con l'Arithmomètre di Colmar. Non ebbe poi seguito nel '900 perché surclassato dalla calcolatrice di Odhner che ne migliorò la tecnica costruttiva e la velocità di calcolo.

I principi base di Leibniz vennero infine ripresi da Egli e Monroe per le macchine a moltiplicazione diretta: quasi tutti i progettisti devono qualcosa a questo geniale scienziato.

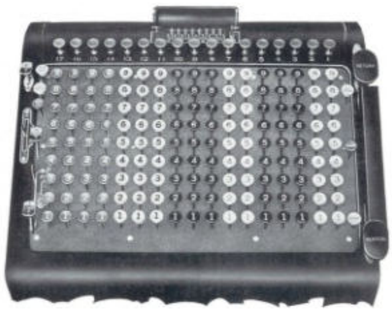
1871: Willgodt Odhner

Migliorò il progetto di Leibniz creando un calcolatore di grande successo, sempre con l'inserimento dei numeri a cursore e la moltiplicazione tramite ripetute addizioni, una delle macchine più copiate e diffuse.



Calcolatrice Odhner e il sistema per inserire i numeri, ca. 1940

1887: Dorr Felt e la tastiera estesa



Felt inventò le Key Driven, addizionatrici munite di una tastiera che aziona direttamente il meccanismo. I tasti sono posizionati in varie colonne, una per ogni posizione decimale, e questa disposizione fu utilizzata da molti fabbricanti anche sulle prime calcolatrici elettroniche: a dispetto dell'apparente complessità si può infatti operare molto rapidamente con entrambe le mani.

1893: La moltiplicazione diretta di W. Egli e J.R. Monroe

Alla fine dell'800, ispirandosi ai principi di Leibniz, Egli e Monroe riuscirono indipendentemente a costruire calcolatrici in grado di eseguire moltiplicazioni e divisioni senza ricorrere a lunghe addizioni e sottrazioni. Queste macchine erano però costosissime e rimasero confinate per usi specifici.

1914: O.J. Sundstrand e la tastiera moderna

Sundstrand brevettò la moderna tastiera il cui utilizzo rimase confinato per anni su piccole addizionatrici, ma dal 1956 fu adottata dalla Olivetti per la Divisumma divenendo così lo standard mondiale.

1956: Capellaro, Olivetti e la Divisumma

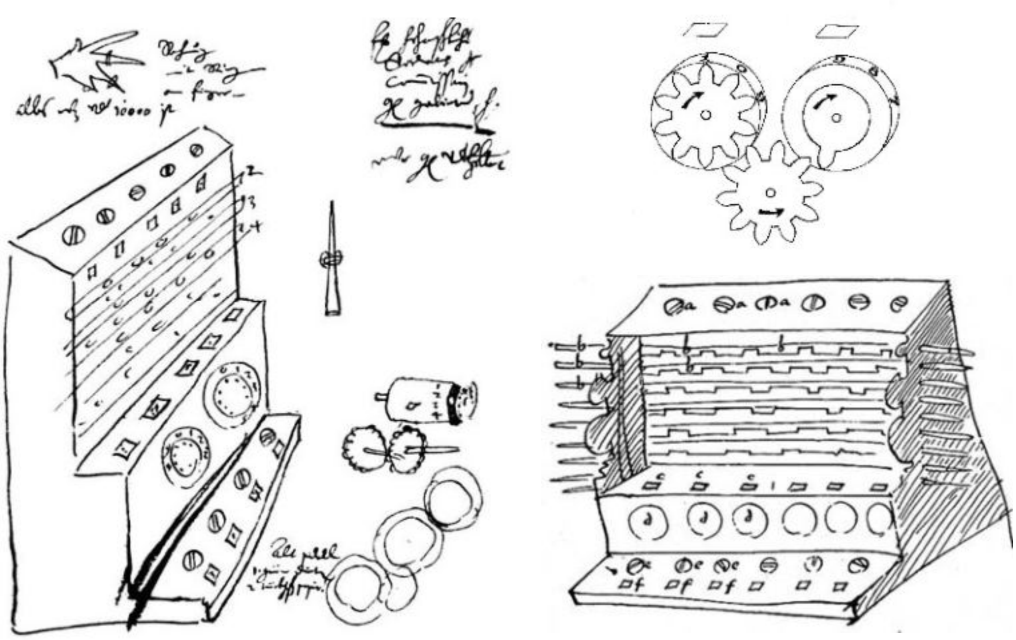
Da un progetto del geniale Natale Capellaro la Olivetti presenta la Divisumma, una calcolatrice originale, compatta e velocissima nell'eseguire le 4 operazioni: il condensato ideale delle caratteristiche ricercate dai progettisti per secoli. Arrivò tardi e dopo pochi anni l'elettronica prese il sopravvento.

Wilhelm Schickard

Dopo Leonardo da Vinci il primo vero tentativo di costruire uno strumento di calcolo è da attribuire al matematico tedesco Wilhelm Schickard, che nel 1623 concepì un orologio calcolatore basato sul movimento di ruote dentate e destinato a Keplero. Era in grado di eseguire meccanicamente addizioni e sottrazioni mentre per la moltiplicazione e la divisione utilizzava un adattamento dei bastoncini di Nepero, illustrati a pagina 66. L'operatore disponeva di un set di anelli da infilare alle dita per memorizzare il riporto e un campanello avvertiva quando infilarne un altro.

Le lettere di Schickard a Keplero riferiscono che la macchina fu distrutta in un incendio quando era ancora incompleta e rimangono solo gli schizzi del progetto, ritrovati nel 1912, che hanno permesso di realizzarne una ricostruzione funzionante. Keplero dovette calcolare le orbite dei pianeti solo con i bastoncini di Nepero ed era già evidente il problema di base: i calcolatori meccanici non eseguono facilmente le moltiplicazioni e bisogna ricorrere a sistemi misti o sotterfugi matematici.

In questa replica sono ben evidenti i bastoncini di Nepero



Negli schizzi inviati a Keplero si notano gli anelli da infilare per il riporto

Pascal e le pascaline

Nel 1642, a soli 19 anni, Blaise Pascal costruì la prima calcolatrice commerciale. Questa macchina, concepita per il sistema monetario francese (pag. 26) e chiamata da tutti "pascalina", eseguiva rapidamente le addizioni ma si doveva sottrarre col metodo del complemento a 10 e moltiplicare o dividere non era facilissimo. Con la Rivoluzione la Francia si convertì al decimale ma le tradizioni sono dure a morire: fiori e uova si comprano ancora a dozzine mentre le rose si regalano dispari proprio per dimostrare che si è operata una scelta. In questa pascalina il display è diviso in Migliaia, Centinaia, Decine, Nombres Simples (unità), Sols (20 Sols = 1 Nombre Simple) e Deniers (12 Deniers = 1 Sol).

Pascalina del 1650 (replica di R. Guatelli - Museo Leonardo - Milano)

L'invenzione di Pascal non ebbe subito il successo sperato, al tempo non si riusciva a risolvere il problema dell'attrito e gli sforzi necessari per azionarla la rovinavano rapidamente. Molti provarono a migliorarla, creando spesso pezzi bellissimi dai nomi di fantasia, ma rimase poco utilizzata fino a quando i progressi della tecnologia permisero la realizzazione di modelli affidabili.

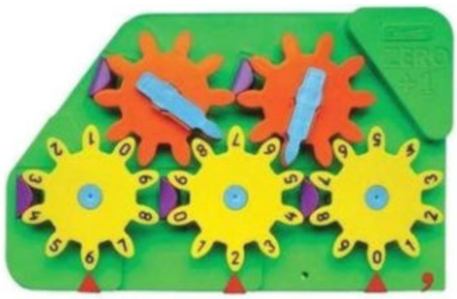
Scheda - Calcolare con la pascalina

La pascalina funziona grazie ad un sistema di ruote sulla cui circonferenza sono marcate le cifre e ogni ruota rappresenta una posizione decimale. Come in un contachilometri ad ogni giro ognuna fa avanzare di un'unità la successiva automatizzando il riporto; un sistema di 5 ruote può sommare fino a 99.999, uno di 8 fino a 99.999.999.

Pascal progettò questa calcolatrice per aiutare il padre nel suo lavoro di esattore fiscale, la fece brevettare nel 1645 e ne costruì 50 esemplari di cui 9 sono sopravvissuti.

L'addizione è molto facile: messa a zero la macchina basta inserire i numeri uno dopo l'altro muovendo le rotelline con l'aiuto di uno stilo ed il risultato apparirà nelle finestrelle.

Tutt'altra cosa le sottrazioni: le rotelle girano in una sola direzione e bisogna sommare numeri negativi utilizzando il metodo del complemento a dieci del sottraendo.



Meccanismo base della pascalina

Eseguiamo 5 - 3: il complemento del numero 3 è 7 (10 - 3 = 7) sommeremo quindi 5 + 7, che senza il riporto fa 2. E' come dire 5 - 3 = 5 + (7 - 10) e quindi 5 - 3 = 5 + (-3).

Molte calcolatrici utilizzarono questo metodo e per la pascalina bisognerà aspettare la prima metà del novecento per accorgersi che era sufficiente far ruotare i meccanismi al contrario. Curiosamente il computer opera proprio nella stessa maniera, col complemento a 2 naturalmente.

```
  356| 2 x 356
 356 |
 356 | 30 x 356
 356 |
 356 |
-----------
11.392
```

Le moltiplicazioni si possono effettuare solo tramite ripetute addizioni, un procedimento poco pratico. Prendiamo come esempio 356 x 32: prima eseguiamo 356 + 356 (che è uguale a 356 x 2), poi per moltiplicare per 30 sommiamo 3 volte 356 spostandoci a sinistra di una colonna.

La moltiplicazione è sempre rimasta il punto debole delle pascaline e si preferiva utilizzare le tabelle illustrate a pagina 42.

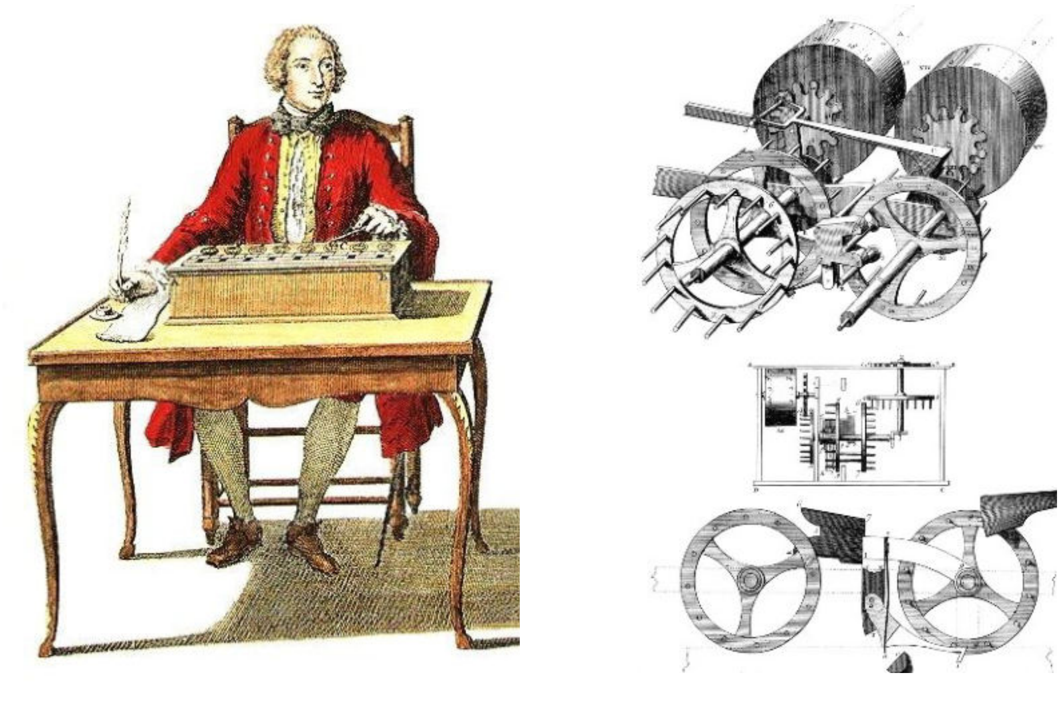
Scheda - Il privilegio di Pascal

Blaise Pascal ottenne una sorta di brevetto per la sua invenzione nel 1645, riconfermato nel 1649 con alcune modifiche. In burocrazia si è sempre prolissi e ne riporto un estratto minimo; la traduzione è liberamente ripresa dall'articolo *"La macchina aritmetica di Blaise Pascal"*, di Pierluigi Graziani e Massimo Sangoi, apparso sulla rivista dell'Istituto di Filosofia Massolo *"Isonomia"* del 30/12/2005.

Pascal pubblicò anche un depliant pubblicitario per il suo calcolatore, che veniva fatto provare al pubblico nella speranza di incrementare le vendite: *"I curiosi che desiderino vedere tale macchina si rivolgano pure al signor Roberval che farà loro vedere gratuitamente la facilità delle operazioni e ne insegnerà l'utilizzo. Il suddetto signor Roberval dimora al Collège Maître Gervais in rue du Foin e lo si trova tutte le mattine fino alle otto e il sabato dopocena".* Il richiamo ad una prova gratuita ha sempre funzionato ma il costo eccessivo faceva scappare i possibili acquirenti. Chi desiderasse consultare i testi originali può acquistare: Pascal B., "*Oeuvres Complètes",* a cura di J. Mesnard edito da De Brouwer, 1992. A pagina 48 si può leggere una breve storia dei brevetti.

La calcolatrice fu presentata a Corte come uno strumento capace di eseguire rapidamente le quattro operazioni: questa era un affermazione azzardata ma il giovanissimo Re Sole, intrigato dalla macchina che *calcolava senza avvalersi di penna o gettoni**, concesse un privilegio, o brevetto, per impedirne la costruzione senza il consenso di Pascal. Il testo è estremamente preciso nel descrivere i meccanismi e proibisce anche di farne copie migliorate o differenti, in Francia ed all'estero. Protegge insomma il principio più che la sua realizzazione tecnica, ma Pascal non si sarebbe dovuto preoccupare tanto: aveva sopravvalutato la tecnologia del tempo e il suo progetto, copiato da tutti in barba al privilegio, ebbe un esito commerciale solo dopo 250 anni.

Da notare che, allora come oggi, i decreti si sovrapponevano ed il Re conclude così: *Poiché tale è il Nostro volere; nonostante ogni editto, ordinanza, dichiarazione, decreto, regolamento, privilegio, statuto, clamore di folla, carta normanna o altre lettere contrarie, alle quali e alle derogatorie delle derogatorie ivi contenute Noi deroghiamo ….* Derogatoria della derogatoria della derogatoria, davvero moderno, ed il Re pretese che Pascal apponesse una marca sugli strumenti a garanzia della origine con un certificato di come il calcolatore fosse stato testato e funzionasse a dovere. Qui niente da eccepire: è un brevetto in piena regola.



Pascal al lavoro col suo calcolatore ed uno schizzo dei meccanismi

***** I gettoni a cui si riferisce sono i "jetons", monete o pedine che si muovevano sopra un abaco a scacchiera, come quello inglese visto a pagina 13, ancora usato in Europa al tempo di Pascal.

Estratto del *"Privilegio per la macchina del Sig. Pascal"*, anno 1645:

Il nostro caro e amato signor Pascal figlio Ci ha messi a conoscenza del fatto che ha inventato una macchina mediante la quale si può fare calcoli di ogni sorta, addizioni, sottrazioni, moltiplicazioni, divisioni, e tutte le altre operazioni di aritmetica, con numeri sia interi che decimali, senza avvalersi della penna o dei gettoni, con un metodo molto più semplice, più facile da imparare, più rapido e meno penoso per la mente di quanto non lo siano stati gli altri modi di calcolare in uso fino ad oggi; e che, oltre a questi vantaggi, ha ancora quello di escludere ogni rischio d'errore, e questa è la condizione più importante di tutte nel calcolo.

---------------------------- *omissis* -----------------------------

Pertanto egli desidererebbe che Vietassimo a ogni artigiano di costruire il suddetto strumento senza il suo consenso e a tal fine prega Noi di accordargli le lettere a ciò necessarie. E poiché il suddetto strumento ha per ora un prezzo eccessivo che lo rende inutile al pubblico, e siccome egli spera di portarlo a un prezzo minimo con l'invenzione di un movimento più semplice ma operante il medesimo effetto alla cui ricerca lavora continuamente, desidera che la sua invenzione sia protetta per poterla sviluppare nel tempo. Per queste ragioni, Noi, con la presente, firmata di Nostro pugno, Permettiamo al suddetto signor Pascal figlio di far costruire, in ogni luogo di Nostra giurisdizione, il suddetto strumento da lui inventato per contare, calcolare, fare ogni sorta di addizioni, sottrazioni, moltiplicazioni, divisioni e altre operazioni di aritmetica senza l'impiego di penna o gettoni; e Facciamo espressamente divieto a tutti, artigiani e altri che siano, di realizzarne o farne realizzare, di venderne o fornirne senza il consenso del suddetto signor Pascal figlio, sotto il pretesto di aumento delle dimensioni, di cambiamento di materia o figura o maniere di servirsene, sia che siano composti di ruote eccentriche o concentriche o parallele, di aste o bacchette e altre cose, o che le ruote si muovano solo in un verso o in entrambi; perfino agli stranieri si proibisce di esporne o venderne in questo Regno, anche se fossero stati costruiti al di fuori di esso.

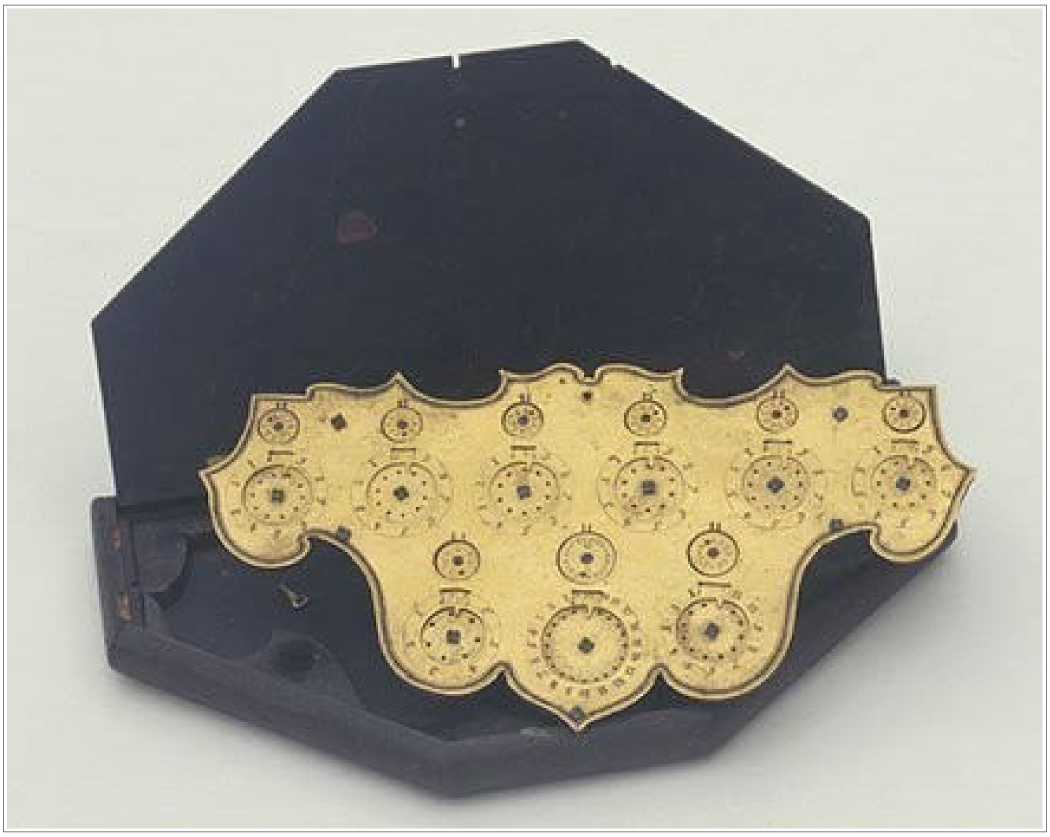
---------------------------- *omissis* -----------------------------

A tale proposito, in virtù della presente, Ingiungiamo a tutti gli operai che costruiranno i suddetti strumenti di farvi apporre, dal suddetto signor Pascal figlio, un contrassegno a testimonianza che i suddetti strumenti sono autorizzati e privi di difetti. Vogliamo che tutte le macchine per le quali queste prescrizioni non saranno state osservate vengano confiscate e che coloro che le avranno costruite o che ne saranno trovati in possesso vadano soggetti alle seguenti pene e ammende, di cui l'ammontare di un terzo sarà devoluto allo stesso signor Pascal figlio.

---------------------------- *omissis* -----------------------------

Chiude il testo, stilato in perfetto burocratese, la lista delle ammende, la derogatoria della derogatoria e la firma: Luigi XIV, la Regina Reggente, Sua Madre, presente. Per il Re: Phélypeaux. Gratis (senza spese). Il Sovrano all'epoca aveva solo 7 anni, Pascal 22.

Gli esemplari più belli ispirati al progetto di Pascal furono eseguiti da Tito Livio Burattini e Samuel Morland, entrambi regalati a Cosimo III de' Medici, ma la pascalina rimase nell'ombra fino a quando il tumultuoso sviluppo economico degli Stati Uniti non spinse gli inventori a ridisegnarla in modo più razionale e moderno.

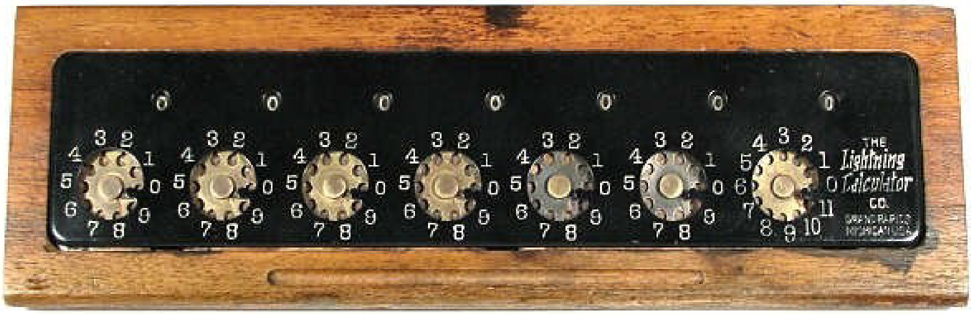


Il meraviglioso Ciclografo di Burattini, ca. 1660 (© Museo Galileo - Firenze)

Nel 1901 apparve sul mercato statunitense “The Calcumeter”, la prima pascalina veramente economica e funzionale. Questa addizionatrice incontrò grande successo e fu copiata da molti produttori nonostante fosse sempre difficile eseguire sottrazioni, moltiplicazioni e divisioni.

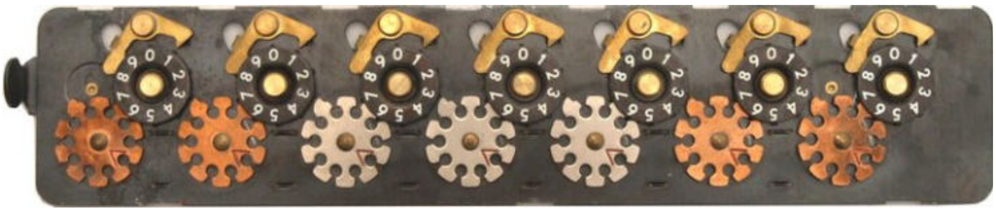
The Calcumeter, 1901, una delle prime pascaline funzionanti

Attorno al 1930 ci si accorse finalmente che, facendo girare le ruote in senso inverso ed utilizzando una seconda scala numerica invertita, le sottrazioni si potevano eseguire come addizioni al contrario mentre moltiplicare resterà sempre poco intuitivo, fatto ininfluente visto il semplice uso contabile a cui queste macchinette erano destinate. Le pascaline cambiarono poco nel corso degli anni e solo nel 1956 l'ingegnere ligure Sergio Lanza riuscì a far funzionare un modello modificato che, a causa della scarsa protezione garantita dal brevetto italiano, venne copiato da tutti. La produzione terminerà verso il 1975: il calcolatore di Pascal era stato costruito, nelle varie versioni, in oltre 5 milioni di unità.

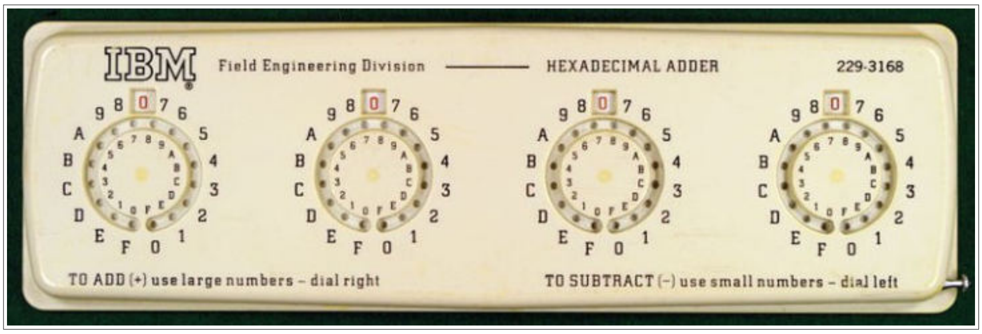


Ancora negli anni '30 i modelli sono tradizionali ma dal 1945 …

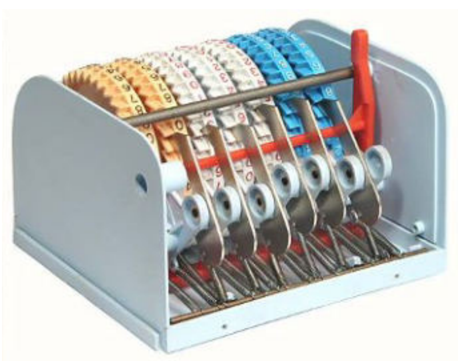
… la sottrazione è diventata facilissima (notare la scala piccola invertita)



Nei rotismi si vede chiaramente il dente più lungo che aziona il riporto



Modello tascabile esadecimale (vedere a pag. 26), ca. 1965



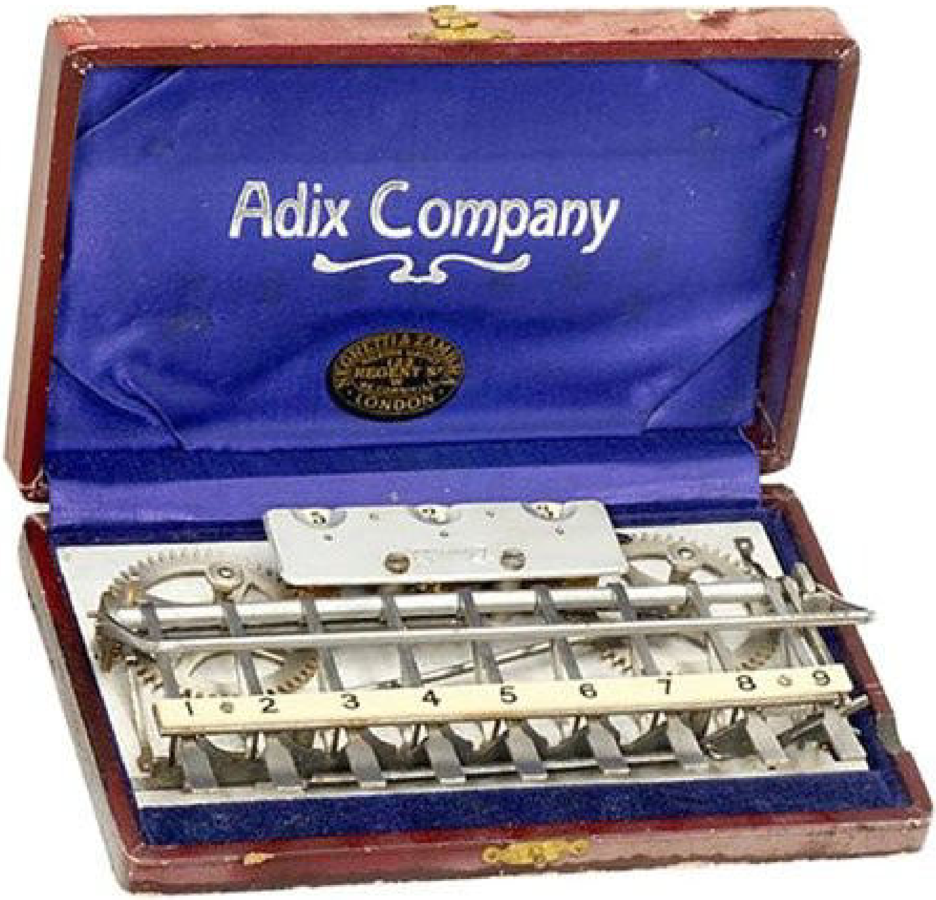
Copia cinese della pascalina modificata da Lanza, 1970 (© John Wolff)

La pascalina in colonna singola

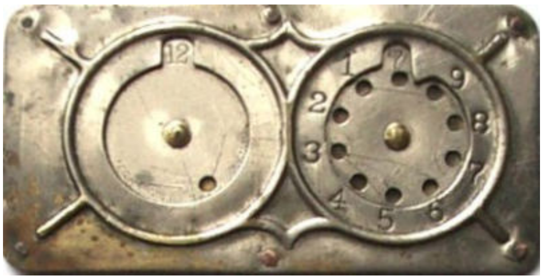
Alla fine dell'800 fu di gran moda un modello di pascalina col display di sole due o tre cifre che permetteva di eseguire la contabilità in colonna singola, sommando cioè i numeri di ogni colonna ed effettuando il riporto a memoria. Così semplificata non soffriva il problema dell'attrito e se ne costruirono di molto curiose: il Webb Adder si manovrava infilandolo nel pollice, lo Stephenson era più piccolo e sottile di una moderna carta di credito e l'Adix possedeva una rudimentale tastiera che velocizzava il lavoro. Tutte ebbero grande successo e l'Adix veniva ancora commercializzato negli anni '50.

Webb Adder, ca. 1891: una rudimentale addizionatrice

Spaccato del BriCal Calculator per la valuta britannica, ca. 1900



La piccola Adix con tastiera, ca. 1901



Credit card size: lo Stephenson Adder ed il suo meccanismo, ca. 1890

Scheda - Calcolare in colonna singola

Supponiamo di dover effettuare questa operazione:

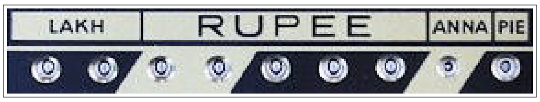
743 +
1.226 +
2.365 =
4.334

Si fa la somma delle unità nell'ultima colonna, in questo caso 14, si prende nota del risultato, 4, si azzera e si procede per la somma delle decine nella colonna a fianco aggiungendo 1 di riporto. Si prende nota del risultato, 13, e si azzera continuando in maniera analoga per le centinaia, ecc.

Nelle banche e negli uffici i direttori amavano molto questo metodo: non potendo operare rapidamente gli impiegati erano costretti a prestare la massima attenzione, scrivendo i riporti a margine per una futura verifica dei conti. Naturalmente le sottrazioni si devono eseguire col metodo del complemento.

Scheda - I sistemi non decimali

La costruzione dei calcolatori è complicata dall'esistenza dei sistemi monetari duodecimali, mutuati dall' Impero Romano e diffusi in tutta Europa da Carlo Magno nel 779, basati sulla libra (o lira) con unità decimali e tagli da 20 soldi e 240 denari. La Francia, dopo la Rivoluzione, fu la prima ad adottare il decimale ma i progettisti si dovevano sempre confrontare con la valuta britannica ed altri strambi sistemi. In basso a sinistra abbiamo un display in sterline, scellini e pennies, detto anche L.s.d.(!): gli Inglesi sono conservatori e i simboli sono ancora quelli di "librae", "solidi" e "denarii". A fianco un display in Rupie.



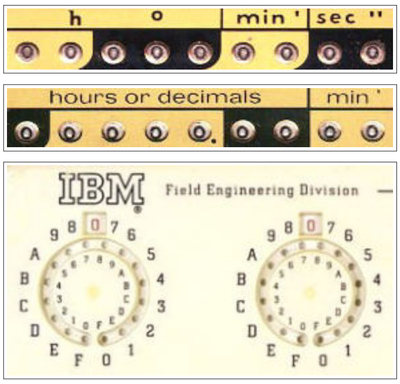
Non era certo facile: la sterlina era decimale ma divisa in 20 scellini di 12 pennies ciascuno, mentre il penny veniva frazionato in 2 halfpennies e 4 farthings. Se il prezzo di un oggetto è di 1£ 7s.9¾d. (cioè 1 sterlina, 7 scellini, 9 pennies, 1 halfpenny e 1 farthing) quanto costerà acquistarne tre? 4£ 3s.5¼d. naturalmente!

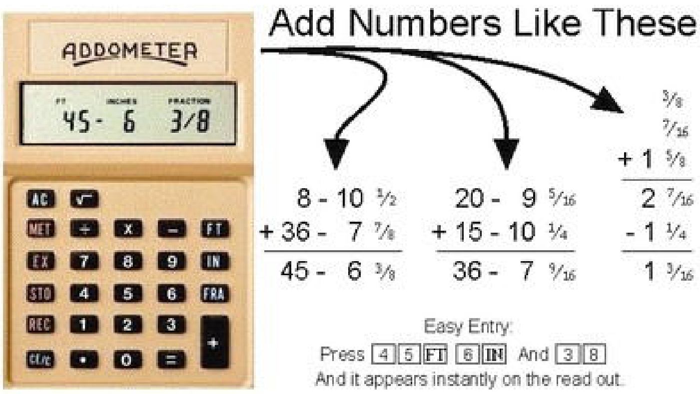
Poveri progettisti, si misurava in *Imperiale* (12 pollici = 1 piede; 3 piedi = 1 iarda; 22 iarde = 1 catena, ecc.), pesi e volumi erano complicatissimi e le calcolatrici utilizzate in India dovevano mostrare i risultati in Lakh, Rupie, (1/100.000 di Lak), Anna (1/16 di Rupia) e Pie (1/12 di Anna). L'India adottò il decimale nel 1957 e la Gran Bretagna nel 1971, ma gli inglesi lo combatterono a lungo sostenendo che era troppo difficile da imparare!

In Italia il decimale venne introdotto nel 1806 da Napoleone, che progettò la Lira italiana subito adottata in Lombardia e Piemonte. Dopo l'unificazione la Lira ebbe corso legale in tutto il paese sostituendo il caos delle diverse monete circolanti negli stati pre-unitari, alcune con divisioni più complesse del duodecimale. Un esempio minimo per la sola Toscana: 1 Lira toscana = 20 soldi = 1,50 Paoli = 0,60 Fiorini (0,84 Lire italiane); 1 Crazia = 5 quattrini = 1 soldo e 8 denari = 0,125 Paoli = 0,083 Lire toscane (7 centesimi italiani); 1 Fiorino = 100 quattrini = 2,5 Paoli = 1,66 Lire toscane (1,40 Lire italiane). Dal 1861 vennero unificati anche i pesi e le misure: erano decine e si cambiava ad ogni frontiera, spesso ad ogni città. Il miglio romano era più corto del miglio fiorentino, simile a quello livornese, ma più lungo del miglio di Napoli e comunque diverso da quello di Genova, dal veneto e dal piemontese. I pesi poi ... una fatica fare l'Italia.

E' divertente ricordare un altro eccentrico sistema monetario: durante la Guerra di Indipendenza gli Americani, per protestare contro l'Inghilterra, adottarono il dollaro spagnolo frazionato in ottavi. Da qui deriva l'espressione *"Pezzo da otto"* per definire un oggetto di valore ma, pur avendo reso decimale il dollaro dal 1776, il frazionamento in ottavi rimase parallelamente in uso e solo nel 1998 Wall Street lo proibì nelle transazioni. Gli Americani usano il decimale solo per la moneta e continuano a misurare, come ormai solo la Liberia e il Burma, in *US Standard* dove un pollice è diviso in ottavi o sedicesimi. Esiste inoltre l'esadecimale in base 16 (10 cifre più le lettere da A a F nel quale 100 si scrive 64 e 200 come C8): inventato nel 1859 viene oggi adoperato dai programmatori in quanto il computer funziona proprio a multipli di 8 bit.

In astronomia il tempo è sessagesimale mentre in molti procedimenti di produzione si misura in ore decimali, ma fortunatamente addiator e pascaline si prestano ad ogni tipo di riporto. Per ogni unità di misura esiste quindi una calcolatrice specifica ma la coesistenza di diversi sistemi crea confusione: nel 1999 la sonda *"Mars Climate Orbiter"* si disintegrò nell'orbita marziana perché i sensori rilevavano le distanze in *US Standard*, comunicandole poi al centro di controllo che invece credeva fossero espresse in decimale. Il responsabile dichiarò *People sometimes make errors* e questo costosissimo errore passò alla storia come *"metric mix-up"*.





Display in ore, ore decimali, esadecimale e pubblicità di una calcolatrice USA moderna

I libretti di conti fatti

Le calcolatrici, anche le semplici pascaline, erano piuttosto costose e chi non poteva permettersele utilizzava i “Ready Reckoner”, pratici libretti di conti fatti in cui si dava il risultato di una grande quantità di problemi correnti. Le prime edizioni risalgono all'inizio dell'800 e vennero ristampati con poche modifiche fino al 1975 circa. Il loro prezzo era 30 volte inferiore a quello di una calcolatrice e per l'uso casalingo non avevano rivali.

Orton & Sadler's Interest Tables.

Rate 10 per cent., 360 days per annum.

Dolls.	9 months, or 270 days.	10 months, or 300 days.	11 months, or 330 days.	12 months, or 360 days.	Dolls.
10000	$750.00 00	$833.33 33	$916.66 67	$1000.00 00	10000
9000	675.00 00	750.00 00	825.00 00	900.00 00	9000
8000	600.00 00	666.66 67	733.33 33	800.00 00	8000
7000	525.00 00	583.33 33	641.66 67	700.00 00	7000
6000	450.00 00	500.00 00	550.00 00	600.00 00	6000
5000	375.00 00	416.66 67	458.33 33	500.00 00	5000
4000	300.00 00	333.33 33	366.66 67	400.00 00	4000
3000	225.00 00	250.00 00	275.00 00	300.00 00	3000
2000	150.00 00	166.66 67	183.33 33	200.00 00	2000
1000	75.00 00	83.33 33	91.66 67	100.00 00	1000
900	67.50 00	75.00 00	82.50 00	90.00 00	900
800	60.00 00	66.66 67	73.33 33	80.00 00	800
700	52.50 00	58.33 33	64.16 67	70.00 00	700
600	45.00 00	50.00 00	55.00 00	60.00 00	600
500	37.50 00	41.66 67	45.83 33	50.00 00	500
400	30.00 00	33.33 33	36.66 67	40.00 00	400
300	22.50 00	25.00 00	27.50 00	30.00 00	300
200	15.00 00	16.66 67	18.33 33	20.00 00	200
100	7.50 00	8.33 33	9.16 67	10.00 00	100
90	6.75 00	7.50 00	8.25 00	9.00 00	90
80	6.00 00	6.66 67	7.33 33	8.00 00	80
70	5.25 00	5.83 33	6.41 67	7.00 00	70
60	4.50 00	5.00 00	5.50 00	6.00 00	60
50	3.75 00	4.16 67	4.58 33	5.00 00	50
40	3.00 00	3.33 33	3.66 67	4.00 00	40
30	2.25 00	2.50 00	2.75 00	3.00 00	30
20	1.50 00	1.66 67	1.83 33	2.00 00	20
10	.75 00	.83 33	.91 67	1.00 00	10

COMPOUND INTEREST TABLE,

Showing the amount of $1.00 at Compound Interest, from 1 to 20 years. Rate 5 to 10 per cent.

Years.	5 Per Cent.	6 Per Cent.	7 Per Cent.	10 Per Cent.
1	1.050000	1.060000	1.070000	1.100000
2	1.102500	1.123600	1.144900	1.210000
3	1.157625	1.191016	1.225043	1.331000
4	1.215506	1.262477	1.310796	1.464100
5	1.276282	1.338226	1.402552	1.610510
6	1.340096	1.418519	1.500730	1.771561
7	1.407100	1.503630	1.605781	1.948717
8	1.477455	1.593848	1.718186	2.143589
9	1.551328	1.689479	1.838459	2.357948
10	1.628895	1.790848	1.967151	2.593742
11	1.710339	1.898299	2.104852	2.853117
12	1.795856	2.012196	2.252192	3.138428
13	1.885649	2.132928	2.409845	3.452271
14	1.979932	2.260904	2.578534	3.797498
15	2.078928	2.396558	2.759031	4.177248
16	2.182875	2.540352	2.952164	4.594973
17	2.292018	2.692773	3.158815	5.054470
18	2.406619	2.854339	3.379932	5.559917
19	2.526950	3.025599	3.616527	6.115909
20	2.653298	3.207135	3.869684	6.727500

N. B. In the calculations of Compound Interest, much labor will be saved by use of the above Table.

Orton & Sadler's, 1866, un successo commerciale per 100 anni

Alcuni vennero montati su rulli per facilitarne la consultazione, specialmente se destinati agli esercizi commerciali: un sistema molto pratico quando ci si limita a calcolare il prezzo di una merce per quantità od unità di peso. Il modello illustrato in basso è velocissimo in questo tipo di operazioni.

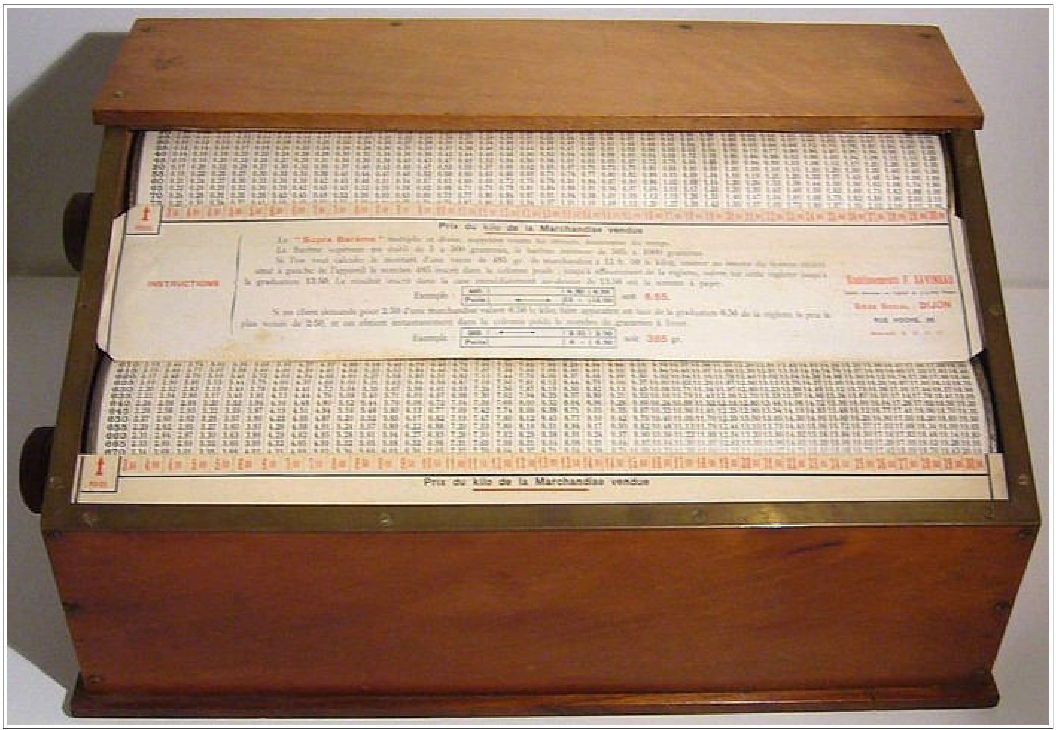
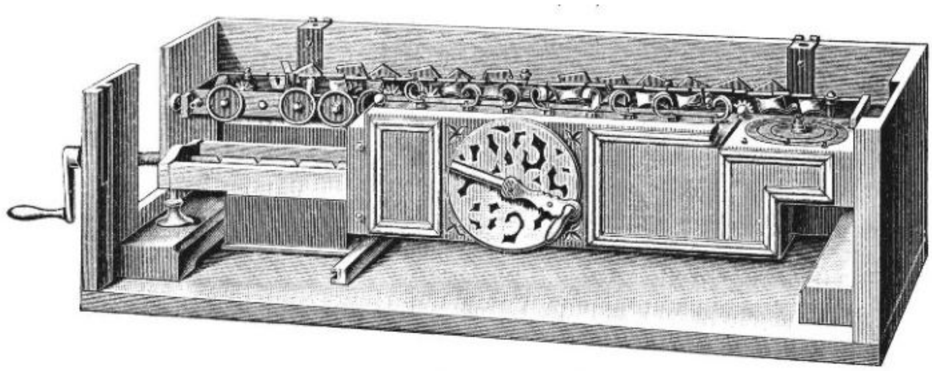


Tabella di calcolo a rulli “Supra Barême”, ca. 1920

Leibniz e successori

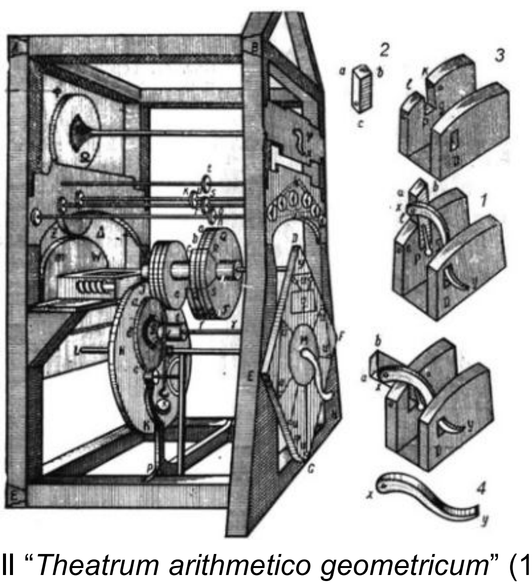
Nel 1673 Leibniz, ispirandosi al brevetto di Pascal, progettò un sofisticato calcolatore utilizzando il suo innovativo “tamburo” (o stepped drum). Addizioni e sottrazioni si eseguono come nella pascalina, la moltiplicazione si effettua tramite addizioni ripetute: per ottenere il risultato di 15x4 bisogna sommare 15+15+15+15, operando inversamente si può dividere. La tecnologia impiegata è complessa, basta sapere che non è necessario eseguire tutte le somme in quanto il procedimento è meccanizzato. Nella pascalina i numeri vengono subito addizionati mentre il tamburo (chiamato in seguito traspositore) li conserva in una memoria che permette di riutilizzarli. Inoltre i tamburi, uno per ogni colonna, sono scorrevoli e permettono di moltiplicare automaticamente per potenze di 10: volendo eseguire 540x123 non serve eseguire 123 addizioni ma basta impostare 540 sui cilindri, sommarlo 3 volte, spostare i tamburi di una posizione a sinistra, sommare 2 volte, spostare e sommare una volta. Il numero di addizioni o sottrazioni consecutive è controllato da una lancetta: per eseguire una moltiplicazione è sufficiente puntarla sul numero di addizioni desiderato che il calcolatore eseguirà poi autonomamente.

Immaginando una super calcolatrice Leibniz inventò anche il sistema binario, presentato il 15 marzo 1679 nel manoscritto di sole tre pagine *“De Progressione Dyadica"*. Troppo moderno per i tempi non venne compreso e la prima macchina di questo tipo fu costruita nel 1936. Oggi è la base matematica del computer, ideato per questo scopo quando ancora non si conosceva l'elettricità.



La macchina di Leibniz in una stampa di fine '800

Il progetto di Leibniz era difficile da costruirsi ma ebbe molti emulatori come Poleni, Leupold e Braun, che produssero opere d'arte destinate alle corti anche se poco funzionali. Le basi concettuali erano valide, solo troppo avanzate per l'epoca, ed i modelli che ne derivarono furono poi utilizzati fino al 1970.



Nel 1709 l'astronomo Giovanni Poleni pubblicò la descrizione di una macchina di calcolo: la sua interpretazione del tamburo di Leibniz anticipa di 150 anni l'invenzione di Odhner, che darà finalmente il via alla produzione in serie di queste calcolatrici.

Il libro si apre con le seguenti parole: *Dopo aver ascoltato dalla voce o dagli scritti di scienziati, che sono state fatte dai più illustri Pascal e Leibniz due macchine per la moltiplicazione aritmetica, io che non conosco il loro meccanismo volevo indovinare il loro funzionamento per costruirne una nuova e migliore*. Gente in gamba a quei tempi.

I due esemplari costruiti non sono sopravvissuti ma una loro descrizione, apparsa nel “*Theatrum arithmetico geometricum*“ (immagine a sx) ha permesso di eseguirne una copia funzionante nel 1959.

Il “*Theatrum arithmetico geometricum*” (1727) del tedesco Jacob Leupold fu la migliore opera sulle macchine di calcolo del XVIII° secolo. Vi sono descritti tutti i calcolatori, i regoli logaritmici ed una sua calcolatrice, mutuata dal progetto di Leibniz e mai realizzata. Fu ripresa da Anton Braun e verrà infine terminata da Philippe Vayringe nel 1736. In seguito in tanti cercarono di migliorarla ma solo a metà '800 si riuscirono a produrre meccanismi che non subissero attriti eccessivi.

La calcolatrice di Braun, costruita da Vayringe nel 1736

Thomas de Colmar brevettò la sua modifica al progetto di Leibniz nel 1820, ma le difficoltà incontrate per realizzarlo ne rimandarono la commercializzazione al 1851. Ingombrante e costoso il suo Arithmomètre era però molto affidabile e fu prodotto fino al 1915 in ben 1.500 unità.

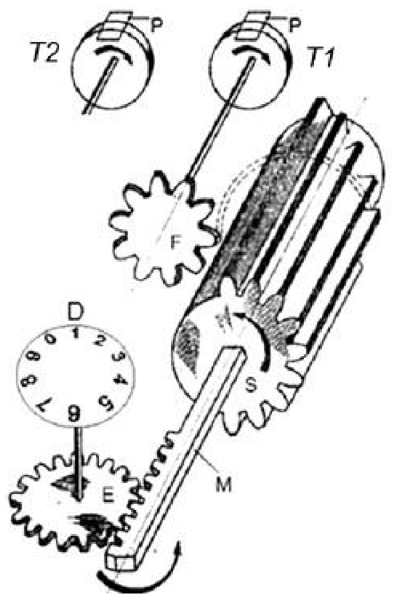
Colmar morì nel 1870 e la fabbrica passò prima al figlio, poi al nipote e nel 1887 fu acquistata da Louis Payen. Nel 1902 venne rilevata dalla vedova che a sua volta la rivendette poco dopo e tutte queste vicissitudini impedirono lo sviluppo della macchina, che perse così la sua supremazia di mercato. Altri modelli, più versatili e moderni, stavano nascendo ma l'Arithmomètre era robustissimo e in molti uffici è stato utilizzato fino al secondo dopoguerra.

Il grande Arithmomètre di Colmar, ca. 1900

Un articolo pubblicato nel gennaio 1857 su *“The Gentleman's Magazine”* lo descriveva così:

L'Arithmomètre, leggero e facilmente trasportabile, può essere utilizzato senza difficoltà anche per estrarre radici quadrate. Una moltiplicazione fra due numeri di 8 cifre si esegue in 18 secondi, una divisione in 16 e in un minuto si estrae la radice quadrata di un numero a 16 cifre. Lo strumento interpreta le domande e fornisce immediatamente le risposte calcolando con una sua propria logica ed intelligenza. Può sfidare vittorioso qualsiasi altro calcolatore esistente.

Chissà come avrebbe lodato un comune iPhone, provate però ad estrarre radici più rapidamente!



L'*Arithmomètre* rimase un esperimento isolato in quanto Odhner stava ormai invadendo il mercato con il suo nuovo modello di calcolatrice. Alla fine dell'800 ci fu un fiorire di brevetti volti a migliorarlo, primo forse quello dell'americano Baldwin, ma solo Odhner riuscì a trovare una soluzione così valida da rimanere in commercio per 100 anni. Una profonda rielaborazione dei suoi principi teorici fu poi alla base delle macchine a moltiplicazione diretta che vedremo a pagina 50.

Infine non si può dimenticare la piccola Curta, progettata da Kurt Herzstark durante la seconda guerra mondiale: 230 grammi per eseguire le quattro operazioni con un display di 11 cifre, un gioiello miniaturizzato di grande successo nonostante il costo proibitivo. I principi delle grandi macchine progettate 300 anni prima si erano finalmente realizzati grazie alla moderna tecnologia costruttiva.

Composta di oltre 600 pezzi utilizzava ancora il tamburo di Leibniz ma è certamente la miglior calcolatrice tascabile meccanica mai esistita, la preferita dai piloti di rally, e rimase in produzione fino alla prima metà degli anni '70.

In alto a sinistra uno schizzo originale del tamburo di Leibniz

L'interno della Curta: stregoneria meccanica

Kurt Herzstark, un genio della meccanica di precisione, venne internato perché ebreo a Buchenwald dove il direttore del campo gli propose di costruire un mini calcolatore, che intendeva regalare a Hitler per la vittoria, offrendogli in cambio un trattamento sopportabile. Herzstark riuscì nell'intento, sopravvivendo quindi alla prigionia, e dopo la guerra brevettò e produsse in serie il suo progetto. La vittoria finale non era stata di Hitler ma una buona calcolatrice può davvero salvare la vita.

Scheda - Leibniz e il sistema binario

Una serie di 8 trigrammi e 64 esagrammi, analogo ai sistemi binari con 3 e 6 bit, era conosciuta nella Cina antica attraverso il testo classico *"I Ching".* Lo Yin rappresentava lo zero e lo Yang l'uno, ma non risulta che i cinesi avessero intuito le potenzialità matematiche di questa disposizione. Altre tracce di un sistema a base 2 si trovano nell'opera indiana *"Chandas-shāstra"* del IV° secolo a.C.

Il moderno sistema binario venne inventato nel 1679 da Leibniz che, al corrente degli studi cinesi, notò come gli esagrammi corrispondessero ai numeri binari da 0 a 111111. Al tempo non si poteva realizzare un calcolatore basato su questo "linguaggio macchina" e solo nel 1936 l'ingegnere tedesco Konrad Zuse costruì nel salotto di casa il primo calcolatore binario, lo Z1 (a sx la sua ricostruzione esposta al Technikmuseum di Berlino), un capolavoro meccanico composto da oltre 30.000 pezzi.

I primi super calcolatori funzionavano in modo decimale, sistema poco efficiente sulle macchine, il calcolatore di Zuse accettava invece un input decimale, elaborava in binario e restituiva il risultato in decimale: esattamente la stessa interfaccia di oggi.

Nel 1941 nacque lo Z3, elettromeccanico e totalmente programmabile. Venne distrutto in un bombardamento ed il primato di primo computer binario passò al gigantesco "ENIAC" americano del 1941: 18.000 valvole per 30 tonnellate di peso, dove i dati venivano inseriti con le schede già inventate nel 1801 da Jacquard per programmare i suoi telai. Vediamo ora brevemente come si calcola in binario:

scrivendo 80.167 intendiamo dire: 8 volte 10.000 + 0 volte 1.000 + 1 volta 100 + 6 volte 10 + 7 volte 1.

10.000	1.000	100	10	1
8	0	1	6	7

Il sistema binario è organizzato nello stesso modo, solo che invece di potenze di 10 (1, 10, 100, 1.000, ecc.) si utilizzano le potenze di 2: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64,128, ecc. Capito adesso perché le memorie dei computer hanno valori di 64kb, 128kb, 256kb?

Col sistema decimale scrivere un numero significa indicare quante volte si ha bisogno dell'intestazione di una data colonna per formarlo. Per ogni colonna si può andare da 0 a 9 volte, non di più perché in questo caso aggiungeremmo una unità nella colonna a sinistra. Col sistema binario dobbiamo invece decidere se usare, o non usare, la potenza di 2 che si trova come intestazione di ciascuna colonna. Non possiamo prendere, per esempio, più di una volta l'intestazione della prima colonna da destra, 1, perché si produrrebbe una unità nella colonna 2, subito a sinistra. Proviamo a riscrivere 80.167:

65.536	32.768	16.384	8.192	4.096	2.048	1.024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1

Scriveremo 1 sotto 65.536 in quanto è la prima potenza di due più piccola di 80.167 e dopo dobbiamo esprimere 14.631 (80.167 - 65.556), che è più piccolo delle intestazioni delle due colonne seguenti, (32.768 e 16.384), per cui scriveremo zero sotto di esse. Scriveremo 1 sotto 8.192 in quanto è più piccolo di 14.631 e così via fino ad ottenere: 65.536 + 8.192 + 4.096 + 2.048 + 128 + 64 + 2 + 1 = 80.167.

Per addizionare la regoletta è: 0+0 = 0; 1+0 = 1; 1+1 = 10. Proviamo con 19+13 = 32:

10011 +
1101 =

100000

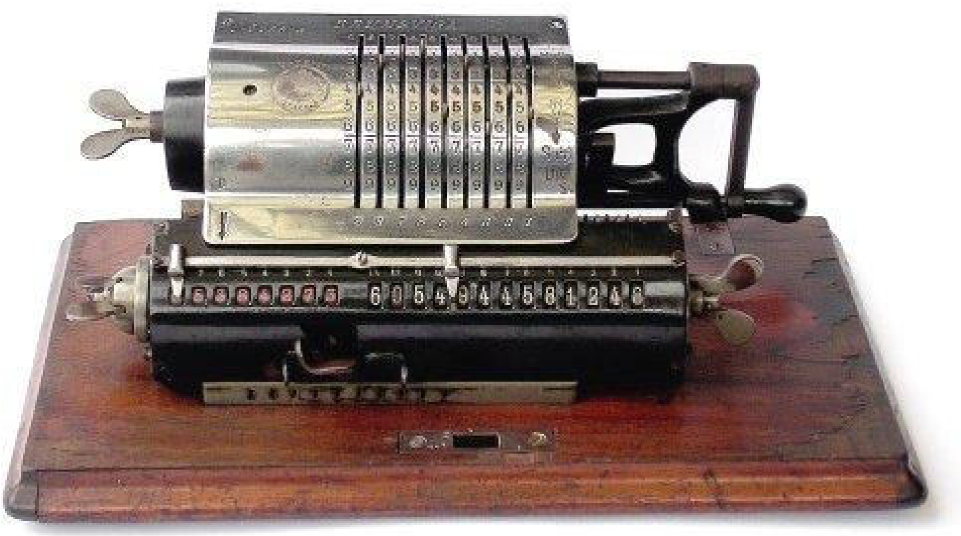
Nella colonna più a destra il risultato della somma è 2 (scritto 10): si scrive zero nella riga del risultato e si riporta uno. Questo riporto di uno più l'uno del primo addendo della seconda riga da destra dà di nuovo "scrivo zero e riporto uno" che continua ad essere trasmesso verso sinistra finché va a produrre l'unico uno del risultato. La moltiplicazione si esegue come nel sistema decimale ed è sufficiente sommare il moltiplicando, facendolo scorrere verso sinistra in base al valore del moltiplicatore.

Questa è una matematica perfetta per i processori che la possono esprimere con un unico simbolo: presenza di corrente = 1. Gli zeri li abbiamo messi noi per tenere occupate le posizioni vuote, il processore non riscontra corrente e le ignora. Leibniz era un genio.

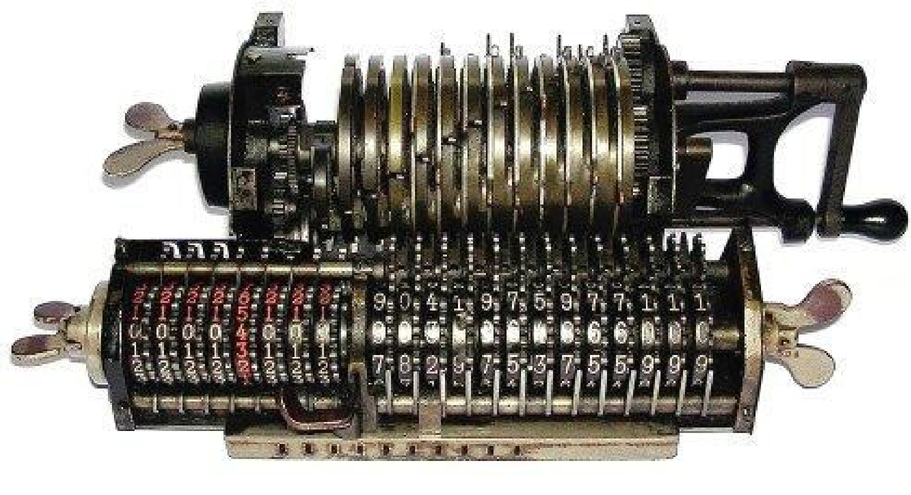
Ringrazio l'Ing. Roberto Vacca che nel suo libro "*Come imparare più cose e vivere meglio*" spiega il sistema binario in modo chiaro e comprensibile a tutti.

Willgodt Odhner

Willgodt Odhner, ingegnere ed imprenditore svedese, lavorava a San Pietroburgo nell'azienda del fratello di Alfred Nobel dove nel 1871, riparando un Arithmomètre, si accorse che era possibile ridisegnare il tamburo di Leibniz in modo più pratico: ci vollero 19 anni prima di iniziare la produzione ma la sua calcolatrice ebbe un immediato successo e la fabbrica passò poi ai figli che costruirono circa 23.000 unità prima di essere espulsi dalla Russia durante la rivoluzione. Questa macchina si basa sulla “Pin Wheel”, ingegnosa modifica al tamburo di Leibniz, che velocizza le ripetute addizioni necessarie per moltiplicare. Fu copiata da molte ditte, le principali furono Brunsviga, Triumphator, Walther, Thales, Muldivo, Felix, Tiger e Busicom. Quest'ultima è rimasta famosa in quanto nel 1970 commissionò alla Intel un chip per creare una macchina moderna, destinata a sostituire il vecchio progetto di Odhner. Federico Faggin, direttore tecnico della Intel, costruì il famoso 4004, primo microprocessore al mondo. La nuova Busicom141-PF fu quindi la prima calcolatrice elettronica non scientifica di piccole dimensioni: la minuscola firma “F.F.”, nascosta al suo interno, ne certificava l'origine italiana.



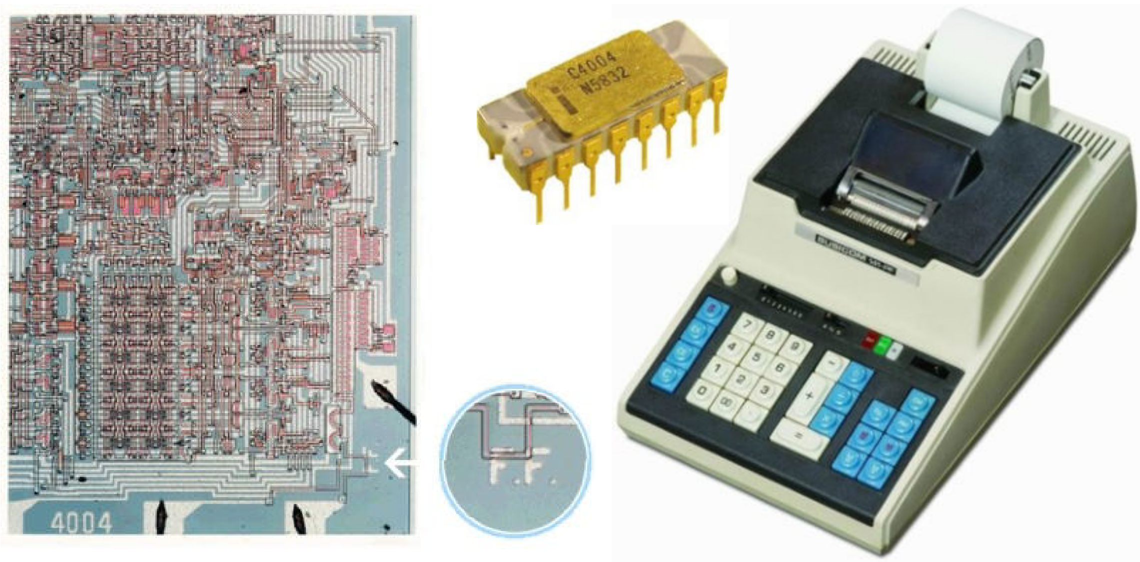
Calcolatrice tipo Odhner, ca. 1920 (© Kees Nagtegaal)



L'interno con le “Pin Wheels” (© Kees Nagtegaal)

Negli anni '50, con milioni di esemplari costruiti dalle diverse ditte, l'erede della macchina di Leibniz era uno dei calcolatori più venduti e la produzione aumentò fino a raggiungere le 10.000 unità al giorno nel 1970. Con la comparsa delle calcolatrici elettroniche il declino fu immediato e dal 1972 non vennero più commercializzate. In due anni era cambiato il mondo.

Busicom HL-21 meccanico, 1968 (© John Wolff)



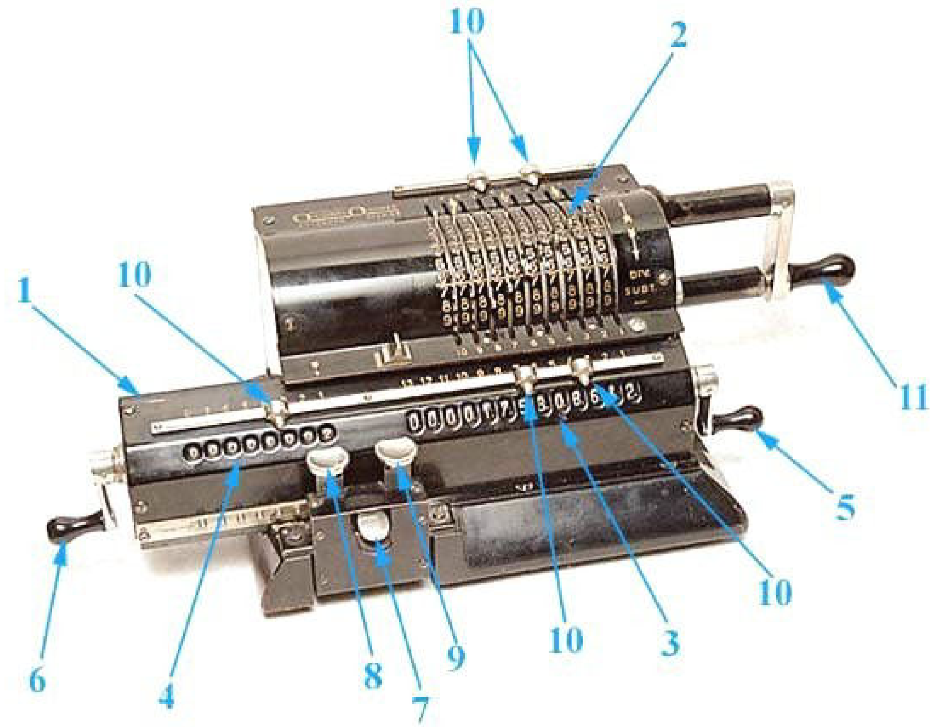
L'Intel 4004, la firma di Faggin all'interno e il Busicom 141-PF, 1971

Nelle calcolatrici tipo Odhner i numeri si inseriscono spostando dei cursori, un sistema poco pratico, e dal 1920 alcune fabbriche dotarono le loro macchine di una tastiera. La complessità del meccanismo rallentava però il funzionamento e questa soluzione ebbe poco successo.

Una delle prime Odhner con tastiera, ca. 1925, e un modello del 1965 (© John Wolff)

Scheda - Calcolare con la Odhner

L'uso di queste macchine è poco intuitivo e bisognava seguire un corso specifico, ma il funzionamento della “Odhner” è uguale per tutti i modelli. Chi avrà la pazienza di leggere tutta la scheda si renderà conto di quanta attenzione fosse necessaria per lavorarvi.



1. Carrello - Può essere mosso a destra e sinistra per l'impostazione dei decimali.
2. Registro di impostazione con le leve per inserire i numeri.
3. Accumulatore o registro prodotto - Vi appare il risultato di somme, sottrazioni e moltiplicazioni.
4. Contagiri o registro quoziente - Conta le rotazioni della manovella e registra il risultato delle divisioni.
5. Manovella di azzeramento del accumulatore - Ruotandola si riporta l'accumulatore a zero.
6. Manovella di azzeramento del contagiri - Ruotandola si riporta il contagiri a zero.
7. Libera carrello - Premendolo si sblocca il carrello.
8. Tabulatore a sinistra del carrello - Premendolo si indicizza il carrello di una decina a sinistra.
9. Tabulatore a destra del carrello - Premendolo si indicizza il carrello di una decina a destra.
10. Indicatori decimali - Servono per delimitare i decimali in tutti i registri.
11. Manovella - Per girarla si tira verso destra e si eseguono rotazioni veloci e regolari; dopo l' ultima rotazione la si rilascia permettendole di rientrare nel suo fermo.

Addizione: 25 + 376 = 401

- Spostare il carrello completamente a sinistra. Impostare 25 col “Registro di impostazione” e ruotare la manovella una volta in senso orario.
- Modificare l'impostazione delle leve da 25 a 376 e dare un altro giro di manovella. Il risultato appare nell'accumulatore, il 2 visibile nel contagiri indica che sono stati sommati due numeri.

Sottrazione: 2.376,35 - 1.953,03 = 423,32

- Spostare il carrello completamente a sinistra, impostare il numero 2.376,35 e l'indicatore decimale fra 2 e 3.
- Eseguire un giro completo in senso orario della manovella, modificare 2.376,35 in 1.953,03 e ruotare la manovella una volta in senso antiorario. Il risultato appare nell'accumulatore ed il contagiri mostrerà 0.

Moltiplicazione: 6 x 3 = 18

- Spostare il carrello completamente a sinistra, impostare 6 ed eseguire tre giri in senso orario con la manovella. Il risultato apparirà nell'accumulatore e il contagiri mostrerà 3: in pratica è stato sommato 6 per 3 volte (6 x 3 = 6 + 6 + 6).
- Quando si moltiplica 6 per 33 non è necessario girare la manovella per 33 volte: dopo 3 giri in senso orario con il carrello in posizione 1 basta spostare il carrello sulla seconda posizione (decine), premendo il tasto dello spostamento a destra del carrello, e poi girare ancora tre volte in senso orario la manovella.

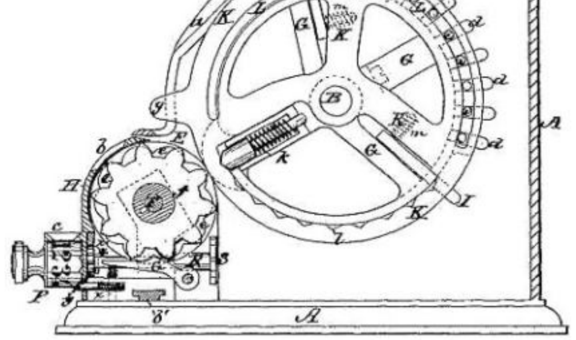
Divisione: 138 ÷ 12 = 11,5

- Spostare il carrello a destra, impostare il dividendo 138 e poi trasferirlo nel accumulatore con un giro in senso orario della manovella. Per la divisione il risultato apparirà nel contagiri, che per l'occasione diventa il registro quoziente, e non nell'accumulatore. Non dimenticare di azzerare l'1 che appare nel contagiri.
- Impostare il divisore facendo corrispondere l'1 del 12 esattamente sopra l'1 del 138 (dividendo), quindi il 2 del 12 sopra il 3 e lo 0 sopra l'8.
- Iniziare la divisione girando la manovella in senso antiorario, sottraendo dall'accumulatore che si porterà verso lo 0 fino a quando non viene oltrepassato e compare un 9 sulla decina più alta. Questo fa suonare il campanello per segnalare che si è eseguita una rotazione di troppo: bisogna correggere con una rotazione oraria ed anche in questo caso suonerà il campanello. Dopo aver corretto spostare il carrello di un posto a sinistra e continuare a sottrarre finché il campanello suona di nuovo ed ancora si dovrà compensare con una rotazione nella direzione opposta.
- Continuare in questo modo fino quando il dividendo scompare completamente dall'accumulatore mentre il registro quoziente mostra il risultato della divisione: 11,5.

Regola dei decimali: nella divisione il numero dei decimali deve essere uguale alla differenza fra il numero dei decimali dell'accumulatore e quelli del registro impostazione.

Scheda - La ruota di Odhner

Questo tipo di calcolatrici utilizza una versione modificata del tamburo di Leibniz che velocizza le moltiplicazioni ripetute. Il funzionamento è complesso e richiederebbe una notevole trattazione tecnica: ricordiamo solo che la ruota di Odhner, o Pin Wheel, era composta da denti mobili che la rendevano molto compatta permettendo così di montarne diverse in poco spazio. Agli inizi soffriva di una certa fragilità ma nel corso degli anni innumerevoli miglioramenti costruttivi la resero affidabilissima.

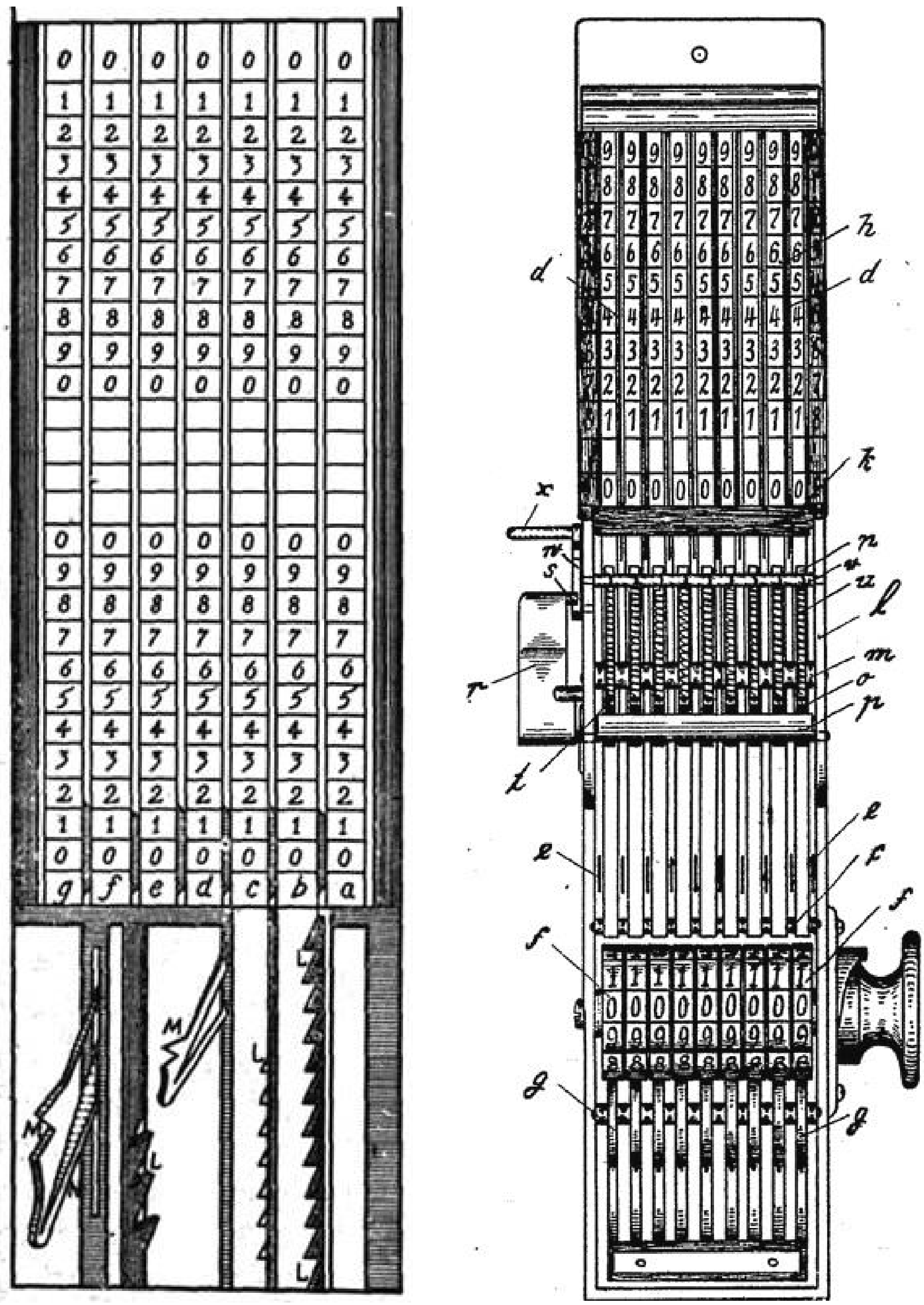


Il brevetto di Odhner, 1878, e batteria compatta di Pin Wheel (© John Wolff)

Perrault e gli aritmografi

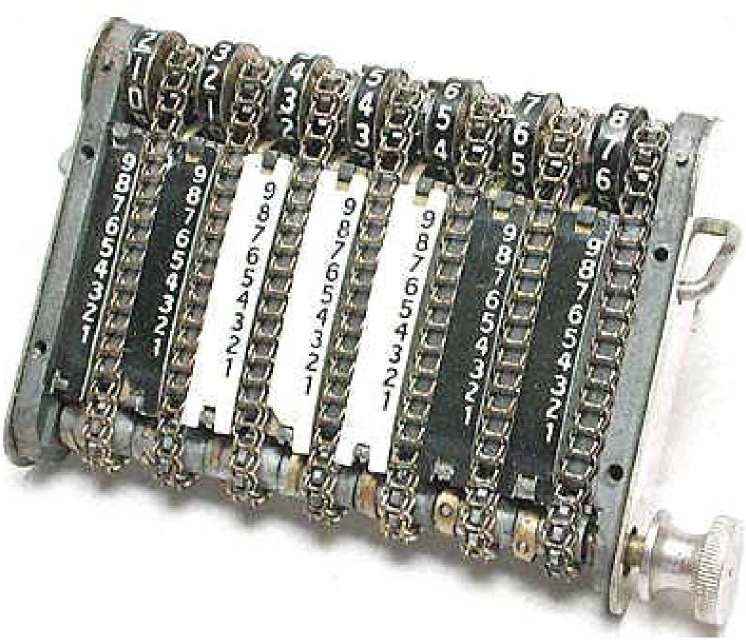
Torniamo un po' indietro nel tempo: l'architetto Claude Perrault, noto per la facciata del Louvre, aveva disegnato attorno al 1670 una addizionatrice tascabile, l'Abaque Rhabdologique, passata all'epoca inosservata nonostante la sua descrizione fosse stata pubblicata nel 1699. Alla fine dell'800 questo progetto costituì la base per tutta una serie di piccole Slide e Chain Adder, nelle quali i numeri si inseriscono facendo scorrere dei cursori con l'aiuto di uno stilo. Le differenze fra i due modelli sono solo tecniche: le Slide Adder utilizzano un cursore mobile, le Chain Adder una piccola catena.

Il disegno di Perrault venne inoltre semplificato nel 1847 da Kummer, ma solo nel 1889 Louis Troncet riuscì a commercializzare con successo questa modifica. Nasceva una linea di piccoli e praticissimi aritmografi, copiati da molte ditte col nome di addiator e costruiti senza modifiche fino al 1988. Una lunga vita per uno strumento semplice e geniale: a quei tempi non uscivano certo novità ogni 6 mesi!

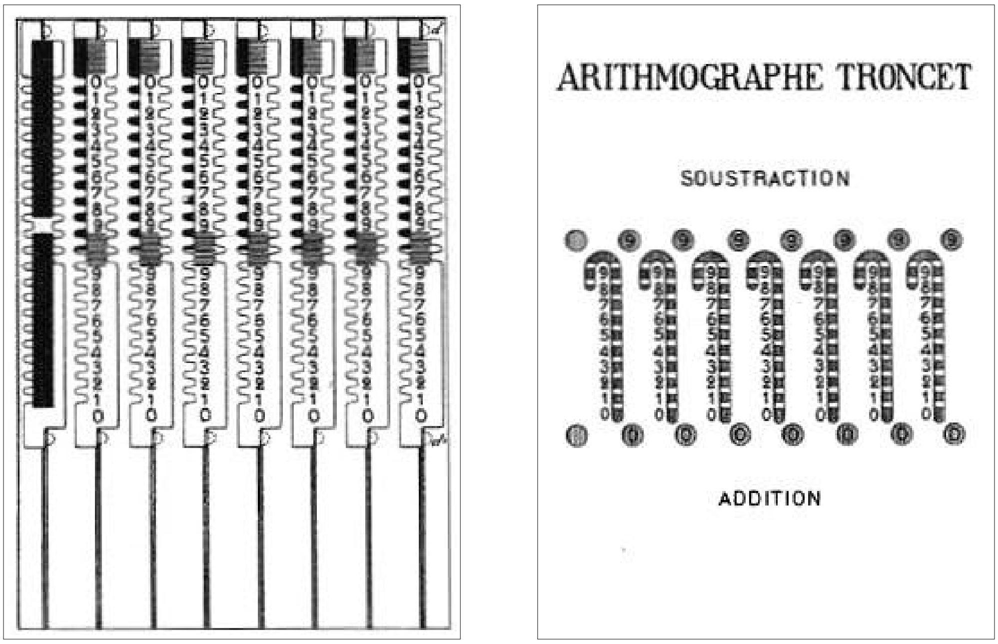


Molto simili dopo tanti anni il brevetto di Perrault, 1669, e del Comptator, 1911

Il Comptator, “Slide Adder” tascabile di inizio '900

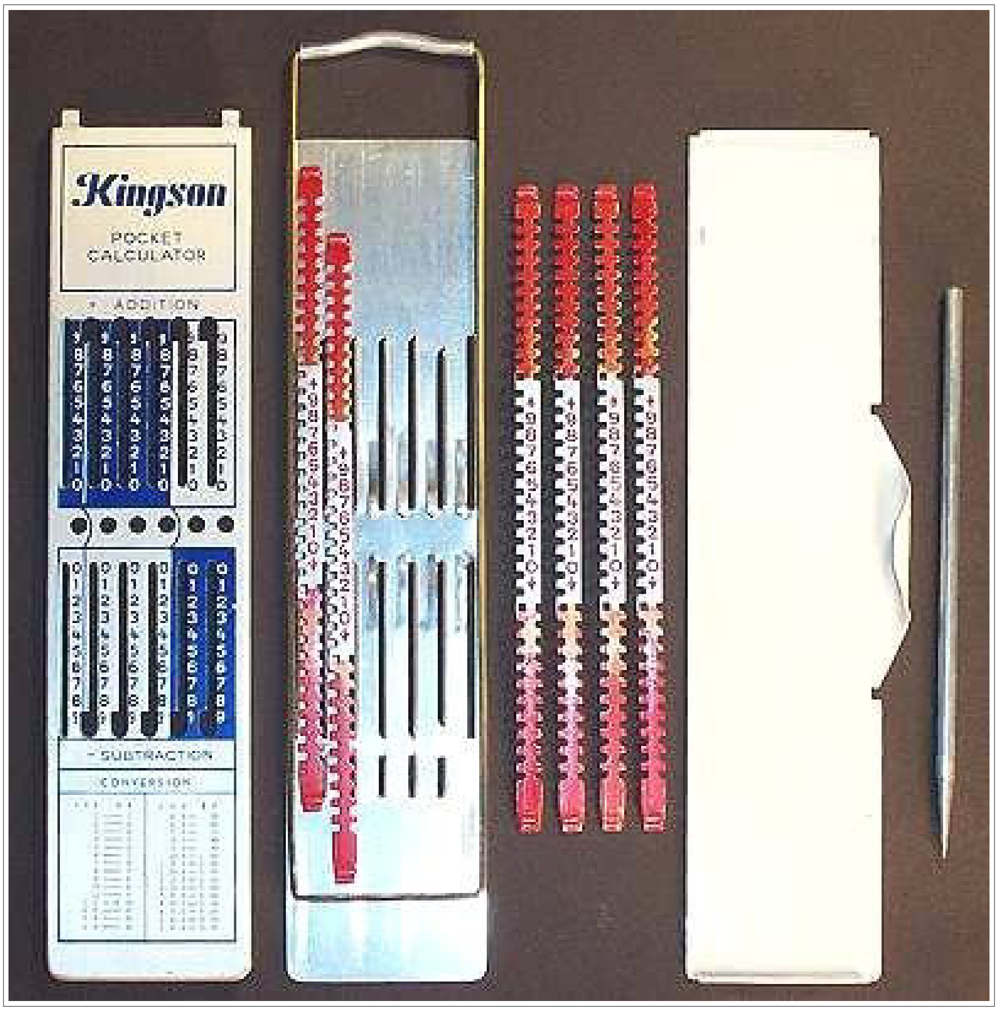


Meccanismo del Golden Gem, piccola “Chain Adder”, ca. 1917

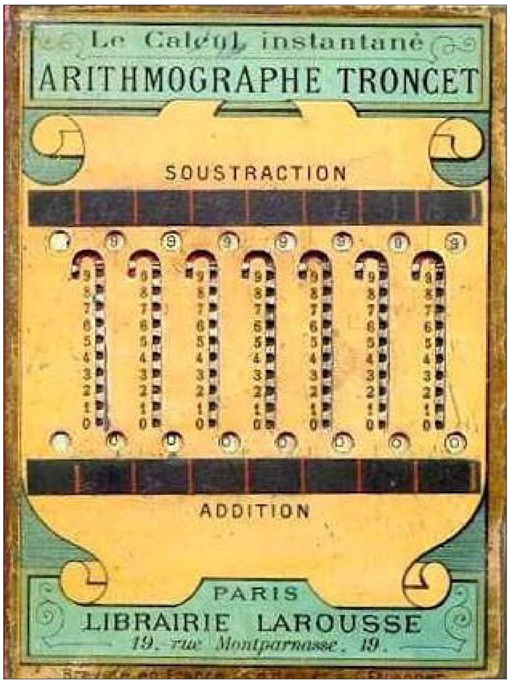


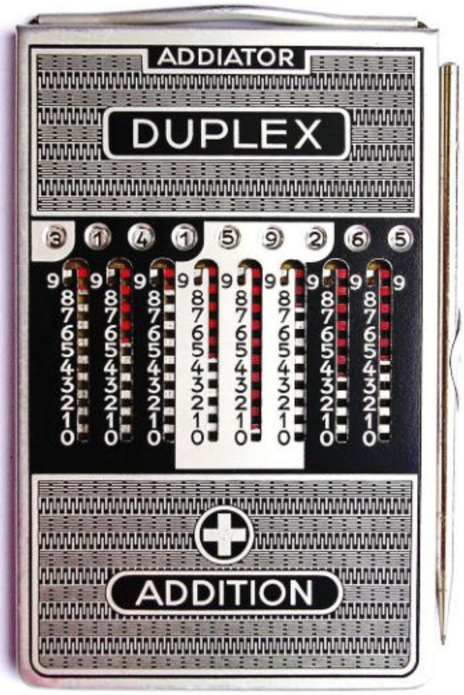
Disegni dell'aritmografo Troncet, derivato dal progetto di Perrault, 1889

Gli addiator hanno normalmente due moduli per inserire i numeri: sul davanti per addizionare e sul retro con la numerazione invertita per sottrarre, oppure semplicemente uno sopra l'altro.

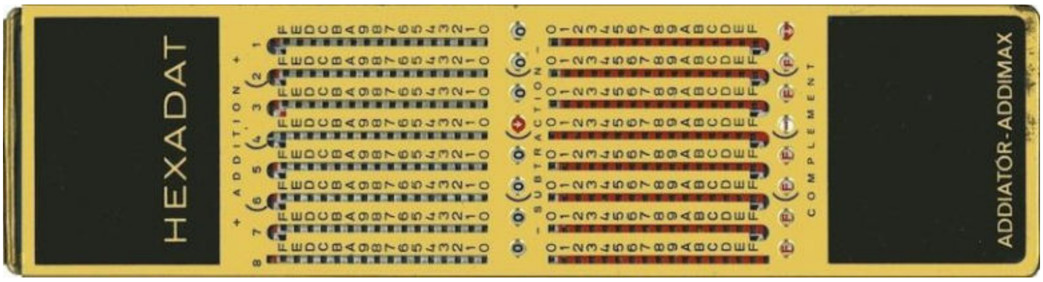


Addiator Kingson del 1985: niente è cambiato in quasi 100 anni





Il Troncet del 1889 e l'Addiator del 1979 non presentano differenze apprezzabili



Un modello in esadecimale per programmatore di computer (pag.23)

Il progetto originale rimase uguale negli anni ed una delle poche varianti fu l'elegante Locke Adder che si poteva utilizzare senza stilo. Nonostante la vivace colorazione dei cursori era però difficile da leggere e rimase un esperimento isolato.

Locke Adder, ca. 1905: di colorazione vivace ma poco pratico

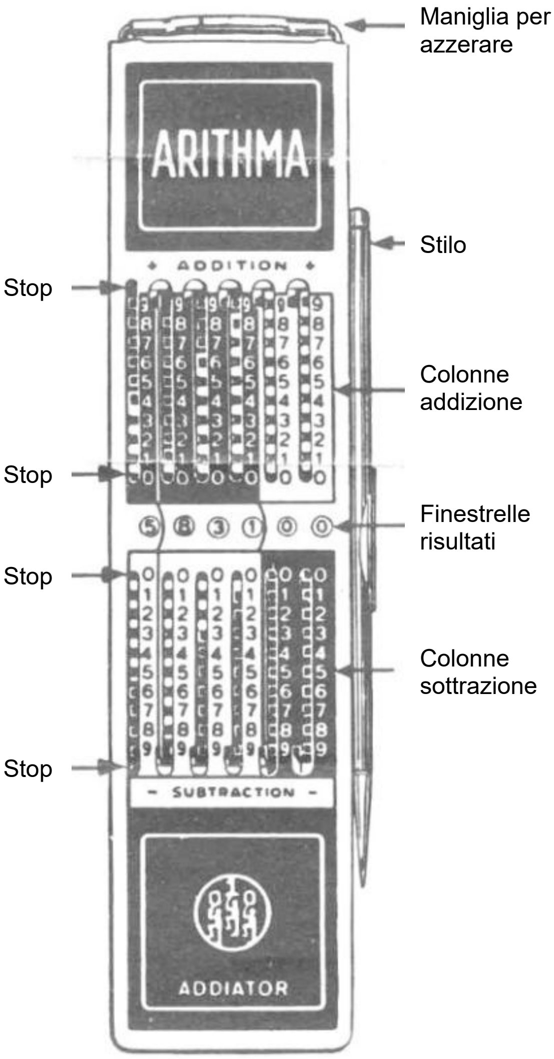
Gli aritmografi furono estremamente popolari per quasi 100 anni. Non più commercializzati in Europa dopo il 1979 rimasero in produzione per il mercato sovietico fino al 1988 e le rimanenze erano ancora in vendita all'inizio degli anni '90. I Russi, infatti, non avevano pile per le nuove calcolatrici elettroniche!

Scheda - Calcolare con l'aritmografo

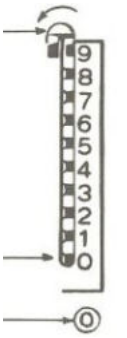
Anche in questo caso le istruzioni sono sintetiche ma, se doveste comprarne uno, comunque sufficienti per incominciare a far di conto. E' una macchinetta davvero intuitiva da utilizzare e si trova ancora nei mercatini telematici dell'usato per pochi euro. Non sarà poi un problema apprendere l'uso dello stilo: è uguale a quello che adoperiamo nei computer palmari!

Istruzioni per l'Addiator Arithma

L'aritmografo più piccolo e preciso del mondo



Per azzerare tirate la maniglietta superiore e rimettetela a posto: le finestrelle saranno ora tutte a zero e l'Addiator è pronto per operare. Se il simbolo “↓“ dovesse rimanere in una finestrella infilate lo stilo nella scanalatura a sinistra della colonna interessata e portatelo verso il basso fino a quando non appare lo zero.



Per le addizioni usate la parte superiore dell' Arithma, infilando lo stilo nella scanalatura della colonna a sinistra del numero che volete addizionare.

Se la scanalatura è bianca spingete in basso lo stilo, verso la finestrella, fino allo stop.

Se la scanalatura è rossa tirate verso l'alto lo stilo, via dalla finestrella, seguendo la curva della scanalatura fino allo stop.

Per le sottrazioni usate la parte inferiore dell' Arithma, infilando lo stilo nella scanalatura della colonna a sinistra del numero che volete sottrarre.

Se la scanalatura è bianca tirate verso l'alto lo stilo, verso la finestrella, fino allo stop.

Se la scanalatura è rossa spingete in basso lo stilo, via dalla finestrella, seguendo la curva della scanalatura fino allo stop.

RICORDATE

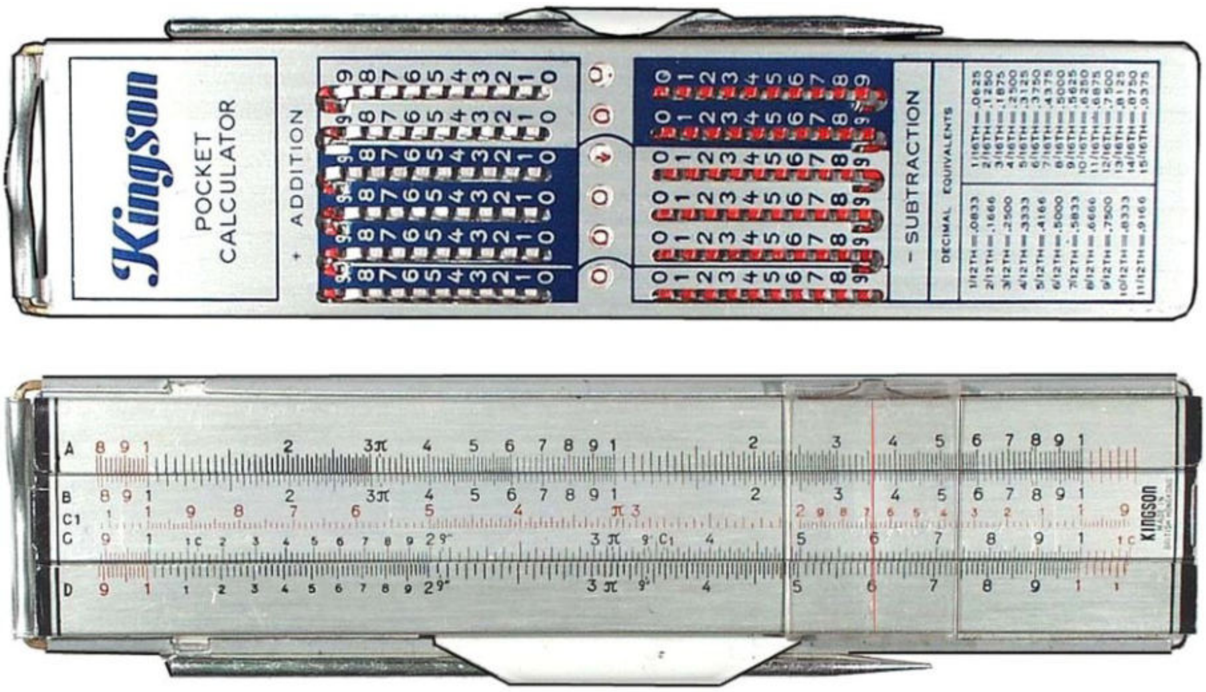
La scanalatura, quando è bianca, va sempre verso il centro.
La scanalatura, quando è rossa, va sempre via dal centro.
Spingete sempre lo stilo fino allo stop.

COME ESEGUIRE LE OPERAZIONI

673 +
5.269 +
734 =
6.676 -
845 =
5.831

Esempio: 673 + 5.269 + 734 - 845 = 5.831. Inserite i numeri normalmente, da sinistra a destra, infilate ora lo stilo nel 6 nella terza colonna da destra e spingete verso il basso fino allo stop. Fate lo stesso con il 7 nella seconda ed il 3 nella prima colonna . Le finestrelle mostreranno 673.
Adesso aggiungete 5.269. Il 5 della quarta colonna ed il 2 della terza da destra devono essere spinti in basso fino allo stop, ma il 6 ed il 9 mostreranno la scanalatura rossa e dovranno invece essere tirati verso l'alto, seguendo la curva, fino allo stop. Adesso basta aggiungere 734 ed il risultato 6.676 apparirà nelle finestrelle. Per sottrarre 845 utilizzate la parte inferiore: l' 8 della terza colonna mostrerà la scanalatura rossa ed andrà spinto verso il basso, seguendo la curva, fino allo stop. Il 4 ed il 5 devono essere semplicemente tirati verso l'alto fino allo stop. Le finestrelle mostrano ora il risultato: 5.831.

Queste macchinette sono semplici addizionatrici e per gli usi contabili venivano integrate con le tavole di moltiplicazione illustrate nella prossima pagina. Per gli ingegneri si produceva invece una versione che aveva un regolo (schede alle pagine 69 e 84) inserito sul retro. Avevano così tutte le funzioni di una calcolatrice tascabile, ma l'immagine in basso rappresenta un modello in grandezza naturale che ne mostra il principale difetto: è abbastanza complicato leggerne le scale.



Tutto in un solo strumento: addiator con regolo integrato, ca. 1970

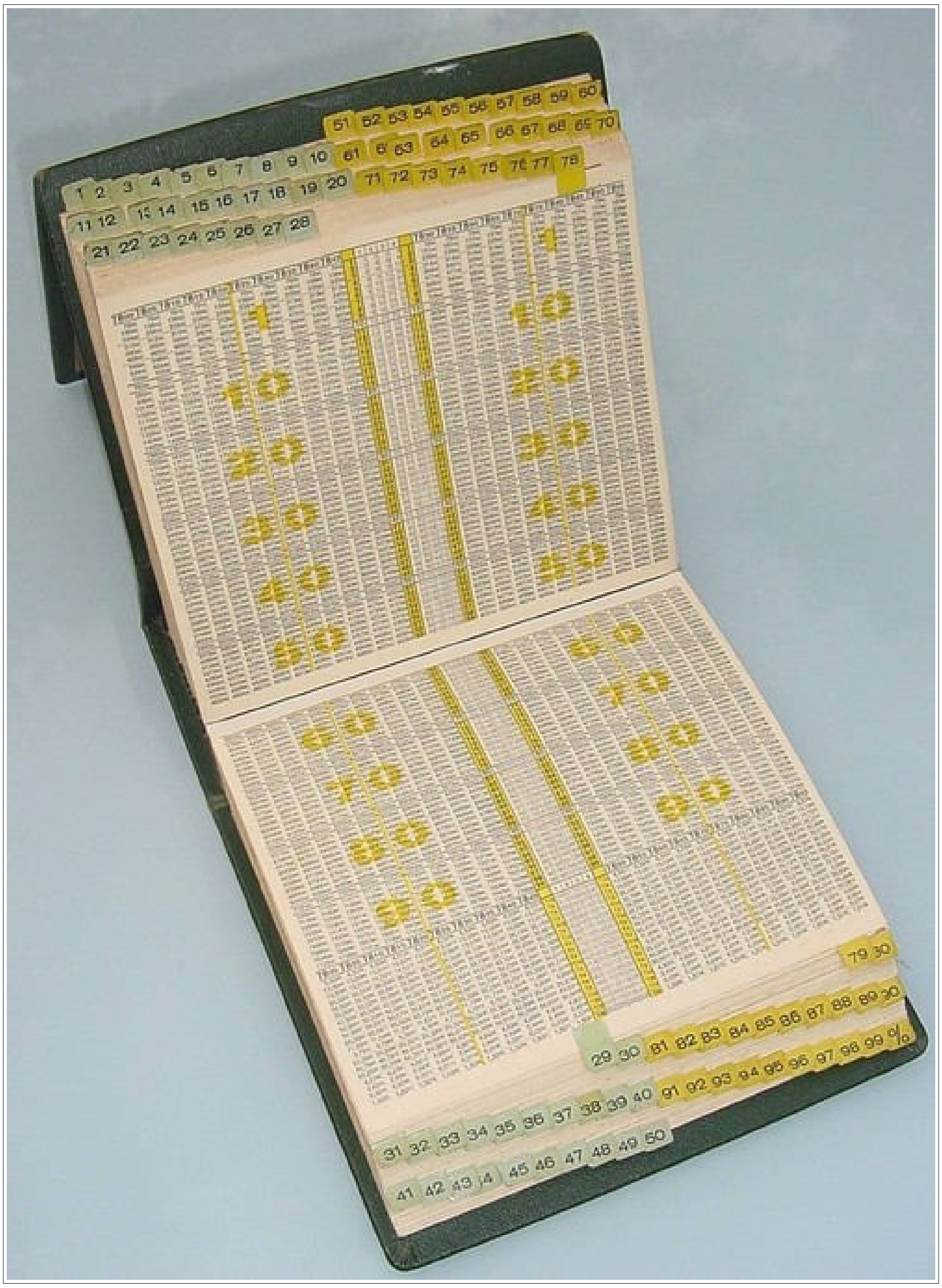
I tempi cambiano: molto diversi questi annunci del 1935 e del 1965

Le tavole di moltiplicazione

Con aritmografi e pascaline risulta difficile moltiplicare e spesso venivano accompagnate da tavole di moltiplicazione che permettevano di effettuare facilmente le quattro operazioni con un investimento limitato. Esistevano modelli da taschino e grandi libri molto precisi: questi ultimi furono molto utilizzati dal Terzo Reich per allestire uffici nelle zone occupate pur senza disporre di personale qualificato. Basta infatti un po' di attenzione per non commettere errori ma la velocità di calcolo è molto modesta.

11 x 19 = 209

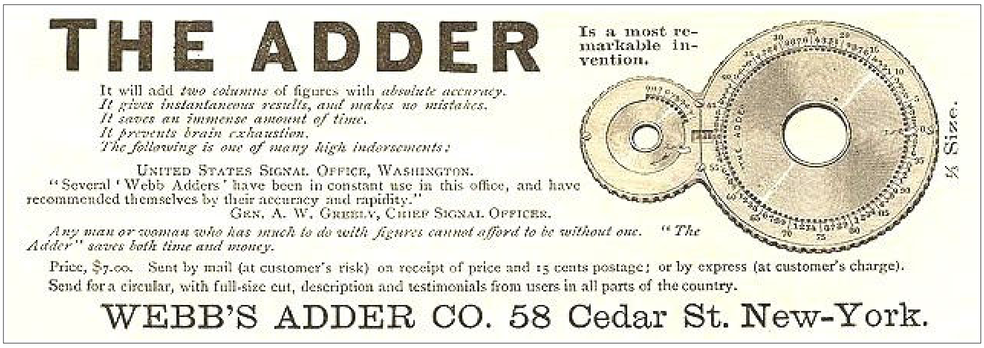
Tabellina cilindrica da taschino "Habs", fine '800



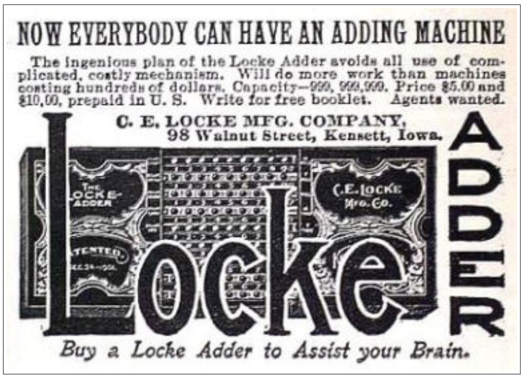
Bergmann "Unical", ca. 1938: la tavola di moltiplicazione del Terzo Reich

Scheda - Le vendite per corrispondenza

Dal 1869, col completamento della rete ferroviaria, il servizio postale americano fu in grado di garantire rapide consegne in tutto il Paese e cominciarono così le vendite per corrispondenza. Le fabbriche avevano pochi rappresentanti sul territorio e mettevano annunci sui giornali, spedendo poi velocemente la merce. Basta scorrere una vecchia copia di *Popular Mechanics* o del catalogo Sears, 530 pagine nel 1909, per rendersi conto dell'entità del fenomeno: c'erano in listino anche automobili, un vero e-commerce! I calcolatori, sopratutto i modelli più piccoli come pascaline ed aritmografi, sono sempre stati venduti con questo metodo e le prime inserzioni del Webb Adder risalgono addirittura al 1868.



"La più rimarcabile invenzione": Webb Adder, ca. 1891 (pag. 24)



Locke Adder, 1901, e Addiator Arithma, 1972 (pag. 39)

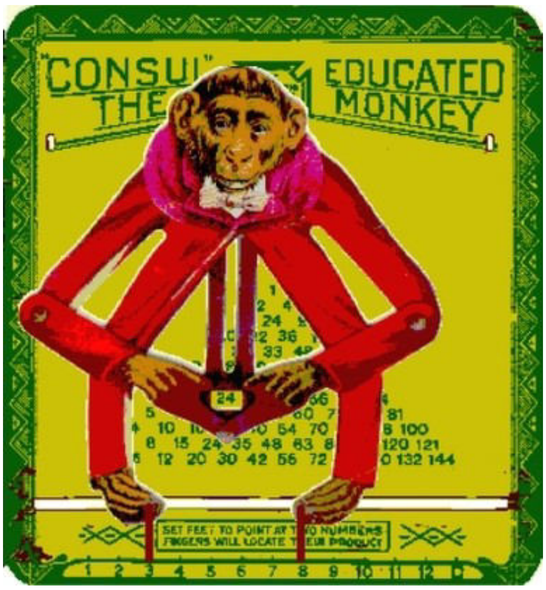
Soddisfatti o rimborsati: Golden Gem, 1917 (pag. 37)

Scheda - La scimmietta matematica

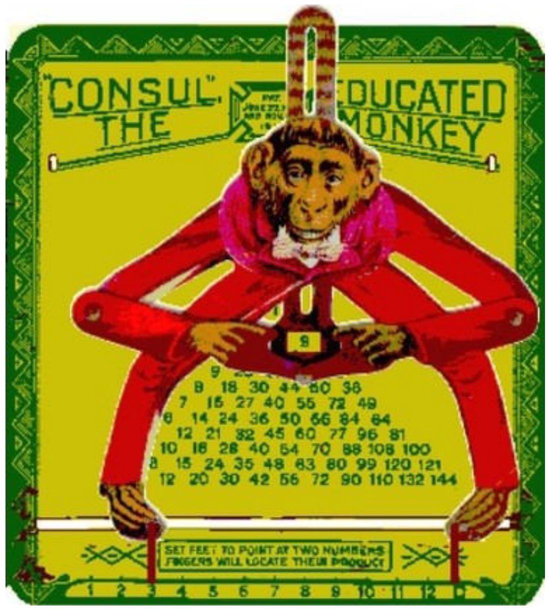
All'inizio del novecento ebbe grande fortuna questa divertente tabella di moltiplicazione, costruita in lamierino negli USA dalla Novelty Company. Primo esempio di giocattolo matematico consente ai bambini di apprendere le tabelline senza sforzo, come promesso dalla pubblicità: *Non importa che gli scolari siano svogliati o disattenti, la scimmietta non perde mai la pazienza*. Il nome è in onore di *Consul*, una scimmia ammaestrata al tempo famosa negli spettacoli circensi.

Posizionando le zampette sui numeri da moltiplicare il risultato appare magicamente fra le "manine". Naturalmente esegue anche le divisioni: il dividendo si inserisce fra le "manine", il divisore sotto la zampetta destra o sinistra e il risultato si legge sotto l'altra zampetta. Utilizzando il quadratino ad estrema destra si moltiplica al quadrato e si estraggono le radici.

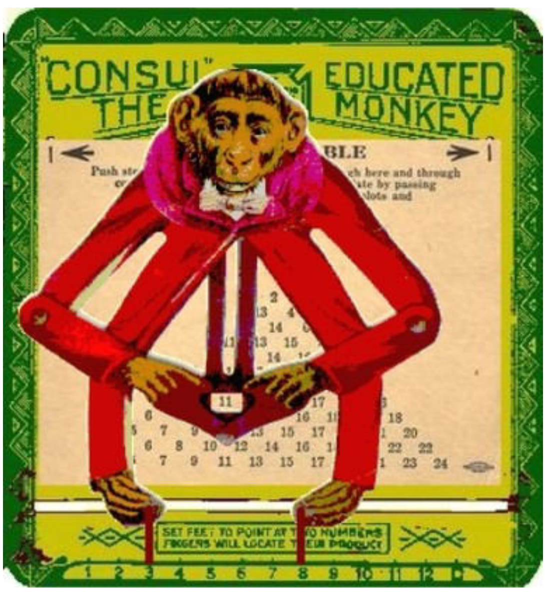
Inserendo l'apposita scheda si può sommare e sottrarre: in questo modo i ragazzi capiscono al volo il rapporto fra addizione e moltiplicazione. E' una vera calcolatrice programmabile! Ancora in commercio viene usata in molte scuole estere, ma in Italia è quasi sconosciuta.



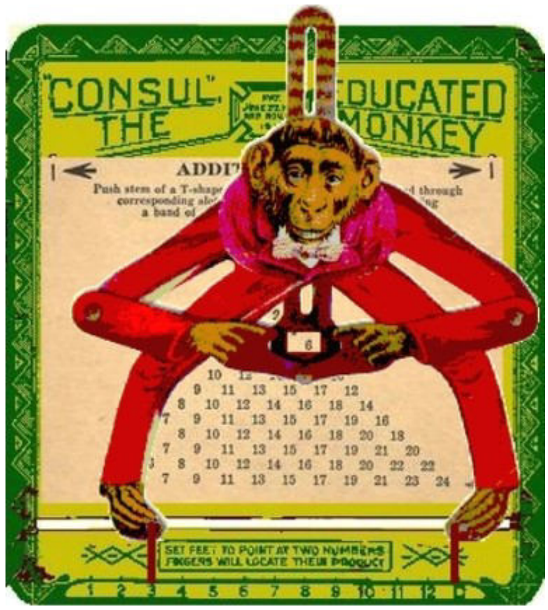
$3x8=24$ II $8x3=24$ II $24÷8=3$ II $24÷3=8$



$3^2=9$ II $\sqrt{9}=3$



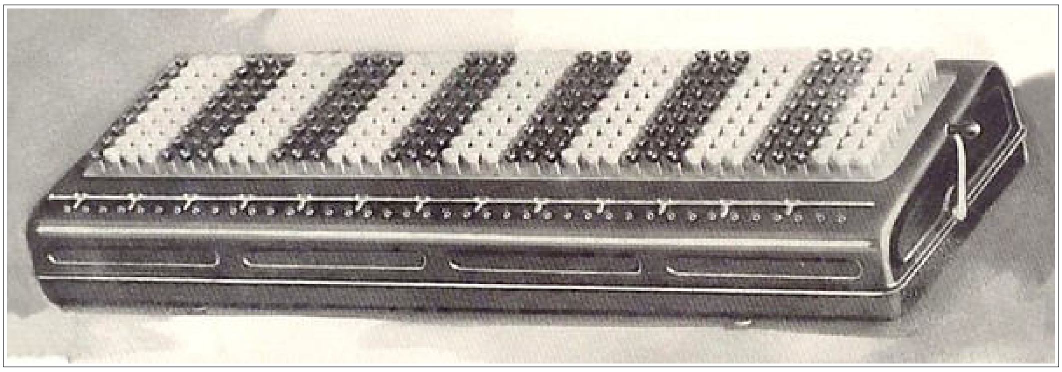
$3+8= 11$ II $8+3=11$ II $11-8=3$ II $11-3=8$



$3+3=6$ II $6-3=3$

Felt e la tastiera estesa

Dopo vari tentativi, come quelli di Luigi Torchi e Tito Gonnella agli inizi dell'800, nel 1887 nacque una nuova categoria di calcolatrici: le Key Driven, munite di una grande tastiera che aziona direttamente il meccanismo e nelle quali la manovella serve solo per azzerare. I tasti sono disposti in colonne, una per ogni posizione decimale, con le cifre da 1 a 9. Una calcolatrice con 6 colonne calcola quindi fino a 999.999, una con 10 fino a 9.999.999.999 ed il Burroughs Duodecillion arrivava a questo incredibile risultato: 9.999.999.999.999.999. 999.999.999.999.999.999.999.999!



360 tasti per il Duodecillion, presentato all'Esposizione di Panama del 1915

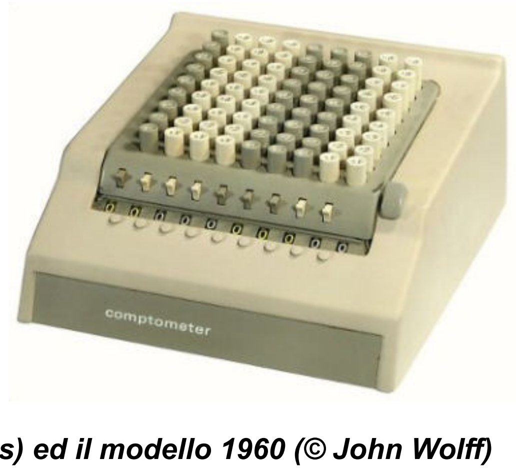
Il progetto, ispirato alla pascalina, venne brevettato dall'americano Dorr Felt. Divertente ricordare che il prototipo del suo Comptometer fu costruito dentro una scatola di legno per spaghetti comprata in drogheria e queste macchine sono ricordate come “Macaroni Box”. Felt costituì la sua fabbrica con l'amico e finanziatore Robert Tarrant, entrando subito in lite con William Bourroghs che nel 1905 aveva cominciato a produrre delle macchine molto simili e di pari successo.

Nelle Key Driven la pressione di un tasto dà la somma del corrispondente valore nella corretta posizione decimale, per lo zero si salta semplicemente la colonna, e tutte le cifre sono immesse simultaneamente con entrambe le mani. Un comptometrista esperto è rapidissimo nell'eseguire lunghe serie di addizioni e questa tastiera rimase in uso per quasi un secolo anche nelle prime calcolatrici elettroniche.

Benché siano semplici addizionatrici possono effettuare moltiplicazioni e divisioni, ma il procedimento è abbastanza complicato. Basta leggere dal manuale Felt & Tarrant:

Per moltiplicare 158 per 49 premere contemporaneamente 9 volte, utilizzando entrambe le mani, il tasto 1 della colonna centinaia, il 5 della colonna decine, e l'8 della colonna unità. Il risultato è che abbiamo moltiplicato 158 per 9. Poi, senza cambiare le posizioni relative delle dita, spostarle di un colonna a sinistra e premere quattro volte: abbiamo ora moltiplicato 158 per 40. Il Comptometer è di 8 a 10 volte più veloce rispetto ad un operatore con carta e penna.

Davvero poco istintivo e gli operatori dovevano essere ben addestrati, ma chi aveva necessità di eseguire lunghe serie di moltiplicazioni necessitava delle macchine specifiche illustrate a pagina 50.



Uno dei primi Comptometer (© Mark Richards) ed il modello 1960 (© John Wolff)

Tipica calcolatrice a tastiera dimezzata, ca. 1947 (© John Wolff)

Le tastiere estese erano cosi complesse e costose che si realizzarono anche calcolatrici "Half Keyboard" con numerazione fino a 5. Si risparmiavano metà macchina e metà spesa, ma 7 si doveva digitare come 4+3. Pensate di eseguire 6.789,77 + 9.876,96 + 8.690,89: facile commettere errori.
I costruttori principali furono Felt & Tarrant, Borroughs e Bell Punch, ma tutti i modelli venivano chiamati Comptometer dal nome ideato da Felt nel 1887. Molti furono dotati di stampante e la tastiera estesa ebbe grande diffusione in altri tipi di calcolatori, anche elettronici.

Il primo calcolatore elettronico utilizzabile negli uffici:
Bell Punch "ANITA" (A New Inspiration To Arithmetic), 1961

Scheda - L'operatore di tastiera estesa

Questi sono alcuni esempi delle prove che si dovevano superare per essere assunti come “computer” in un azienda: al tempo infatti con questa parola si designava l'operatore, che doveva essere in grado di lavorare rapidissimo come nel film *“Tempi moderni”*. Più in basso una dimostrazione di affidabilità.

Le informazioni provengono dal corso di calcolo della FIAT, ca. 1925, che utilizzava diverse centinaia di Comptometer ed aveva quindi una scuola propria, come anche la Rinascente dove già all'epoca si eseguivano più di 450.000 operazioni al giorno. Provate a rispettare questi tempi con una calcolatrice elettronica, non è facile far meglio.

1. Trovare in 40 secondi il costo totale di questa fornitura:
   2 tavole pioppo di metri 3,40 x 0,45 x 0,35 a lire 375/metro cubo;
   15 tavole pioppo di metri 3,40 x 0,47 x 0,55 a lire 370/metro cubo;
   6 tavole noce di metri 4,00 x 0,65 x 0,04 a lire 1.250/metro cubo.
2. Trovare in 8 secondi il costo di 100 unità sapendo che:
   - 135 unità pesano kg 0,875;
   - Il materiale costa lire 15,77 al kg.
3. Trovare in 11 secondi il costo di 145 metri di stoffa a lire 15,65/m, sconto 15%.
4. Trovare il costo totale in valuta britannica di questa fornitura:
   metri 1.328,35 a 0£ 3s. 9d. per metro;
   metri 1.335,75 a 0£ 7s. 3d. per metro;
   metri 1.403,53 a 0£ 5s. 11d. per metro.
5. Addizionare in 4 minuti 500 scontrini di vendita.

In questo esempio la comptometrista ha operato correttamente fino al numero 9,87, ma nell'addizionare 42,25 (lo scontrino mostra punti e non virgole secondo l'uso americano) non ha abbassato bene il tasto 4: se n'è accorta?

Non poteva farne a meno perché la macchina si è fermata e non ha permesso di proseguire.

Ha dovuto rifare l'operazione?

No! Ha semplicemente completato il colpo e spinto il bottone rosso di rilascio continuando tranquillamente a lavorare. La tastiera sta sempre in guardia, non permettendo mai che un colpo incompleto registri un errore: anche in mani inesperte ogni tasto deve stampare il numero giusto.

Scheda - I brevetti

Abbiamo visto a pagina 20 che Pascal ottenne un brevetto per il suo calcolatore: le “Lettere di Patente” erano infatti note in Inghilterra sin dal 1311. Lettera di Patente (in inglese il brevetto si chiama patent) viene dal latino "Literae Patentes", cioè palesi in quanto prive di sigillo e di pubblico dominio al contrario delle “Lettere Chiuse” (Lat. Litterae Clausae, da cui clausola), indirizzate a qualcuno in particolare e sigillate. Brevetto deriva dal latino brevis: è un documento dal percorso burocratico rapido.

In Italia la protezione degli inventori comincia con lo Statuto Veneziano del 1474, dove si prescriveva che ogni nuova invenzione fosse comunicata al Governo in modo che fosse garantita contro gli emulatori per 10 anni. Si applicava particolarmente ai vetrai, la cui arte era essenziale per i Veneziani, ma già nel 1421 un brevetto era stato emesso a Firenze in favore di Brunelleschi per una imbarcazione in grado di trasportare sull'Arno i pesanti blocchi di marmo necessari alle sue opere.

Mentre in Italia la storia del brevetto rimase frammentata fra i vari Stati fino all'Unità, in Inghilterra Re Enrico II migliorò le leggi preesistenti nel 1555 introducendo l'obbligo di allegare una descrizione e creando così la tradizione britannica della tutela. In Francia i Brevets d'invention, o Privilegi, erano garantiti dalla Monarchia dopo essere stati esaminati dall'Académie Française, ma dopo la Rivoluzione vennero rilasciati senza esame in quanto la proprietà intellettuale fu considerata un diritto naturale. Furono sempre costosissimi e Pascal fu fortunato che Re Sole lo beneficiasse dell'esenzione: da qui la formula “Gratis” in calce al documento (pag. 21), che esiste ancora ed è la più antica “patente” di un calcolatore.

Negli Stati Uniti la costituzione di un ufficio Brevetti & Copyright fu caldeggiata nel 1787 da James Madison, convinto che *”I diritti degli inventori ed il bene pubblico coincidono perfettamente”* e l'ufficio fu creato nel 1790 con la raccomandazione di considerare solo le invenzioni *“utili ed importanti”.* I brevetti erano essenziali per la nuova Nazione, tanto che i primi direttori ne furono Jefferson e Knox.

In principio si richiedeva che venisse depositato un modello funzionante dell'invenzione ed erano esaminati attentamente gli studi dell'inventore per accertarne i diritti esclusivi, ma col tempo i brevetti furono rilasciati dietro la sola consegna di una descrizione ed il pagamento di un modica tassa. Antonio Meucci e il suo socio Giuseppe Garibaldi, più noto per altri fatti, si misero a produrre steariche proprio per pagare il brevetto del telefono ma non riuscirono a racimolare la somma necessaria e questo decadde, venendo quindi legalmente rilevato da Bell. Non basta avere buone idee, servono anche un po' di quattrini.

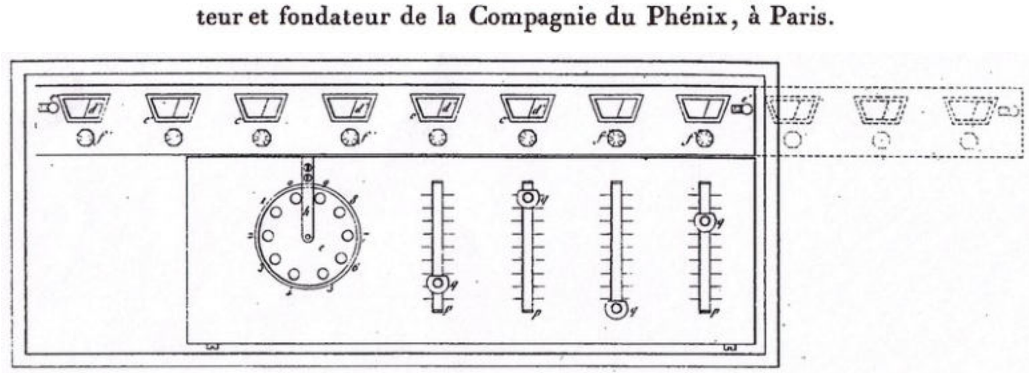
E' affascinante frugare negli archivi ma i primi 10.000 brevetti registrati negli U.S. vennero distrutti in un incendio e ne restano ben pochi dei calcolatori più antichi.

18 *novembre* 1820,

BREVET D'INVENTION DE CĬNQ ANS,

Pour une machine ou appareil appelé *arithmomètre,* propre à suppléer à la mémoire dans toutes les opérations d'arithmétique,

Au sieur Charles-Xavier Thomas, de Colmar, directeur et fondateur de la Compagnie du Phénix, à Paris.



Estratto dal brevetto dell'Arithmomètre visto a pagina 29, 1820

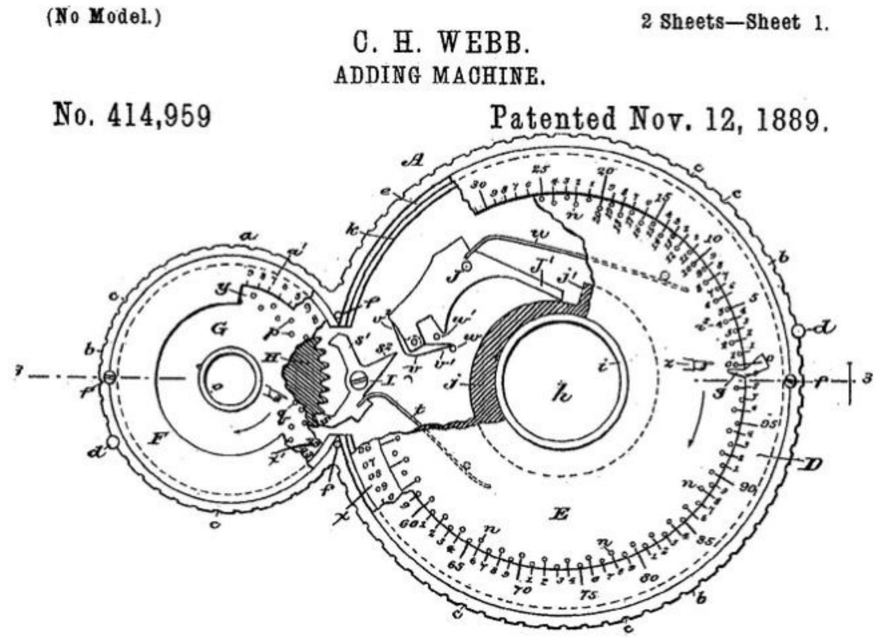
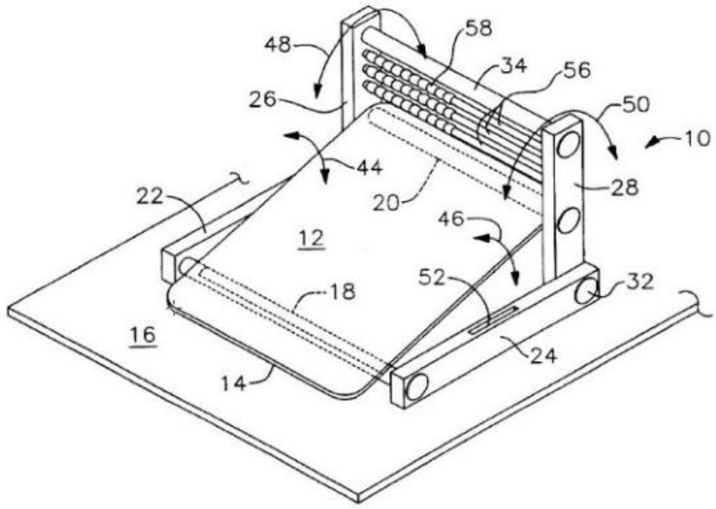


Immagine dal brevetto del Webb Adder visto a pagina 24, 1889



L'abaco è duro a morire: questo modello è stato brevettato nel 1998!

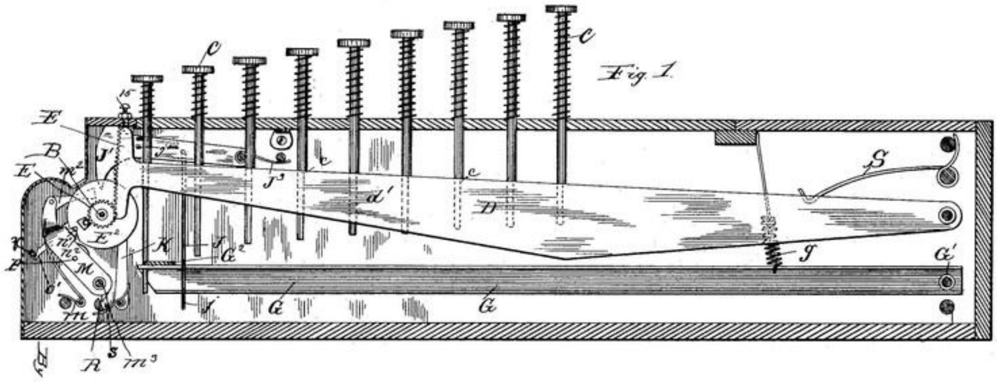


Immagine dal brevetto del Comptometer di Dorr Felt visto a pagina 45, 1887

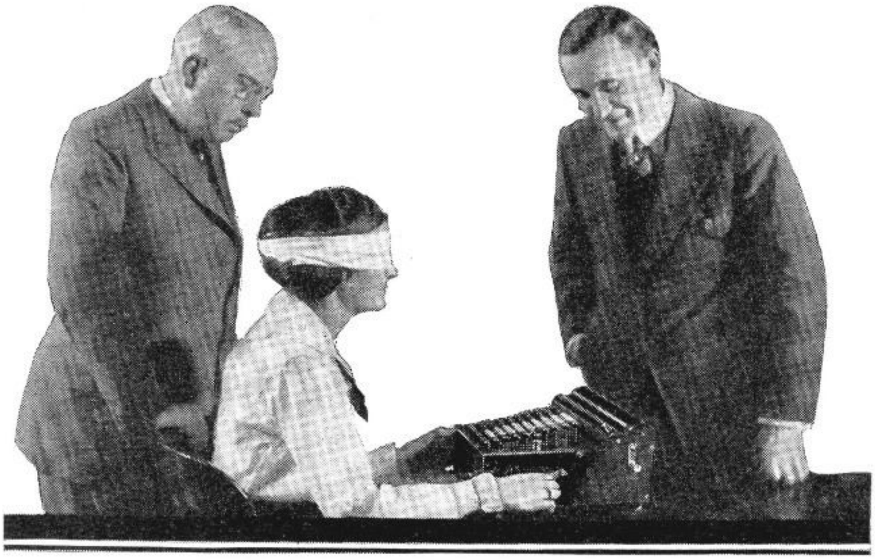
La moltiplicazione diretta

Tutte le calcolatrici che abbiamo visto finora sono in realtà semplici addizionatrici in grado, ripetendo all'infinito addizioni e sottrazioni, di eseguire le 4 operazioni. Era necessaria una grande attenzione da parte dell'operatore e si era molto cercato di superare questo limite. Lo spagnolo Ramón Verea ed il francese León Bollée, noto come ideatore della “24 ore” di Le Mans, costruirono alcune macchine che moltiplicavano direttamente ma fu lo svizzero Hans W. Egli che, ispirandosi ai principi di Leibniz, brevettò nel 1893 il primo calcolatore in grado di funzionare efficacemente. Il suo "Millionaire" ebbe un discreto successo e dal 1913 incominciò a produrre un nuovo modello soprannominato MADAS (**M**ultiplication, **A**utomatic **D**ivision, **A**ddition, and **S**ubtraction). Il Millionaire terminò la carriera nel 1920 ma per la sua estrema robustezza (pesava ca. 40 kg) rimase in uso più di 30 anni in molti uffici. Le calcolatrici a moltiplicazione diretta sono faticose da azionare e vennero da subito dotate di servomotore elettrico.

Il Millionaire e una delle ultime MADAS (© John Wolff)

Cercando di migliorare le prestazioni delle MADAS l'americano J.R. Monroe, insieme al grande esperto del tamburo di Leibniz Frank Baldwin, costruì dal 1914 una sua linea di calcolatori. Composti da oltre 4.000 pezzi erano logicamente costosissimi e furono utilizzati principalmente nei laboratori scientifici o dove ci fosse necessità di effettuare numerose moltiplicazioni con operatori non allenati. Al tempo gli uffici sceglievano i vari modelli a seconda del compito da eseguire e la perfetta funzionalità in tutte le operazioni fu raggiunta solo nel 1956 con la Olivetti Divisumma. La moltiplicazione diretta venne sviluppata anche da altre fabbriche come la Friden, da ricordare per i suoi primi calcolatori elettronici, e l'italiana Lagomarsino.

Le prime ed ultime Monroe, 1920 - 1970 (© John Wolff)



Long Division Blindfolded

The Monroe is error-proof. Its operation is purely mechanical. You can even do Long Division without looking at the machine.

TAKE, for example, 33180.84 ÷ 98.7525. Depress the dividend, 33180.84, on the Monroe key board and turn the crank forward. The dividend appears in the lower dial. Then depress divisor, 98.7525, on the key board.

Now—simply as a test—blindfold yourself. Turn the crank backward. The Monroe is dividing for you. You can't make a mistake. The moment you turn too far, the bell rings. A few quick shifts of the carriage—a few turns of the crank and—

Look! There in the upper proof dials is your answer, 336. Time, 6 to 9 seconds—more than 4 times as fast as the old pad and pencil method which never was sure.

Subtraction on the Monroe is even faster than division. Turn the crank backward just once and you have the correct answer. Multiplication and addition are done with equal facility—turn the crank forward, that's all.

Think what Monroe speed and accuracy will mean in your office. Tax bills out on time. Cost figures at the moment you need them. An end to re-checking. An end to costly hours of overtime wherever figure-work is done.

Thousands of Monroes are meeting the figure needs in City, County, and State offices everywhere. A few representative users: New York State, Los Angeles, Cal. County, City of New York, City of Buffalo, City of Chicago.

Don't guess that your figuring is correct—"Monroe it" and *know* that your answers are correct—without re-checking.

MONROE

REG. U. S. PAT. OFF.

Calculating Machine

The "SHOW ME" Coupon—Mail it today

Monroe Calculating Machine Co., Woolworth Bldg., N. Y.
Without obligation (check items desired)
☐ Send us a copy of "Book of Facts."
☐ Arrange for a demonstration in our own offices.
Dept. ....
Address ....
Your Name ....
A. C. 6-20

Una pubblicità anni '30 della calcolatrice Monroe: dimostra con efficacia come sia semplice ed intuitiva, ma oggi nessuno riuscirebbe ad utilizzarla!

La tastiera moderna

La tastiera con disposizione moderna dei tasti venne inventata nel 1914 da David Sundstrand per le sue addizionatrici e questo layout fu ripreso in molte macchinette economiche. Nel 1945 fu adottata dalla Olivetti per la Divisumma, la miglior calcolatrice mai costruita, divenendo così l'indiscusso standard mondiale pur non essendo particolarmente pratica. La tastiera dei telefoni è invece diversa, risale ai dischi combinatori che avevano i numeri ordinati in fila, mentre le lettere indispensabili per inviare gli SMS sono nate nel 1922 per memorizzare i recapiti: una lavanderia poteva richiedere il 1-800-528-6379 che si pronunciava 1-800-LAUNDRY. All'epoca c'erano pochi utenti e si poteva fare.

Tastiera Sundstrand, touchpad, disco combinatorio e layout di telefono moderno

Scheda - Calcolare con la tastiera moderna

Vediamo come operare con la Contex 10; il display indica solo il risultato e non i numeri inseriti:

- Per cancellare il registro premere il tasto spazio [C].
- Per azzerare la tastiera spostare il tasto rosso di correzione all'estrema destra.

Addizione: 722 + 421 = 1.143. Inserire 7-2-2 nella tastiera, premere il tasto più [+] ed inserire 4-2-1, premere di nuovo il tasto più [+]. Il registro indica ora il risultato.

Sottrazione: 722 - 421 = 301. Inserire 7-2-2, premere il tasto più [+] ed inserire 4-2-1, premere il tasto meno [-]. Il registro indica ora il risultato.

Moltiplicazione: 722 x 421 = 303.962. Inserire 7-2-2, premere il tasto di moltiplicazione [x] ed inserire 1-2-4 nella tastiera. Il registro indica ora il risultato.

Divisione: 625÷25 = 25. Inserire 6-2-5, premere quick-shift [-:-] ed il tasto più [+], inserire 2-5. Premere quick-shift [-:-], il tasto di divisione [DIV] e il tasto meno [-]. Quando la macchina si ferma, annotare il numero rosso nella finestra quoziente a destra del registro, "2": questa è la prima cifra del risultato. Premere ora il tasto Invio [-..], quando la macchina si ferma annotare la cifra in rosso nella finestra quoziente, "5", che è la seconda cifra del risultato.

Un curioso sistema per inserire i numeri utilizzando un combinatore telefonico fu brevettato in Italia negli anni '50 dall'ingegner Lanza. In pratica si immetteva il moltiplicando sulla tastiera ed il moltiplicatore col disco, ma era solo una complicazione e non ebbe successo.

Contex 10, 1965 (© John Wolff) e calcolatrice Lanza prodotta dalla Everest

Capellaro, Olivetti e la Divisumma

Natale Capellaro entrò in Olivetti nel 1916 come apprendista operaio, nel 1943 divenne direttore dell'Ufficio Progetti e nel 1960 assunse la Direzione Tecnica. Due anni dopo gli venne conferita la laurea ad honorem in ingegneria e per le sue straordinarie realizzazioni merita un posto di primo piano fra i grandi inventori.

Da operaio era addetto al montaggio delle macchine da scrivere, ma da progettista sarà il creatore di quasi tutte le calcolatrici Olivetti. Il suo primo modello fu l'Elettrosumma del 1945 a cui seguì nel 1956 la Divisumma che pose l'Olivetti ai vertici del mercato mondiale. Era la prima calcolatrice in grado di compiere le quattro operazioni senza bisogno di operatori specializzati, la prima a racchiudere tutte le caratteristiche moderne senza derivare dai principi del 1600. L'obiettivo di tanti inventori si era finalmente realizzato, purtroppo in ritardo, e queste macchine dotate di tastiera Sundstrand e stampante integrata ebbero vita breve: l'elettronica stava ormai giungendo a maturità e le ultime Divisumma non furono più meccaniche.

La serie comprendeva la Multisumma (somma, sottrazione e moltiplicazione), la Divisumma (anche divisione) e la Tetractys (dal nome della successione pitagorica dei numeri naturali), dotata di memoria meccanica, motore elettrico e doppio totalizzatore, che rappresentava lo stato dell'arte. Nessuna aveva il display e sia i numeri inseriti che i risultati si potevano leggere solo dopo essere stati stampati. Il segreto della loro velocità (molto sinteticamente) era questo: trovavano il modo più rapido per operare a seconda dell'operazione richiesta, riducendo per esempio 3 x 99.999 a 3 x 100.000 - 1, impiegando quindi tempi ridottissimi. Niente di simile era stato mai concepito prima e Marcello Nizzoli, Ettore Sottsass e Mario Bellini ne curarono il design creando opere di riferimento per lo stile dell'epoca.

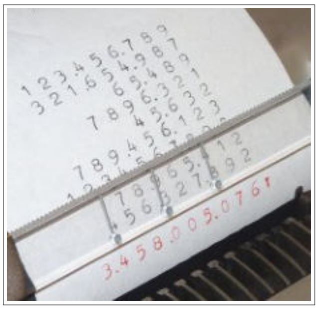
Si tratta di apparecchi complessi da realizzare ma venivano commercializzati a 10 volte il costo di produzione e, pur avendo il prezzo di una Fiat 500, ne furono venduti oltre un milione e mezzo: la Divisumma fu quindi fondamentale per la prosperità dell'Olivetti e venne definita scherzosamente *“La gallina dalle uova d'oro”*. Gli elevati guadagni rallentarono però l'azienda nello sviluppo delle calcolatrici elettroniche perché la Direzione si era convinta, come Henry Ford con la sua “T”, che le calcolatrici tradizionali si sarebbero sempre vendute senza necessità di ulteriori investimenti. Un'occasione perduta per la Olivetti dove all'epoca, fuggito alla Intel Federico Faggin (pag. 32), lavorava il bravissimo Pier Giorgio Perotto. Era considerato *“Un cacciatore di farfalle che non avrebbe mai concluso nulla”* ma nel 1965 presentò con queste parole la sua “Perottina”, primo Personal Computer della storia, al Bema Show di New York:

Sognavo una macchina amichevole alla quale delegare quelle operazioni che sono causa di fatica mentale e di errori, una macchina che sapesse imparare e poi eseguire docilmente, che immagazzinasse dati e istruzioni in modo semplice, il cui uso fosse alla portata di tutti, che costasse poco e fosse delle dimensioni degli altri prodotti per ufficio. Per questo ho creato un linguaggio nuovo che non necessita dell'interprete in camice bianco. Leibniz o Bill Gates non avrebbero saputo dire meglio.

Nessuno si era mai avvicinato tanto alla meta ma, nonostante al Bema Show ci fosse un impressionante afflusso di visitatori entusiasti, il progetto non venne sostenuto dalla Direzione e la storia del computer passò in un altro continente. I concorrenti, loro si, avevano capito le sue potenzialità e cominciarono a copiare: nel 1967 l'innovativo Desk Top HP 9100 si dimostrò un clone della Perottina e la HP dovette pagare una multa di ben 900.000 dollari alla Olivetti, che diede poi simbolicamente un dollaro a Perotto. Questo il ringraziamento per aver dato avvio alla rivoluzione elettronica, chi diceva dell'Italia *“... ma la gloria non vedo”?* Oggi la Olivetti Programma 101, nome ufficiale della Perottina, è esposta al MoMa insieme alla Divisumma.


Olivetti Divisumma, ca. 1960 (© John Wolff) e la Perottina del 1965

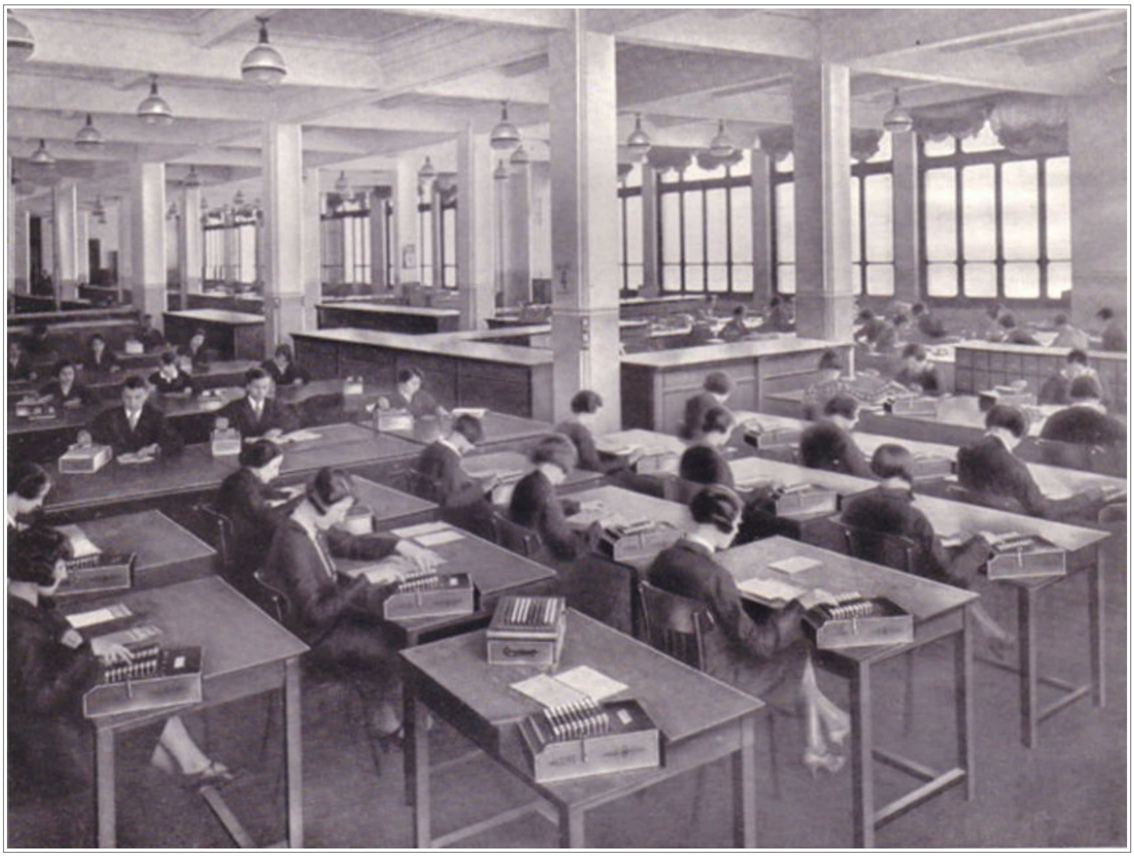
Le stampanti



Eccetto che su pascaline ed aritmografi le stampanti vennero montate su tutti i modelli di calcolatori. Primo fu il Felt & Tarrant Comptograph del 1889, ancora poco affidabile, ma col tempo furono migliorate, elettrificate e rese sempre più piccole fino a poter stampare gli scontrini che tutti conosciamo. A fianco una addizione con la Lagomarsino Totalia, il risultato è in rosso.

Il complicato meccanismo della stampante consuma energia e moltiplica gli attriti: per semplificarlo spesso si eliminava il display e l'operatore poteva controllare le cifre inserite solo dopo la stampa. Nel caso si fosse commesso un errore bisognava quindi annullare e ricominciare da capo.

Vari modelli di calcolatrici con stampante (© John Wolff)

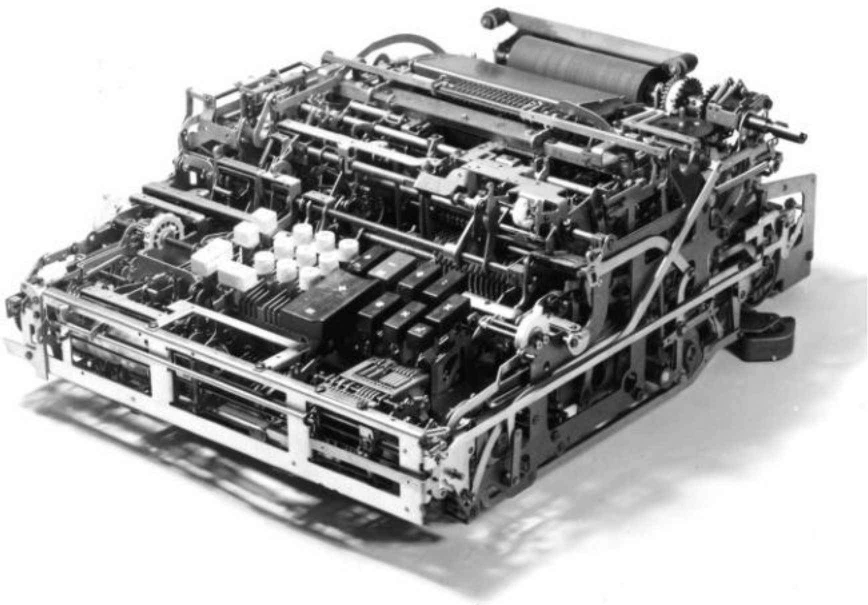


Ufficio Costi, Paghe e Contabilità Produzione della FIAT, ca. 1920

Ufficio Costi, Fatturazione e Inventario della Rinascente, ca. 1920

La fine di un'epoca

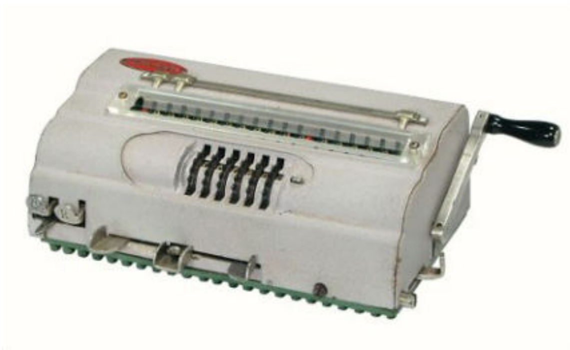
Negli anni '60 le calcolatrici meccaniche venivano utilizzate in tutte le applicazioni commerciali e finanziarie: nei centri di calcolo più importanti si lavorava coi modelli a moltiplicazione diretta, nei grandi uffici c'erano le Odhner, derivate dal progetto di Leibniz, e le Key Driven inventate alla fine dell'800. I piccoli negozi avevano le pratiche pascaline e nel taschino erano sempre presenti gli aritmografi, disegnati da Perrault nel 1600. Un caso a parte le Olivetti che pur giunte tardi sul mercato lo stavano velocemente conquistando. Le prime calcolatrici elettroniche avevano costi ed ingombri eccessivi e non vi fu concorrenza fino al 1970, quando la diffusione del transistor e dei LED permise la realizzazione di apparecchi piccoli ed economici.



Olivetti Logos, un record di permanenza negli uffici postali (© John Wolff)

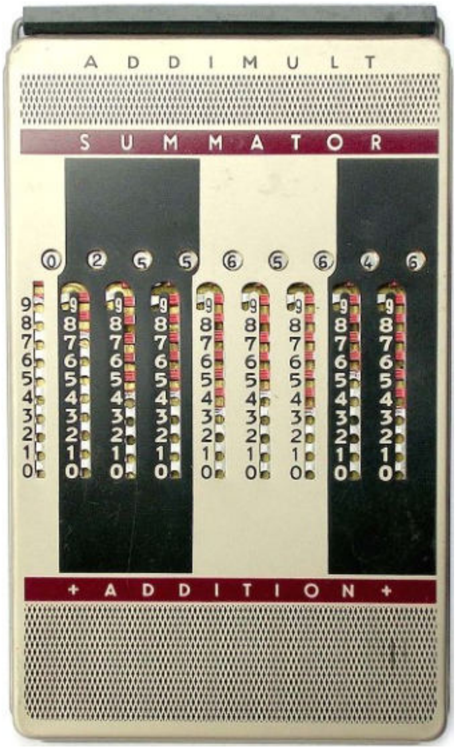
La transizione fu tuttavia lenta: ingegneri e scienziati sostituirono immediatamente i loro regoli, ma negli uffici queste macchine venivano cambiate solo quando si rompevano. C'era infatti una generazione di operatori esperti ed allenati ad utilizzarle e per questo motivo ancora oggi scriviamo con la stessa tastiera inventata nel 1878. Usandone una più moderna non saremmo più veloci ma solo disorientati: vorreste cambiare la vecchia con la nuova?

Tastiera "qwerty" nata nel 1878 e modello ergonomico "NEO" del 2004



Contemporanee: mini calcolatrici meccaniche e Sharp elettronica

Alla fine degli anni '80 le calcolatrici meccaniche si potevano ancora vedere negli uffici postali, poi sono definitivamente scomparse. Ci hanno accompagnato per secoli ma nessuno si ricorda più della loro esistenza.



Nel 1973 si poteva scegliere fra questi due modelli …

… e la nuova Divisumma elettronica: l'era del calcolo meccanico stava tramontando

Il più antico calcolatore della storia

Last but not least, nella sezione dedicata al calcolo meccanico, questo eccezionale reperto ritrovato nel relitto di una nave naufragata attorno all'80 a.C. sulle coste dell'isola greca di Antikythera. Nonostante sia stato scoperto agli inizi del '900 il suo funzionamento non è ancora stato del tutto chiarito, ma è certamente il primo tentativo di ottenere un risultato matematico utilizzando una macchina.

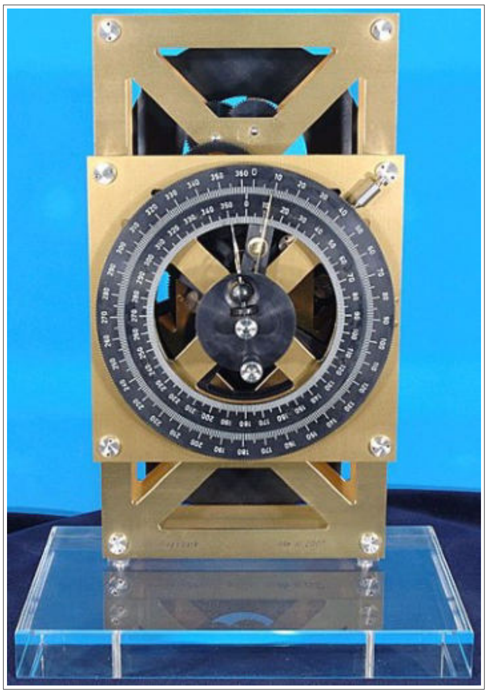
I resti del "Calcolatore di Antikythera" al museo archeologico di Atene

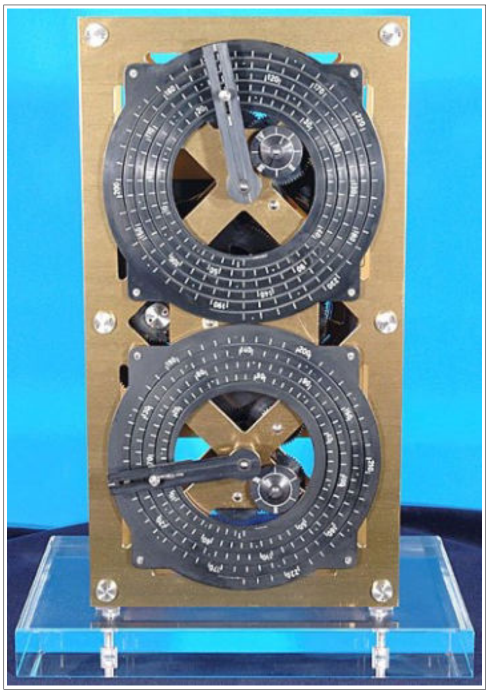
Si tratta di un planetario la cui provenienza è attribuibile alla scuola di Rodi dove, tra il secondo e il primo secolo a.C., operarono gli astronomi Gemino e Posidonio. Si hanno infatti notizie della costruzione di un planetario ad opera di Posidonio e anche Cicerone scrive di un planetario attribuito ad Archimede ma, prima di questo ritrovamento, era ritenuto improbabile che all'epoca si potessero realizzare strumenti così raffinati. Rispettandone l'architettura la *Hublot* ha presentato nel 2011 un prezioso orologio-cosmografo: è la prima volta che un mastro orologiaio si ispira a un movimento così antico.

Il reperto: nella sua immagine radiografica si intravedono i vari rotismi

Il meccanismo, composto da 32 ruote dentate, era azionato da una manovella e gli ingranaggi facevano ruotare delle lancette su 3 quadranti (i primi conosciuti). Il tutto aveva le dimensioni di una scatola di scarpe e la tecnica costruttiva presenta delle sorprese: il “cuore” del calcolatore è un ingranaggio epicicloidale, sistema composto da una o più ruote con asse fisso e da una con asse mobile, scoperto in Europa solo nel 1841. Questo principio, oggi utilizzato nei differenziali delle automobili col nome di “planetario”, nel calcolatore di Antikythera serviva per porre in relazione i moti di rotazione con i moti di rivoluzione astronomici.

Dalle porzioni rimaste si deduce che era in grado di determinare le posizioni di Sole e Luna rispetto alle costellazioni ed a prevedere le eclissi. Era concepito per il sistema eliocentrico: il rotismo principale ha infatti la funzione di riprodurre il rapporto 254/19 cioè le 254 rivoluzioni della Luna in 19 anni solari (Ciclo di Metone). Nelle poche iscrizioni leggibili compaiono precisi riferimenti a ulteriori cicli astronomici come il Ciclo di Callippo e il Ciclo di Saros, noto anche come ciclo delle eclissi.





Ricostruzione del planetario eseguita da Tatjana J. van Vark

Da Olbia l’antico frammento

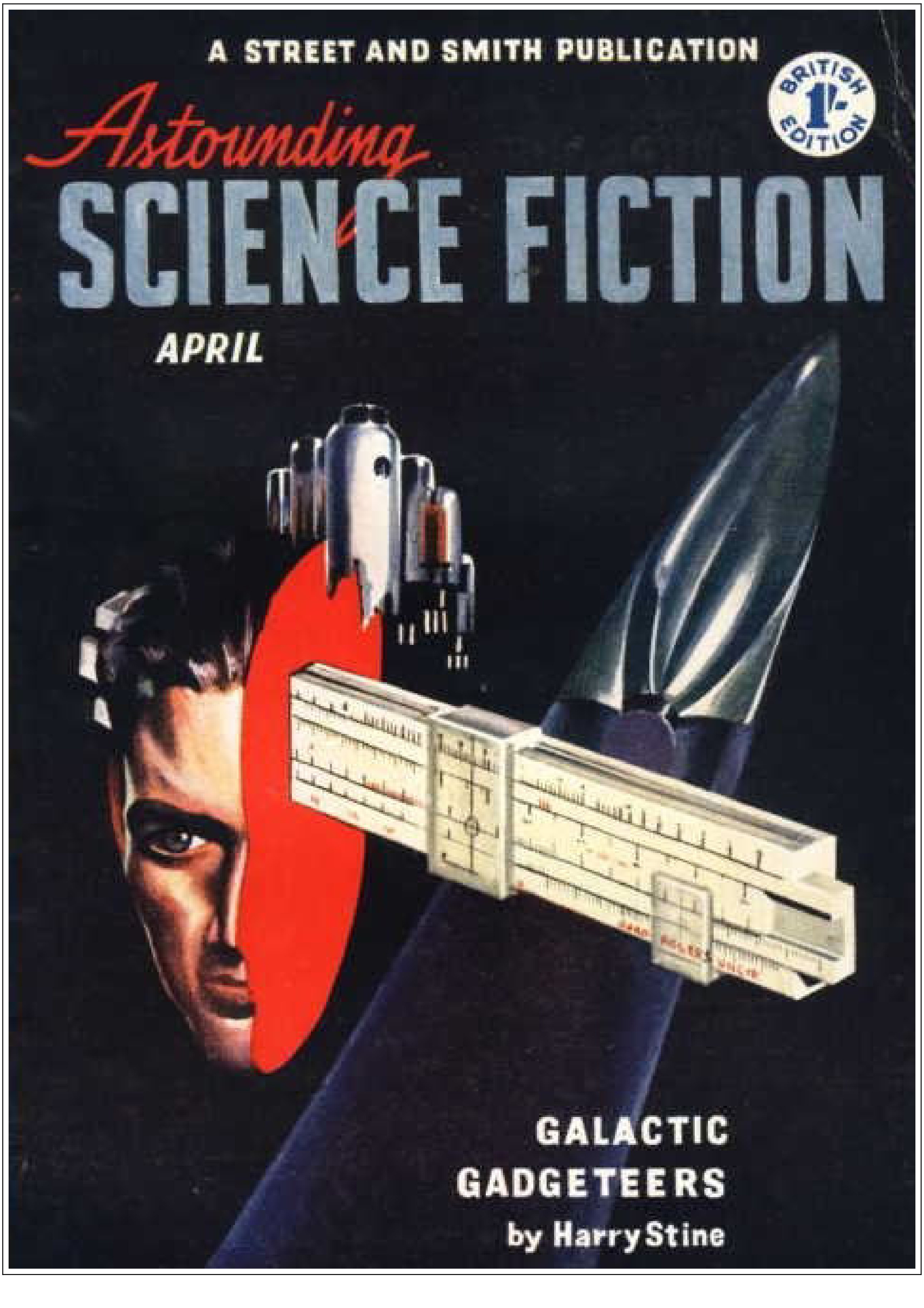
Ritrovato due anni fa, cambia la storia della tecnologia

Giornale “Unione Sarda”, 31 maggio 2008

Nel 2006 ad Olbia, in Sardegna, è stata ritrovata una porzione di ruota dentata in bronzo risalente alla fine del terzo secolo a.C. e molto simile ai resti del calcolatore di Antikythera: si tratta del più antico ingranaggio della storia. La scoperta è fondamentale non solo per il periodo storico e per le piccole dimensioni (circa 4 cm di diametro) ma sopratutto per un aspetto sorprendente: i denti non sono triangolari, ma hanno una forma molto prossima all’evolvente di cerchio. Abbiamo visto quanta difficoltà hanno avuto gli inventori per vincere l'attrito nei calcolatori meccanici, se avessero avuto a disposizione questa tecnologia, riscoperta solo alla fine dell'800, la storia sarebbe stata molto diversa.

Credits

Le informazioni sul calcolatore di Antikythera provengono quasi testualmente da un articolo del Prof. Gian Nicola Cabizza, responsabile tecnico del planetario dell'Unione Sarda di Cagliari, pubblicato sulla rivista Mathesis Anno V - n. 11 - Dicembre 2008: www.filosofiscienza.it/pdf/mathesis11.pdf.

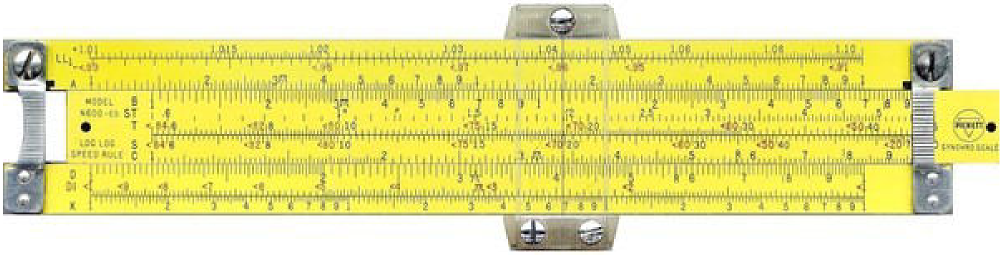


I calcolatori analogici erano ritenuti insostituibili e se ne immaginava l'uso anche nel lontano futuro: cosa sarà domani dei nostri computer?

I calcolatori analogici

Houston, Tranquility Base here. The Eagle has landed.

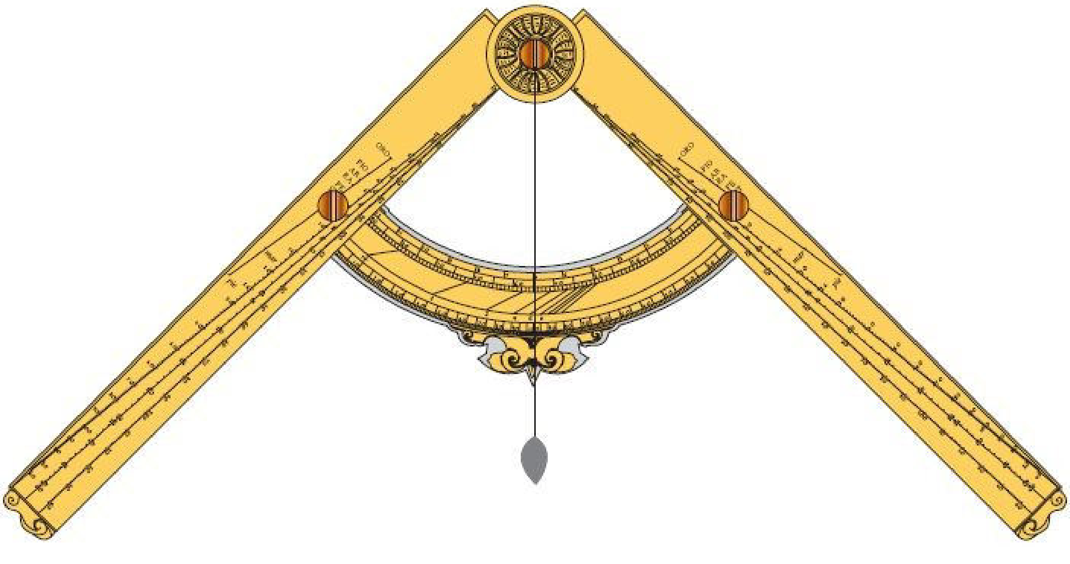
Così Armstrong annunciava il 20 luglio 1969 l'atterraggio sulla Luna. Uno dei calcolatori di bordo era un regolo tascabile, in dotazione a tutte le missioni Apollo: inventato nel 1622 questo strumento arrivò infine nello spazio: una storia dimenticata, superata da un'era digitale che sembra esistere da sempre.



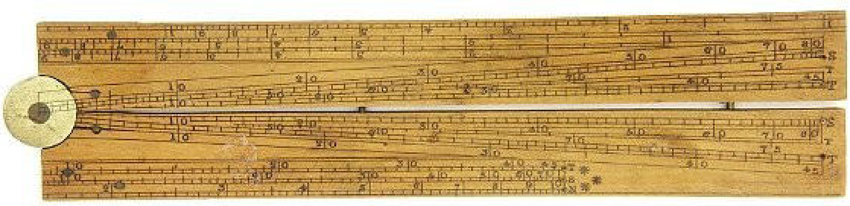
Regolo Pickett N600 ES, della stessa serie progettata per gli Apollo

Il Compasso di Galileo

Nel XVI° secolo lo sviluppo delle scienze rese necessario il calcolo con grandi numeri e gli antichi sistemi, come la moltiplicazione *"per gelosia"* illustrata a pagina 66, non erano più sufficienti. Molti cercarono una soluzione ma, alla fine del '500, Galilei fu forse il primo a sviluppare uno strumento che aiutasse a risolvere rapidamente le operazioni matematiche: moltiplicazione, divisione, radici, calcolo di aree e volumi, misura dei calibri dei cannoni. Il suo *"Compasso geometrico et militare"*, basato sulla proporzionalità dei lati omologhi di due triangoli, era molto pratico per il puntamento dei pezzi d'artiglieria e Galileo lo pubblicizzò con metodi modernissimi, vendendolo in tutta Europa accompagnato da un esauriente libretto di istruzioni intitolato *"Le operazioni del compasso"*. Per eseguire con più precisione moltiplicazioni e divisioni Edmund Gunter vi aggiunse nel 1620 una scala logaritmica, dandogli così la forma definitiva. Questo modello, conosciuto come *Sector* (in italiano Compasso di Proporzione), rimase in dotazione nella Royal Navy fino alla II° guerra mondiale.



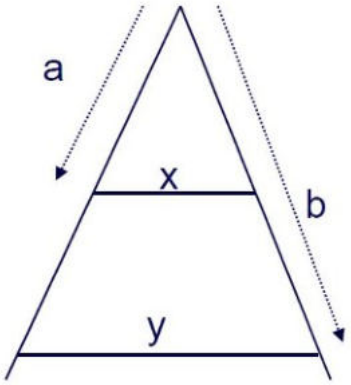
Riproduzione del Compasso di Galileo (© Museo Galileo - Firenze)



Sector con scale logaritmiche, ca. 1850

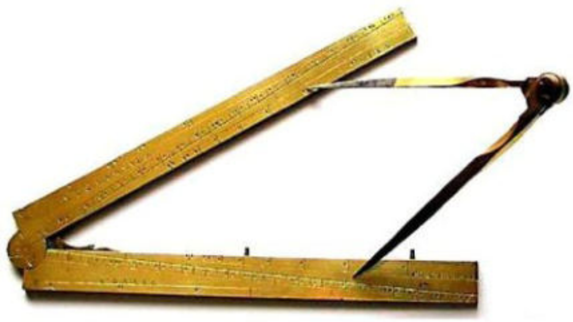
Scheda - Calcolare con il Compasso di Galileo

Il Compasso di Galileo è uno strumento analogico dove le operazioni sono sostituite dalla misura di valori geometrici: il suo funzionamento si basa sulla proporzionalità dei lati omologhi di due triangoli.



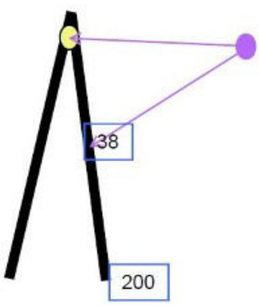
Teorema di Euclide

$$\frac{a}{x} = \frac{b}{y}$$

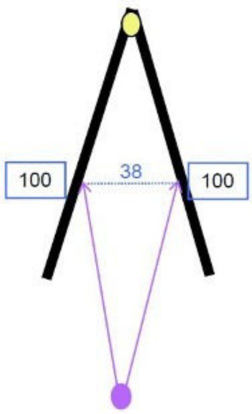


Vediamo come si usa la scala delle parti uguali, per effettuare le misure serve un normale compasso.

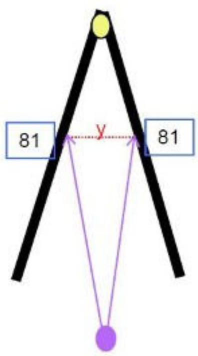
Esempio: 81 x 38 diventerà



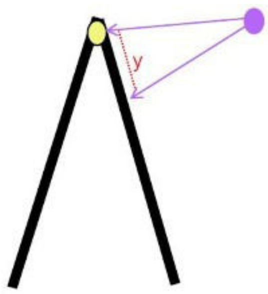
Misurare 38



Compasso aperto a 38
sulla gradazione 100



Misura di y
sulla gradazione 81



Misura di y
risultato = 100 y

Le varie scale permettono di effettuare molti altri calcoli, le principali sono:

- linea delle parti uguali: per eseguire moltiplicazioni e divisioni;
- linea dei piani: per estrarre radici quadrate da 1 a 64;
- linea dei solidi: per estrarre radici cubiche da 1 a 64;
- linea dei poligoni: per calcolare il lato di un poligono regolare iscritto in una circonferenza;
- linea dei metalli: per determinare il diametro delle palle di cannone conoscendone il peso;
- linea dei pesi: per stimare il peso di una palla di cannone conoscendone il diametro;
- linea delle corde, graduata da 0° a 180°: per misurare angoli ed effettuare calcoli nautici.

Il Sector di Gunter ha inoltre:

- linea delle secanti, graduata da 0° a 76°;
- linea dei seni, graduata da 0° a 90°;
- 2 linee delle tangenti da 0° a 45° e da 45° a 75°;
- 2 o 3 scale logaritmiche per eseguire più facilmente moltiplicazioni, divisioni, potenze e radici.

Si ringrazia Gonzalo Martin, www.photocalcul.com.

Calcolare stanca: l'invenzione dei logaritmi

Il matematico John Napier (Nepero) sosteneva: *"Eseguire dei calcoli è operazione difficile e lenta e spesso la noia che ne deriva è la causa principale della disaffezione che la gente prova nei confronti della matematica"*. Trovò una soluzione nel 1614 con l'invenzione dei logaritmi, subito pubblicati nel *"Mirifici logarithmorum canonis descriptio"*, in grado di esprimere qualsiasi numero positivo tramite potenze. Visto che il prodotto di due potenze con uguale base è una potenza con la stessa base ed esponente dato dalla somma degli esponenti, coi logaritmi (dal greco logos e arithmos, cioè ragionamento coi numeri) moltiplicazioni e divisioni si possono effettuare come semplici addizioni e sottrazioni. Napier introdusse inoltre l'uso della virgola nella notazione decimale.

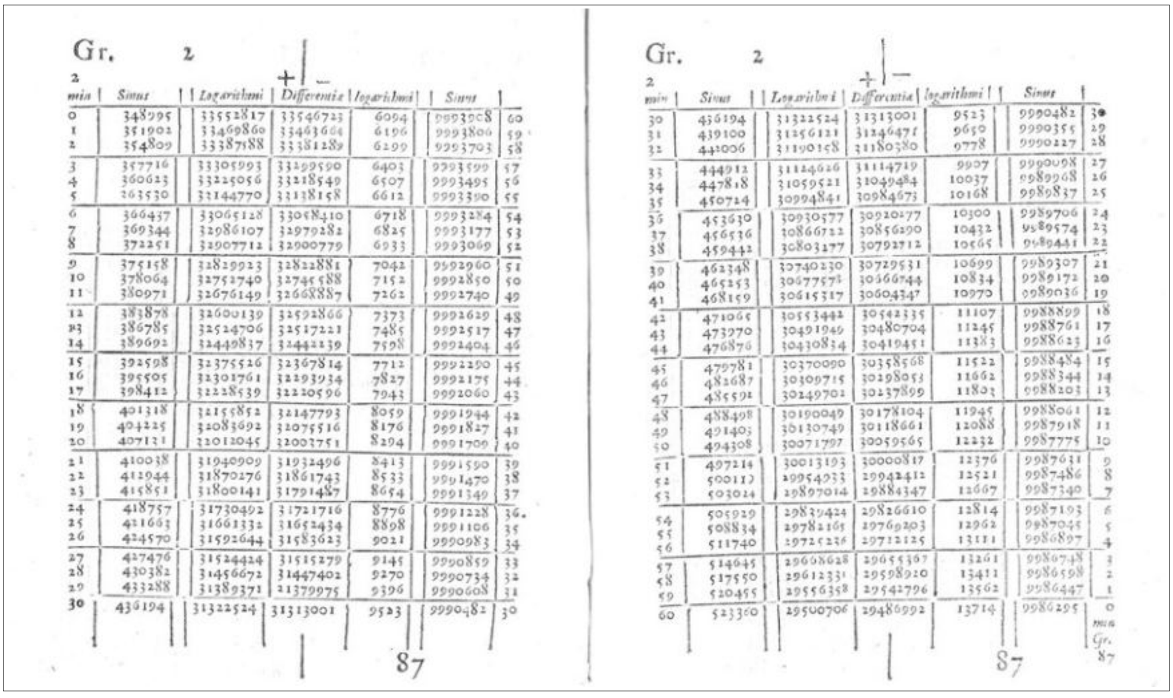
Il calcolo scientifico nasce non a caso in Inghilterra: la sua economia era legata alla navigazione e bisognava trovare strumenti adeguati per calcolare il punto nave, lo stesso impulso che le spedizioni spaziali diedero ai calcolatori elettronici. In Spagna il problema era meno sentito in quanto le rotte per il Centroamerica si svolgevano per latitudine necessitando di pochi calcoli (vedere le pagine 94 e 129).

Nel 1617 Henry Briggs, dopo diversi incontri con Napier, razionalizzò i logaritmi organizzandoli più praticamente in base 10 e stampandoli in forma di tabelle, da lui chiamate "tavole", che permettevano di calcolare fino alla quattordicesima cifra decimale: quanto una calcolatrice di oggi! In questa opera troviamo già il termine "mantissa" per le parti decimali ma la prima esposizione sistematica è del 1742, con la pubblicazione della *"Table of Logarithms"* di William Gardiner.

Per moltiplicare due numeri basta cercare i loro logaritmi nelle tavole e sommarli: otterremo il logaritmo del risultato e consultando di nuovo le tavole lo trasformeremo nel risultato vero. In pratica il logaritmo di un numero in una certa base è l'esponente a cui bisogna innalzare la base per ottenere il numero stesso. Il logaritmo di 100 in base 10 è 2 ($10^2 = 100$) e 10.000 x 1.000 si trasforma in $10^4 \times 10^3 = 10^{4+3} = 10^7$ = 10.000.000. Moltiplicando e dividendo gli esponenti troveremo inoltre i quadrati, i cubi e le relative radici.

Le cose si complicano quando trattiamo numeri diversi da 10 (es. il logaritmo di 2 è 0,301029, di 113 è 2,053078, di 1.415 è 3,150756 ecc.) ed occorrono tavole molto voluminose, ma i logaritmi ebbero comunque lunga vita: erano economici e la loro precisione li rendeva indispensabili ad astronomi e naviganti. Dal 1959 vennero elaborati al computer e le pubblicazioni cessarono solo attorno al 1975. Oggi i logaritmi si utilizzano principalmente per risolvere equazioni esponenziali.

Calcolare coi logaritmi è facile, compilare le tavole no. Molti scienziati e navigatori ringraziarono nei loro libri gli oscuri matematici che passarono la vita lavorando manualmente con grande fatica.



Gr. 2

\+ | −

2 min	Sinus	Logarithmi	Differentia	Logarithmi	Sinus	
0	348995	33552817	33546723	6094	9993908	60
1	351902	33469860	33463664	6196	9993806	59
2	354809	33387188	33381289	6299	9993703	58
3	357716	33305993	33299590	6403	9993599	57
4	360623	33225056	33218549	6507	9993495	56
5	363530	33144770	33138158	6612	9993390	55
6	366437	33065128	33058410	6718	9993284	54
7	369344	32986107	32979282	6825	9993177	53
8	372251	32907712	32900779	6933	9993069	52
9	375158	32829923	32822881	7042	9992960	51
10	378064	32752740	32745588	7152	9992850	50
11	380971	32676149	32668887	7262	9992740	49
12	383878	32600139	32592866	7373	9992629	48
13	386785	32524706	32517221	7485	9992517	47
14	389692	32449837	32442239	7598	9992404	46
15	392598	32375526	32367814	7712	9992290	45
16	395505	32301761	32293934	7827	9992175	44
17	398412	32228539	32220596	7943	9992060	43
18	401318	32155852	32147793	8059	9991944	42
19	404225	32083692	32075516	8176	9991827	41
20	407131	32012045	32003751	8294	9991709	40
21	410038	31940909	31932496	8413	9991590	39
22	412944	31870276	31861743	8533	9991470	38
23	415851	31800141	31791487	8654	9991349	37
24	418757	31730492	31721716	8776	9991228	36
25	421663	31661332	31652434	8898	9991106	35
26	424570	31592644	31583623	9021	9990983	34
27	427476	31524424	31515279	9145	9990859	33
28	430382	31456672	31447402	9270	9990734	32
29	433288	31389371	31379975	9396	9990608	31
30	436194	31322524	31313001	9523	9990482	30

87

Gr. 2

\+ | −

2 min	Sinus	Logarithmi	Differentia	Logarithmi	Sinus	
30	436194	31322524	31313001	9523	9990482	30
31	439100	31256121	31246471	9650	9990355	29
32	442006	31190158	31180380	9778	9990227	28
33	444912	31124626	31114719	9907	9990098	27
34	447818	31059521	31049484	10037	9989968	26
35	450724	30994841	30984673	10168	9989837	25
36	453630	30930577	30920177	10300	9989706	24
37	456536	30866722	30856290	10432	9989574	23
38	459442	30803277	30792712	10565	9989441	22
39	462348	30740230	30729531	10699	9989307	21
40	465253	30677578	30666744	10834	9989172	20
41	468159	30615317	30604347	10970	9989036	19
42	471065	30553442	30542335	11107	9988899	18
43	473970	30491949	30480704	11245	9988761	17
44	476876	30430834	30419451	11383	9988623	16
45	479781	30370090	30358568	11522	9988484	15
46	482687	30309715	30298053	11662	9988344	14
47	485592	30249701	30237899	11803	9988203	13
48	488498	30190049	30178104	11945	9988061	12
49	491403	30130749	30118661	12088	9987918	11
50	494308	30071797	30059565	12232	9987775	10
51	497214	30013193	30000817	12376	9987631	9
52	500119	29954933	29942412	12521	9987486	8
53	503024	29897014	29884347	12667	9987340	7
54	505929	29839424	29826610	12814	9987193	6
55	508834	29782165	29769203	12962	9987045	5
56	511740	29725236	29712125	13111	9986897	4
57	514645	29668628	29655367	13261	9986748	3
58	517550	29612331	29598920	13411	9986598	2
59	520455	29556358	29541796	13562	9986447	1
60	523360	29500706	29486992	13714	9986295	0

min Gr. 87

87

Due tavole della "Mirifici logarithmorum canonis descriptio", 1614

Scheda - Calcolare con i logaritmi

Calcolare coi logaritmi è un procedimento meccanico che non impegna la mente ma utilizzare le tavole richiede molta pratica. Proviamo ad eseguire 10,34 x 1.347: per prima cosa dobbiamo trovare il logaritmo di 10,34. La tavola ci dà solo la parte decimale del logaritmo (mantissa) mentre la parte intera è data dalla potenza di dieci del numero, quindi 1.

N.	L. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	00 000	043	087	130	173	217	260	303	346	389
101	432	475	518	561	604	647	689	732	775	817
102	860	903	945	988	*030	*072	*115	*157	*199	*242
103	01 284	326	368	410	452	494	536	578	620	662
104	703	745	787	828	870	912	953	995	*036	*078
105	02 119	160	202	243	284	325	366	407	449	490
106	531	572	612	653	694	735	776	816	857	898

Per trovare la parte decimale togliamo la virgola al numero, che diventa 1034: la colonna N indica le prime 3 cifre, la quarta sarà nelle colonne numerate da 0 a 9.

Le prime due cifre della parte decimale si trovano nella colonna L in corrispondenza del 103 della colonna N (01), le altre 3 cifre si trovano sulla stessa riga nella colonna del 4 (452). La parte decimale sarà quindi 01452 e il logaritmo completo 1,01452.

131	727	760	793	826	860	893	926	959	992	*024
132	12 057	090	123	156	189	222	254	287	320	352
133	385	418	450	483	516	548	581	613	646	678
134	710	743	775	808	840	872	905	937	969	*001
135	13 033	066	098	130	162	194	226	258	290	322
136	354	386	418	450	481	513	545	577	609	640

Ora, allo stesso modo, andremo in caccia del logaritmo di 1.347: la parte intera è 3 (10x10x10 = 1.000) e le prime 3 cifre 134. Sulla linea 134 manca il valore nella colonna L e prenderemo l'ultimo valore prima della linea 134 (12). Le altre 3 si trovano sulla riga 134 di N nella colonna 7 (937). La parte decimale sarà quindi 12937 ed il logaritmo completo 3,12937.

Adesso sommiamo il logaritmo di 10,34 al logaritmo di 1.347 (nel caso della divisione si deve sottrarre): 1,01452 + 3,12937 = 4,14389. Il prodotto tra 10,34 e 1.347 sarà il numero il cui logaritmo è 4,14389, cerchiamolo nelle tavole.

137	672	704	735	767	799	830	862	893	925	956
138	988	*019	*051	*082	*114	*145	*176	*208	*239	*270
139	14 301	333	364	395	426	457	489	520	551	582
140	613	644	675	706	737	768	799	829	860	891
141	922	953	983	*014	*045	*076	*106	*137	*168	*198
142	15 229	259	290	320	351	381	412	442	473	503
143	534	564	594	625	655	685	715	746	776	806
144	836	866	897	927	957	987	*017	*047	*077	*107
145	16 137	167	197	227	256	286	316	346	376	406
146	435	465	495	524	554	584	613	643	673	702
147	732	761	791	820	850	879	909	938	967	997
148	17 026	056	085	114	143	173	202	231	260	289
149	319	348	377	406	435	464	493	522	551	580
150	609	638	667	696	725	754	782	811	840	869
N.	L. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

La parte intera del logaritmo è la potenza di 10 del numero cercato (4); con la parte decimale (14389) troveremo le altre cifre.

La parte decimale inizia con le 2 cifre (14), le troviamo nella colonna L e poi cercheremo le altre 3 cifre (389) nelle colonne seguenti numerate da 0 a 9. Il 389 manca, ci sono invece il 364 nella colonna 2 ed il 395 nella colonna 3 della riga 139 di N: il risultato sarà situato approssimativamente fra 13.920 e 13.930.

Per ottenere la quinta cifra esatta andremo ad interpolare con le tabelline P.P. (partes proportionales).

	32	31	30
1	3,2	3,1	3,0
2	6,4	6,2	6,0
3	9,6	9,3	9,0
4	12,8	12,4	12,0
5	16,0	15,5	15,0
6	19,2	18,6	18,0
7	22,4	21,7	21,0
8	25,6	24,8	24,0
9	28,8	27,9	27,0

P. P.

Dapprima dobbiamo trovare la differenza tra 395 e 364 (i 2 numeri alle colonne 2 e 3) 395 - 364 = 31 e consulteremo la tabella P.P. alla colonna 31.

Poi cercheremo la differenza tra 389 (il valore non trovato) e 364 (il più piccolo dei 2 trovati: 389 - 364 = 25 guardando nella colonna 31 per il valore più vicino al 25 (24,8). Nella prima colonna in corrispondenza di 24,8 troviamo il numero 8 ed il risultato esatto sarà 13.928: infatti 10,34 x1.347 = 13.928.

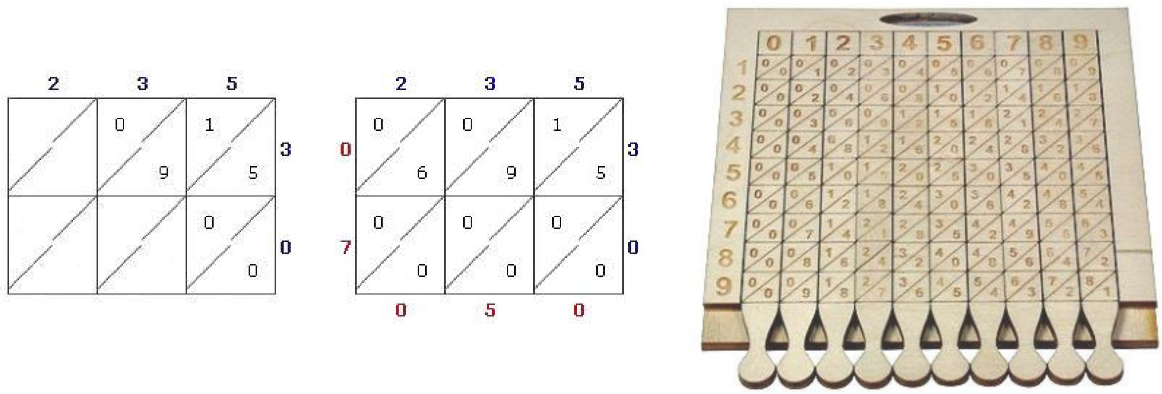
Oggi sembra un sistema poco pratico ma Nepero scriveva *Ho cercato usando tutti i mezzi che avevo a disposizione e con le forze del mio intelletto di rendere più agevole e spedito il calcolo elaborando il metodo dei logaritmi a cui ho dedicato molti anni di studio.* Un obbiettivo raggiunto: 200 anni più tardi Pierre-Simon de Laplace sosteneva ancora che *il lavoro di Napier ha raddoppiato la vita di noi astronomi*.

Si ringraziano Reto Ambrosini e Alessandro Margnetti.

I bastoncini di Nepero

Non pago della scoperta dei logaritmi Napier inventò inoltre i famosi "bastoncini", in inglese Napier's bones, presentati nel suo libro *“Rabdologiæ”* (dal greco rabdos e logos, cioè calcolo coi bastoncini) del 1617. Keplero li impiegò subito per calcolare le orbite dei pianeti affermando che gli avevano risparmiato 400 anni di fatiche: l'avventura del calcolo scientifico automatico era finalmente cominciata.

Per questo lavoro si ispirò ad un tipo di moltiplicazione inventato in India, molto diffuso nell'Europa medioevale ed ancora usato in Turchia, in cui le operazioni si effettuano riempendo delle caselle divise a metà da una diagonale: scriviamo esternamente le cifre dei due fattori e in ogni casella, separando le decine dalle unità, scriveremo il prodotto dei numeri corrispondenti alla riga e alla colonna (es. in basso: 9 nella casella 3 (3x3), 15 nella casella 5 (3x5) ecc.). Sommiamo ora le cifre che si trovano sulla stessa diagonale a partire dall’angolo in basso a destra, riportando le decine alla diagonale successiva, ed avremo il risultato. In Italia questo procedimento venne battezzato *“per gelosia”* e il motivo lo troviamo nel *“Summa de Arithmetica”* (1494) di Luca Pacioli: *“Con il termine gelosia indichiamo quelle grate che si ha l’abitudine di mettere alle finestre delle case dove abitano delle donne affinché non si possano vedere con facilità”*. Napier sintetizzò questo sistema stampando i prodotti su bastoncini di legno o di avorio: le caselle erano precompilate e bisognava solo sommare. Al tempo infatti anche le persone erudite avevano difficoltà con le moltiplicazioni e questo strumento, che rivoluzionò il modo di calcolare, venne prodotto in mille varianti fino alla prima metà del novecento.

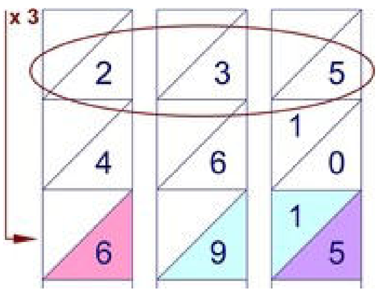


Moltiplicazione per gelosia (235 x 30 = 7.050) e i “bastoncini” precompilati

Per eseguire le operazioni è necessario accostare i bastoncini ricreando ogni volta la grata e Napier propose anche un sistema più veloce, chiamato Prontuarium, che consisteva in un set di maschere forate grazie alle quali si individuava rapidamente la diagonale delle cifre da sommare. Il maneggio delle maschere risultò meno facile del previsto e nel 1668 Caspar Schott dispose le numerazioni in cilindri rotanti, inseriti all'interno di una scatola o “cistula”, permettendo così di lavorare senza *“capitis defatigatione”*. Da notare l'uso del latino, al tempo utilizzato dagli studiosi di ogni nazionalità.

Napier propose inoltre una curiosa “scacchiera calcolatrice”, che funzionava in base 2 pur non essendo un sistema digitale, ma questo originale sistema non ebbe alcun seguito pratico.

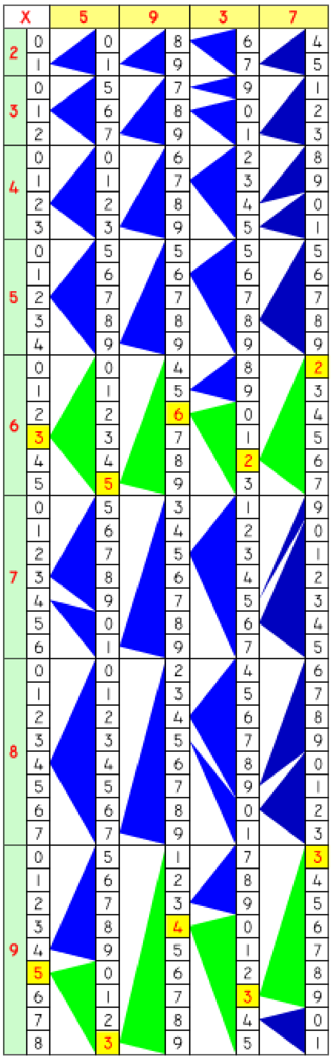
Scheda - Calcolare con i bastoncini di Nepero



Per effettuare 235 x 3 accostiamo i bastoncini intestati 2, 3 e 5: il risultato si deduce dalla terza riga (che corrisponde al secondo fattore **3**), sommiamo in diagonale le cifre da destra verso sinistra considerando gli eventuali riporti e quindi avremo **5**, poi **0** (**9** + **1**), poi **7** (**6** + **1** di riporto), invertiamo ed ecco il risultato: 705. Provate ora a moltiplicare 235 per 2, oggi sembra complicato ma i bastoncini facilitano molto le operazioni con grandi numeri. Naturalmente si può anche dividere e la versione completa include una tavoletta per elevare a potenza ed estrarre radici.

Ricostruzione della "cistula" di Schott, ca. 1668 (© Götz-Kenner) e una variante dei bastoncini inserita in un ventaglio, 1910 (© Stephan Weiss)

Scheda - I righelli di Genaille



Nel 1885 Henri Genaille ed Edouard Lucas elaborarono una versione dei bastoncini che permette di calcolare più rapidamente: consiste in un set di 11 righelli per la moltiplicazione e 11 per la divisione.

Eseguiamo come esempio 5.937 x 96 = 569,952: accostiamo alla sinistra del righello X i righelli 5, 9, 3, e 7.

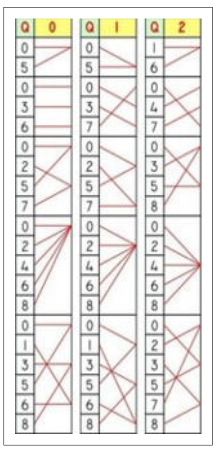
Moltiplichiamo prima 5.937 x 6: il risultato si legge nella fascia del 6 cominciando dal numero più in alto del righello di destra. Seguendo le frecce, per questo esempio evidenziate in verde, si leggono nell'ordine: 2, 2, 6, 5 e 3, letti da sinistra a destra danno 35,622 (5.937 x 6 = 35,622).

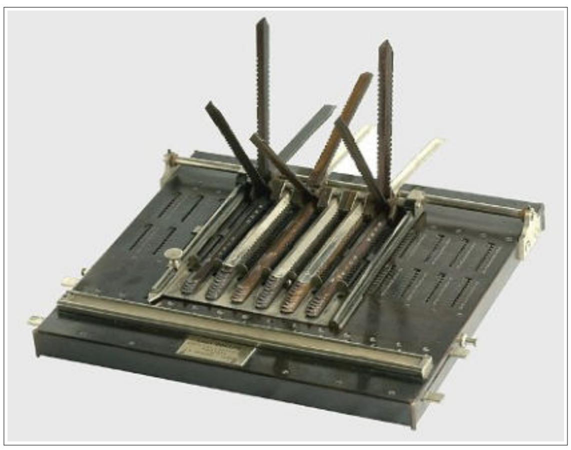
Analogamente 5.937 x 9 = 53,433 e quindi 5.937 x 90 = 534,330.

Sommiamo ora 35,622 e 534,330 trovando così il risultato: 569,952.

I righelli ebbero una discreta diffusione fino alla seconda guerra mondiale e ne vennero create molte varianti, alcune curiose come il modello meccanizzato di León Bollè.

Si ringrazia www.giocomania.org.





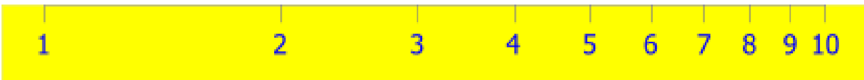
La grafica per le divisioni e i righelli di León Bollé, ca. 1889

Gli esordi del regolo calcolatore

Nel1620 Edmund Gunter, per evitare il lungo lavoro con le tavole, disegnò la scala logaritmica marcando i numeri su di un righello ad una distanza dall'origine proporzionale al valore del loro logaritmo. In questo modo si sostituiscono le funzioni matematiche con misurazioni lineari, operando così per analogia. I risultati sono meno precisi ma si lavora molto più rapidamente. Ecco la tabella:

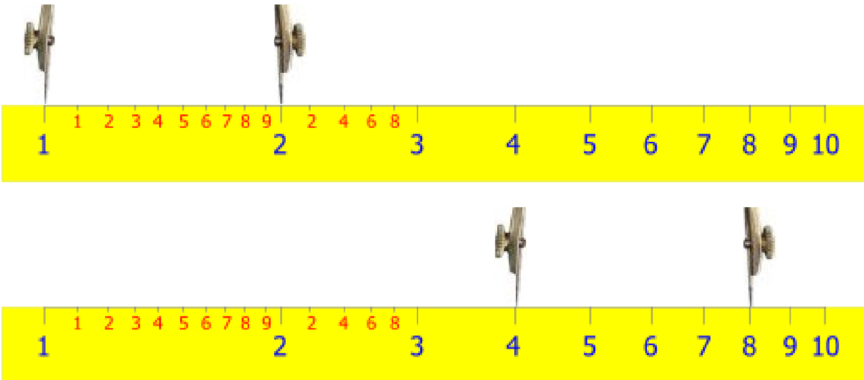
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,301	0,477	0,602	0,699	0,778	0,845	0,903	0,954	1

Costruiamo ora la scala: l'1 è il punto di partenza, il 2 si trova a 3,01 cm, il 3 a 4,77 e così via fino a 10. Possiamo quindi rappresentare ogni numero in quanto possiamo leggere, per esempio, il numero 3 anche come 30, 300, 0,003, 0,3, ecc.



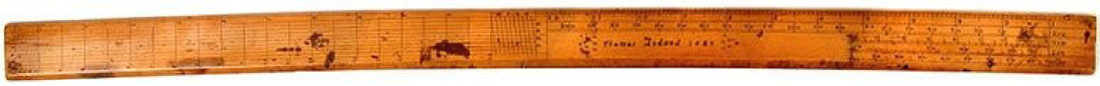
Scala logaritmica con spaziatura proporzionale dei numeri

Aggiungiamo le divisioni secondarie, poche in questa immagine a causa delle ridotte dimensioni, (logaritmi tra 1 e 99) e invece di cercare i logaritmi nelle tavole basterà addizionarli con l'aiuto di un compasso. Per eseguire 2 x 4 apriamo il compasso fra 1 e 2 e poi, mantenendo la stessa apertura, poggiamo la punta sinistra sul 4: l'altra punta indicherà il risultato e per dividere opereremo al contrario.



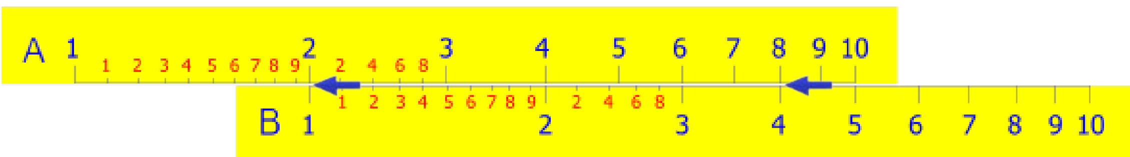
2 x 4 con la scala raddoppiata di Gunter

Questo strumento fu molto apprezzato e rimase in uso, con scale specifiche per risolvere i calcoli nautici, a bordo delle navi fino agli inizi del '900. Gunter applicò la sua scala anche al Compasso di Galileo, inventando così il *Sector* già visto a pagina 62.



Gunter's Scale, ca. 1680 (© MHS Oxford)

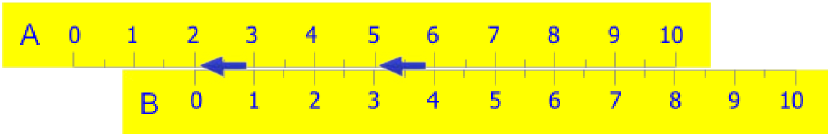
La Gunter's Scale rimase in uso per 300 anni nonostante il regolo calcolatore fosse stato inventato già nel 1622. In quell'anno infatti William Oughtred duplicò le scale logaritmiche facendole scorrere parallelamente: un innovazione che permette la lettura rapida e diretta del risultato.



2 x 4 con i righelli di Oughtred

Scheda - Calcolare con il regolo

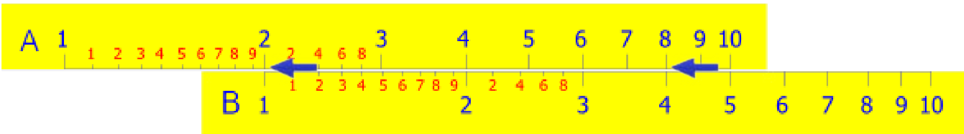
Il regolo, in inglese Slide Rule, sostituisce le funzioni matematiche con misurazioni lineari; vediamo per prima cosa come si può fare la somma utilizzando due comuni righelli graduati. Se si vogliono sommare 2 e 3 basta mettere lo 0 del righello B in corrispondenza del 2 del righello A, leggendo il risultato sul righello B sopra il 3:



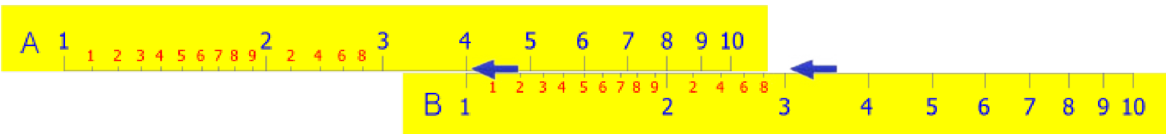
Abbiamo quindi uno strumento in grado di effettuare addizioni (2+ con questa impostazione); per le sottrazioni basta invertire il procedimento: 5 - 4 = 2.

Dall'accuratezza della costruzione dipende la precisione dei risultati ma, anche dividendo ulteriormente le scale, non si riesce ad operare con numeri superiori a 100. E' chiaro quindi che per quanto riguarda l'addizione e la sottrazione il regolo è inferiore all'abaco ed a qualsiasi altro tipo di calcolatrice.

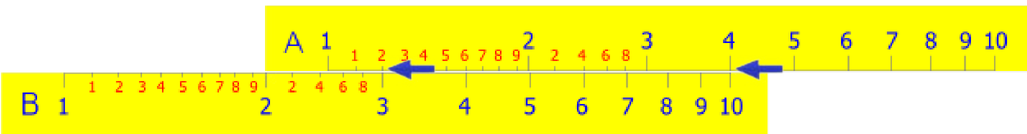
Questo sistema diventa però potentissimo se le scale vengono disegnate utilizzando la successione logaritmica. Volendo eseguire 2 x 4 allineiamo l' 1 della scala B in corrispondenza del 2 della scala A e leggeremo il risultato sulla scala A sopra il 4 della scala B:



Abbiamo adesso uno strumento in grado di effettuare moltiplicazioni (2x con questa impostazione); l'immagine precedente mostra anche come eseguire 8 ÷ 4: basta mettere il 4 della scala B in corrispondenza dell' 8 della scala A e leggere il risultato sulla scala A sopra l' 1 della scala B.



Il regolo ha comunque dei limiti, infatti per calcolare 4 x 3 imposteremo i righelli nel modo seguente: Ma, come appare nella figura, andiamo fuori scala ed occorre reimpostare l'operazione utilizzando il 10 della scala B e non l' 1:



In questo modo otteniamo 1,2 ma il risultato corretto è 12, non 1,2. Infatti il regolo restituisce solo le cifre, per gli zeri e per posizionare la virgola bisogna sempre tenere presente il calcolo che si sta eseguendo. Le cose sono più difficili volendo eseguire 1.237 x 23: bisogna ridurre gli operandi a numeri compresi fra 1 e 10, quindi 1,237 x 2,3, sforzandoci di approssimare con attenzione.

Questa spiegazione è estremamente essenziale però il regolo possiede molte altre scale ed ha le capacità di calcolo di una moderna calcolatrice. L'unico suo difetto è la scarsa leggibilità, ma una operazione come questa si risolve comunque in pochi minuti. Il segreto è: pratica, pratica, pratica ...

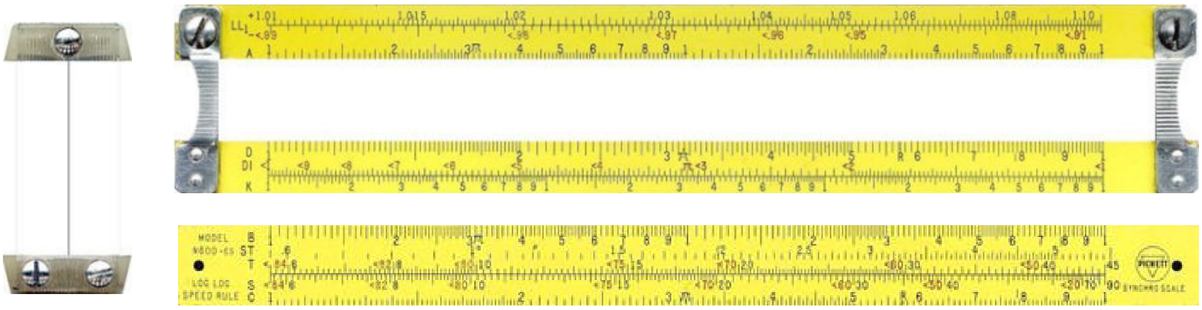
$$\frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{(0.424 \times 6.13)^3}}}}{2.63 \times 0.41 \times 3.27} \times \frac{\left[\frac{0.008}{21 \times 63}\right]^3}{0.000000278}$$

Provare un vero regolo non è difficile, su internet costano pochi euro, ma per iniziare bastano i modelli di carta da che si trovano nei miei *Sussidi Didattici*.

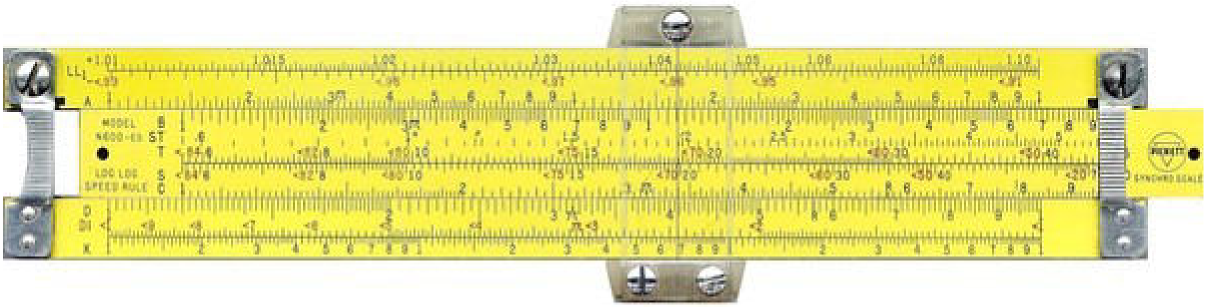
Si ringrazia www.giocomania.org.

Scheda - Le caratteristiche del regolo

Il regolo moderno, non molto diverso dai suoi predecessori, è composto da: corpo fisso, righello centrale scorrevole e cursore trasparente con una linea verticale per facilitare le letture.



I componenti del regolo: corpo, scorrevole e cursore



Il Pickett 600 ES della NASA con colorazione antiriflesso in dimensioni originali

Per ottenere uno strumento insensibile alle variazioni di temperatura si utilizzava il legno di bosso (boxwood), di mogano o di bambù, i pezzi più pregiati erano costruiti in avorio, e le scale venivano incise. Verso la fine dell'800 cominciarono ad essere ricoperti da una lamina di celluloide bianca che migliorò la leggibilità delle scale, ora stampate. Nel 1936 venne inventato l'Astralon, un derivato del PVC, subito utilizzato al posto della celluloide che tendeva ad ingiallire e dopo il 1945 si diffusero regoli in sola plastica o in alluminio: questi ultimi adottavano spesso una colorazione gialla antiriflesso “ES” (Eyes Saver) studiata per le missioni spaziali. La precisione è proporzionale alla lunghezza delle scale e per questo motivo se ne costruirono anche di forma circolare. Le lunghezze (o i diametri) variano da 27 a 30 cm, solo pochi sono più lunghi, mentre il regolo tascabile misura 13-15 cm. I principali modelli sono i seguenti:

Simplex e Duplex

Simplex ha le scale solo sul fronte, Duplex ha le scale anche sul retro.

Mannheim e Polyphase

Mannheim si riferisce ai regoli Simplex con le quattro scale di base: A, B, C e D, Polyphase ha in più la scala K, per cubi e radici cubiche e la CI, logaritmica invertita, per facilitare alcuni calcoli.

Trig e Decimal-Trig

Trig si riferisce ad un regolo con le scale di base per il calcolo delle funzioni trigonometriche seno, coseno e tangente e delle loro funzioni inverse. Decimal-Trig si riferisce a scale trigonometriche con lettura in gradi decimali piuttosto che in gradi e minuti di grado.

Log-Log

Ha scale “LL” per l'elevazione a potenza.

Dual Base

Ha scale per calcolare i logaritmi in base 10 e in base naturale.

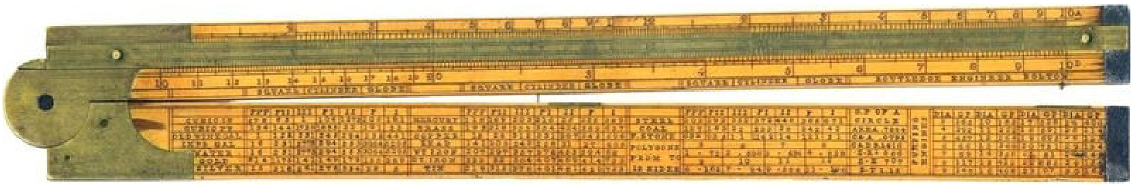
Vector

Ha scale speciali (fino a 34) per calcolare le funzioni trigonometriche iperboliche.

Nel 1654 Robert Bissaker, per velocizzare ulteriormente i calcoli, marcò le scale su più righelli scorrevoli. Chiamato Gauging Rule questo regolo era specializzato nel misurare il contenuto dei barili di vino, birra o liquori e calcolarne il carico fiscale; subito migliorato da Thomas Everard venne poi commercializzato per oltre 2 secoli. Poco dopo Isaac Newton vi aggiunse una scala che permetteva di risolvere le equazioni cubiche ed alla fine del '600 il regolo era ormai divenuto adulto.

Gauging Rule di Thomas Everard, metà del XVIII° secolo

Nel 1677 Henry Coggeshall creò la Carpenter's Slide Rule, montata su due righelli di legno con la gradazione in pollici, la scala centrale scorrevole in bronzo e diverse altre scale per la risoluzione di vari problemi. E' uno strumento combinato che ha permesso di misurare e calcolare anche alla gente comune, rimasto in uso fino agli inizi del '900 sopratutto nei cantieri navali e nelle carpenterie.



Carpenter's Slide Rule, ca. 1840

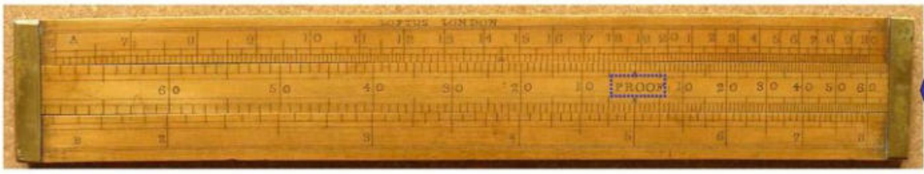
All'inizio del 1700 esistevano quindi regoli specifici per gli usi dell'epoca: la Carpenter's Slide Rule trovava il volume ed il peso dei carichi di legname, la Gauging Rule calcolava la tassazione delle botti di birra mentre la Gunter's Scale permise una grandiosa opera di misurazione: la mappatura degli Stati Uniti. Il vecchio Sector aveva ormai estimatori solo nell'ambito nautico e militare.

Set con due regoli ed idrometro per la tassazione degli alcoolici, ca. 1870

Con la diffusione delle macchine a vapore e lo sviluppo delle ferrovie incominciarono a diffondersi strumenti di calcolo di uso più generico, vere armi segrete della rivoluzione industriale. I calcoli astronomici necessitavano però di una precisione assoluta e in questo ambito si preferivano le tavole logaritmiche. Per correggere i numerosi errori di compilazione le case editrici offrivano sostanziosi premi ai lettori chi li avessero trovati, scatenando le umoristiche “cacce al decimale” di cui parla Jules Verne nel divertente racconto *“Avventure di tre russi e tre inglesi nell'Africa australe”.*

Scheda - Il regolo fiscale

Con questi regoli si possono misurare i volumi di botti e recipienti cubici, le quantità contenute, convertire misure, trovare i titoli di diverse miscele, in breve tutto ciò che necessita ad un esattore fiscale. Determiniamo come esempio la tassazione di un alcolico in base alla sua gradazione: utilizzeremo un regolo Loftus del 1850, ancora senza il cursore, sapendo che una bevanda è chiamata “proof standard” quando a 60°F (15,5°C) contiene il 57,1% di alcol e il 42,9% di acqua. Si ringrazia Gonzalo Martin, www.photocalcul.com.

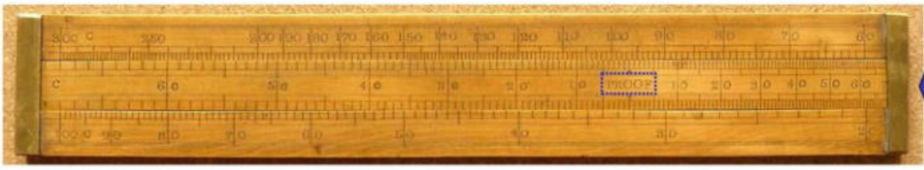


Scellini per gallone

Gradazione alcolica

Scellini per gallone

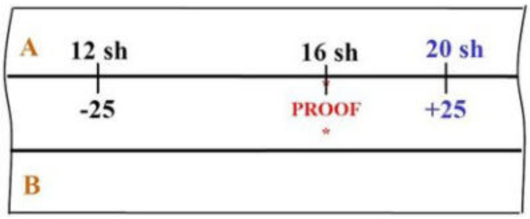
Gradazioni dello scorrevole



Galloni

Gradazione alcolica

Galloni



Esempio: se un gallone è tassato 16 scellini a “proof standard” ne pagherà 20 a +25 proof e 12 a -25 proof. Il funzionario timbrava le botti con il valore del tasso alcolico riscontrato ed era un reato annacquare i liquori.

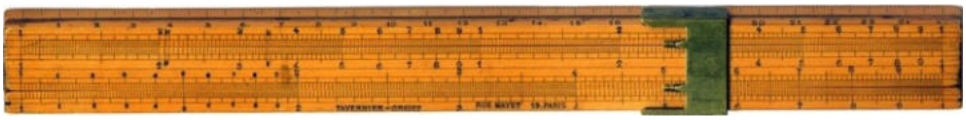
Misurazione del tasso alcolico, ca. 1890

Regolo circolare Charpentier, ca. 1890

Semplice regolo in cartoncino, ca. 1845

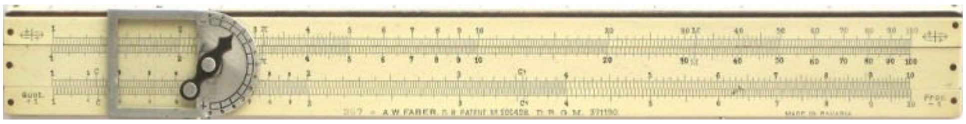
L'età d'oro del regolo

Nel 1859 il tenente di artiglieria francese Amédée Mannheim migliorò le scale ed aggiunse il cursore mobile: era nato il regolo moderno, subito introdotto in Italia da Quintino Sella.

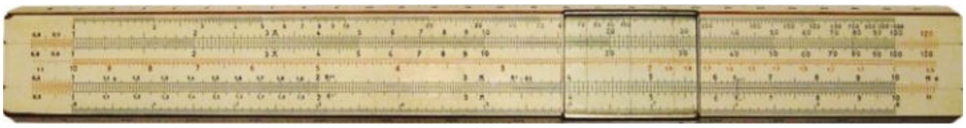


Col regolo di Mannheim appare finalmente il cursore, ca. 1860

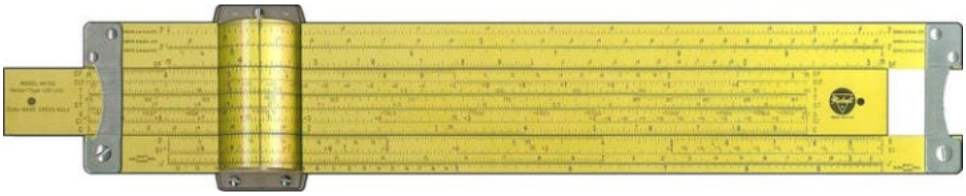
Ci furono diversi tentativi di facilitarne la lettura con cursori di tipo innovativo che però non ebbero successo e rimase in uso il cursore tradizionale, talvolta accoppiato ad una lente di ingrandimento.



Regolo Faber Castell con cursore decimale, ca. 1910

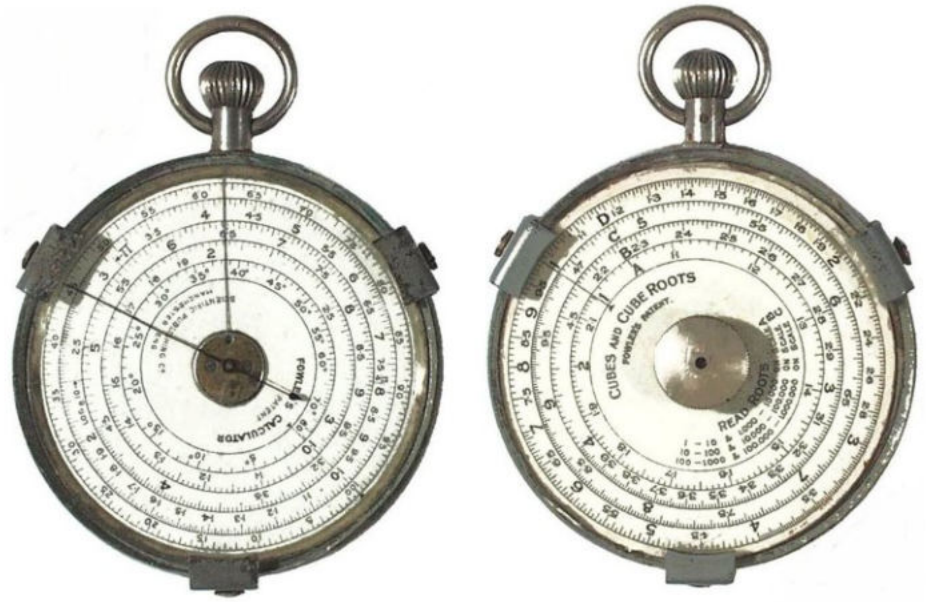


Classico regolo Nestler 23, il preferito da Einstein, ca. 1930

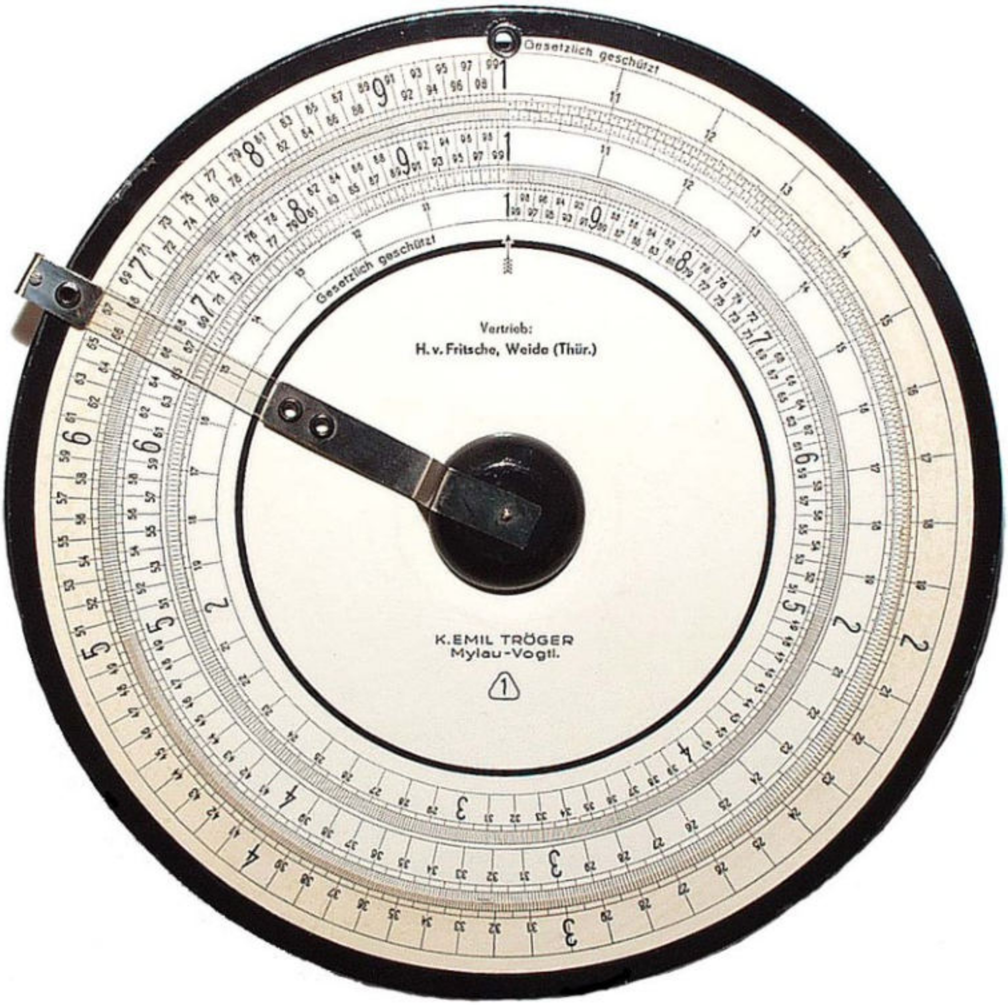


Regolo Pickett con lente di ingrandimento nel cursore, ca. 1960

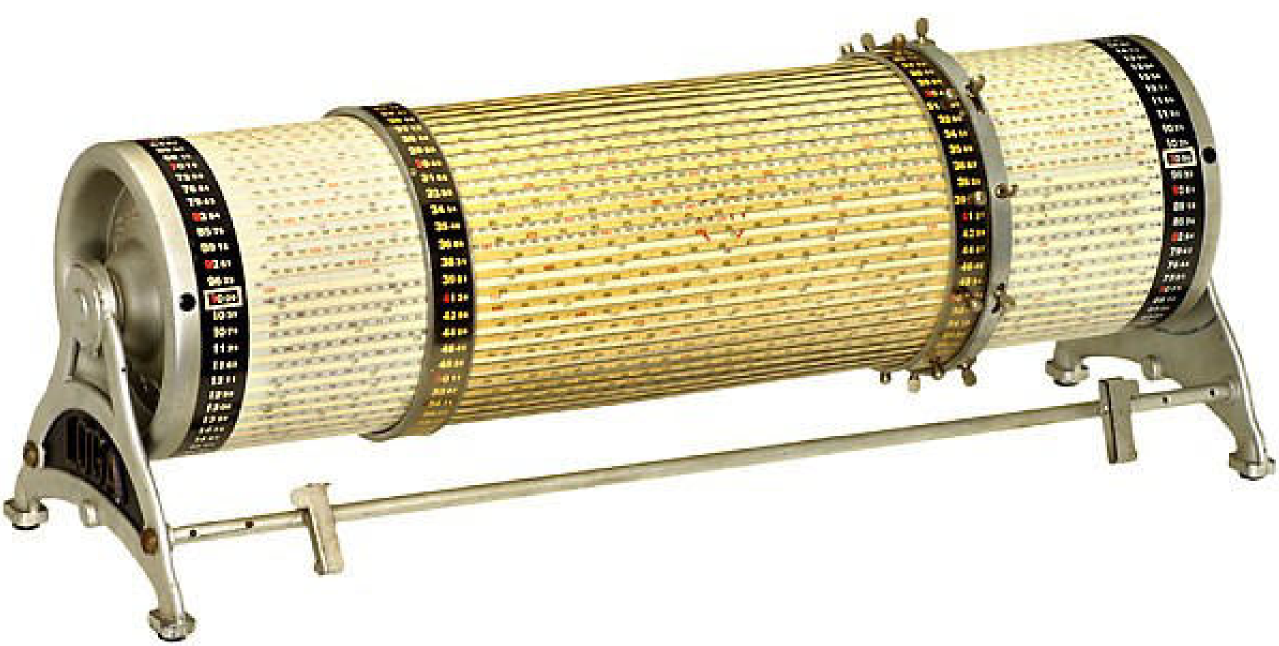
Attorno al 1920 il regolo aveva assunto la sua forma definitiva: Einstein lo utilizzò per elaborare la teoria della relatività, Marconi per la radio, Fermi per la bomba atomica, Korolev per il programma Sputnik e von Braun per i motori del Saturno V, il vettore lunare. Al fine di migliorarne la precisione, proporzionale alla lunghezza delle scale, si produssero modelli circolari anche di grandi dimensioni.



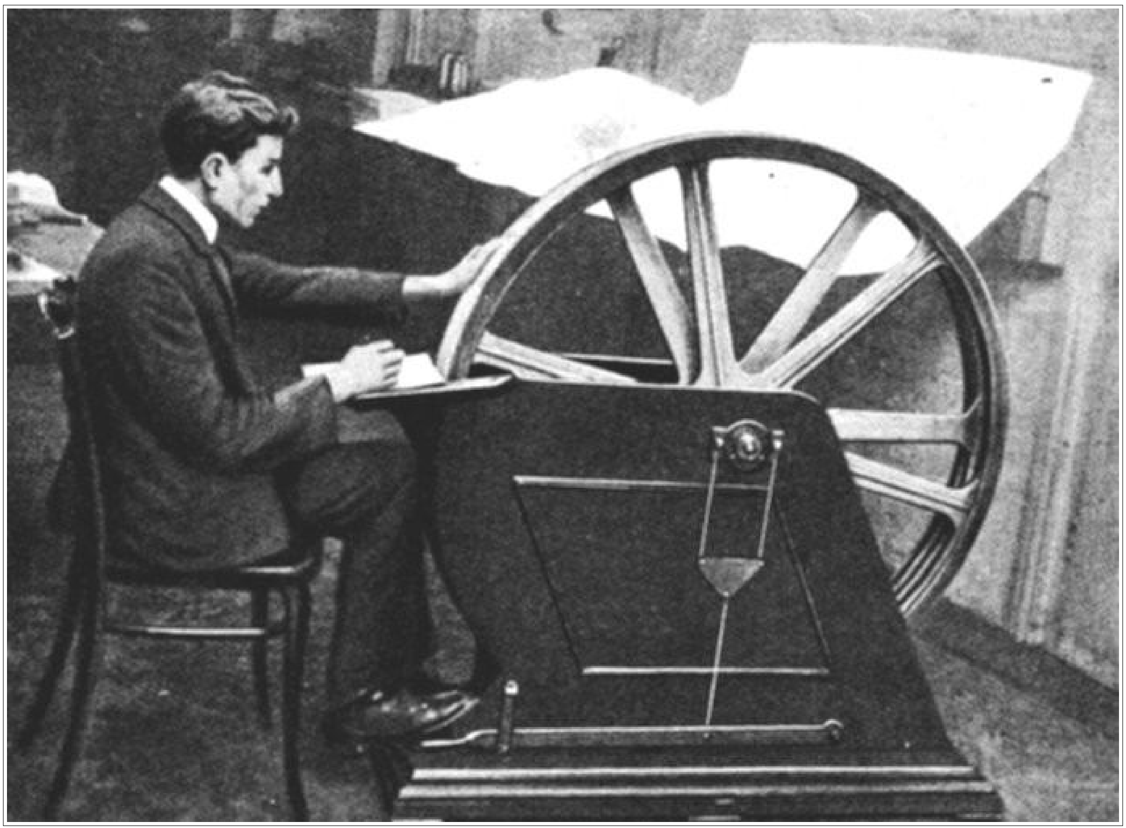
Fronte e retro del regolo circolare da taschino Fowler, ca. 1910



Regolo circolare Tröger di 30 cm di diametro, ca. 1935



Regolo cilindrico da tavolo Loga con 7 metri di scala, ca. 1930



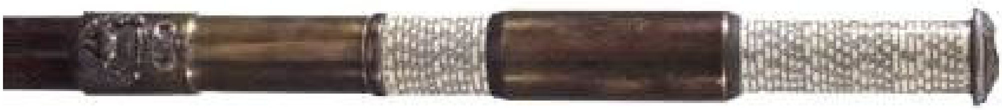
In questo regolo "a pedali" le scale sono montate su ruote parallele, ca. 1906

Elica Calcolatoria di Fuller, ca. 1930

Nel 1878 George Fuller brevettò una precisissima *"Elica Calcolatoria"* cilindrica con ben 13 metri di scala che, rimasta in commercio fino al 1972, servì per progettare dirigibili, aeroplani, ponti e grattacieli. Sono tutte costruzioni solidissime: il ponte di Brooklin e il Golden Gate rimangono ben saldi al loro posto e l'Empire State Building resistette all'impatto di un aereo che ne investì il 79° piano nel 1945!

Elica Calcolatoria di Fuller, ca. 1930

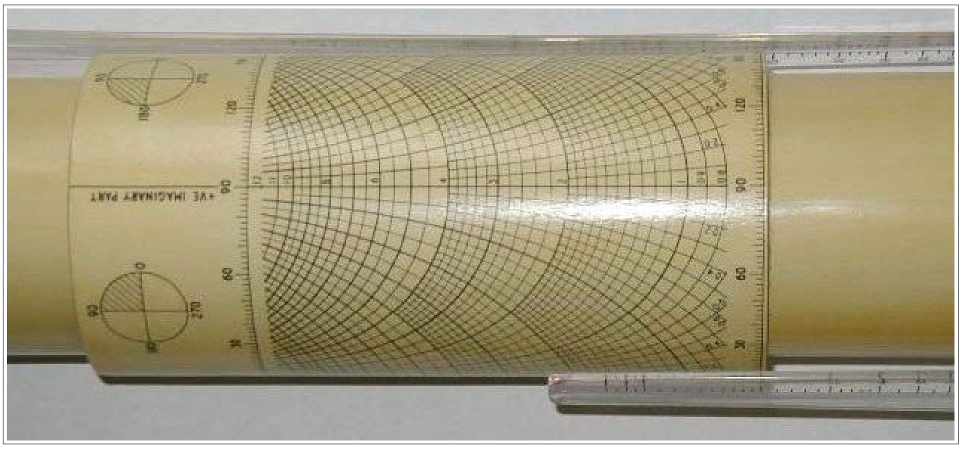
I regoli cilindrici venivano prodotti anche in versione tascabile ed alcuni modelli erano addirittura inseriti come manici nei bastoni da passeggio: un idea da rispolverare per l'iPhone!



Regolo cilindrico inserito in un bastone da passeggio, ca. 1935

I numeri complessi, scoperti da Rafael Bombelli alla fine del '500, furono poi sviluppati nel '700 da Gauss, Ruffini e Abel. Un numero si dice complesso quando e' formato da un numero reale e da uno immaginario (Es: 3+2i).

La teoria, come giustamente dice il nome, è complessa e rimane fuori dal nostro ambito ma è utile sapere che sono molto usati in ingegneria, nella meccanica quantistica e nella teoria della relatività, dove alcune formule dello spazio metrico diventano più semplici se si suppone la variabile temporale come variabile immaginaria. Oggi sembra impossibile risolvere equazioni composte da numeri complessi senza una potente calcolatrice elettronica, ma esistevano regoli con scale disegnate per questo scopo. La meccanica quantistica si è potuta sviluppare anche grazie ad essi.



Elica Calcolatoria di Fuller con scala per numeri complessi, ca. 1960

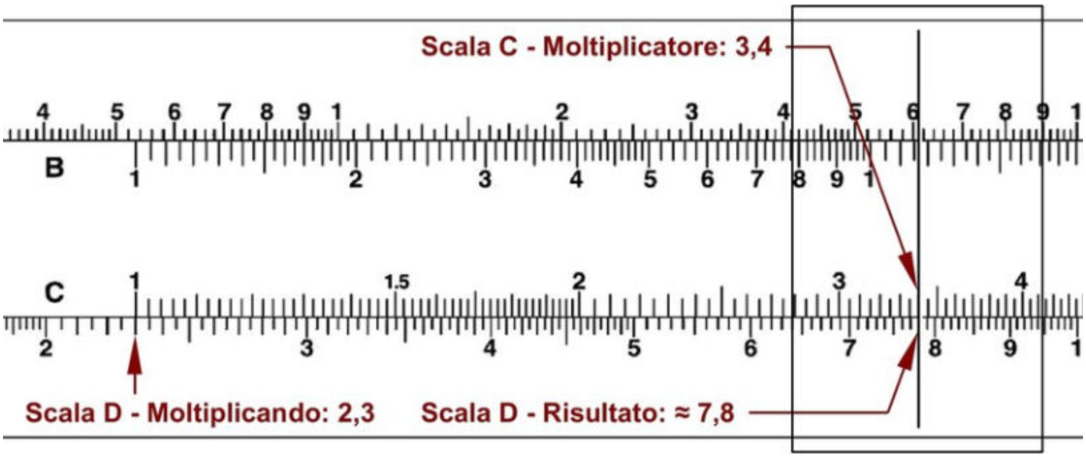
Scheda - Il regolo: esempi di calcolo

Sui regoli calcolatori le scale sono indicate da lettere: due sono le basiche, una sullo scorrevole (C) e una sul corpo (D). Le altre servono per semplificare i calcoli quando si è in presenza di quadrati e radici (A e B), cubi e radici cubiche (K), elevazione a potenza (LL), seni e tangenti (ST e T), ecc. fino ad un massimo di oltre 30. In questo semplice regolo, troviamo solo le essenziali: A-B-C-D.

Moltiplicazione (scale C e D)

Esempio: 2,3 x 3,4

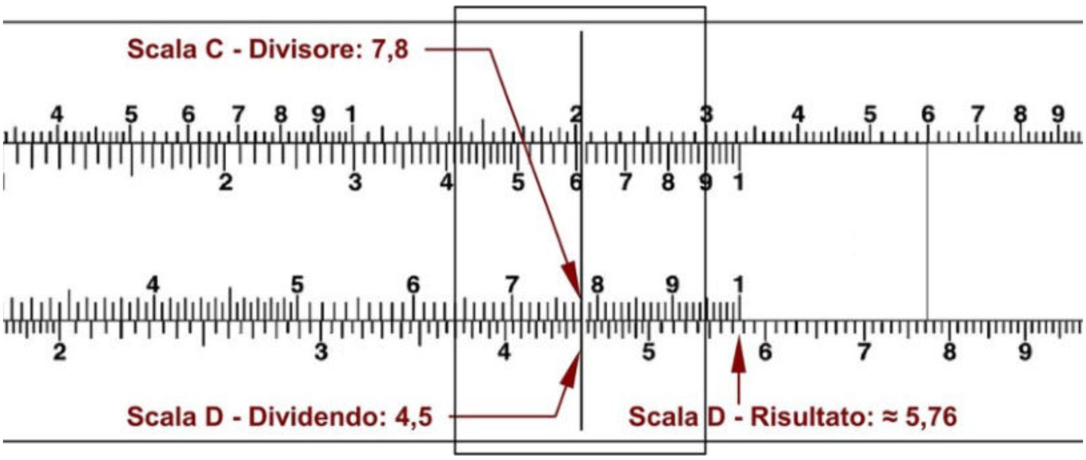
- posizionare l' 1 situato a sinistra della **scala C** sopra il 2,3 della **scala D**;
- posizionare il cursore a fianco del 3,4 della **scala C**;
- sulla **scala D**, a fianco del cursore, troviamo ca. 7,8. La risposta corretta è 7,82.



Divisione (scale C e D)

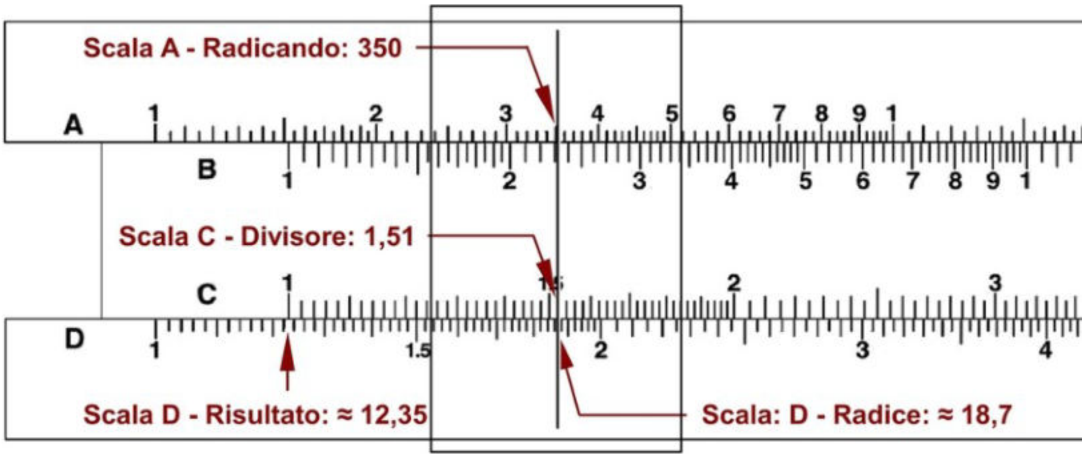
Esempio: 4,5 ÷ 7,8

- posizionare il cursore a fianco di 4,5 sulla **scala D**;
- posizionare il 7,8 della **scala C** a fianco del cursore;
- l' 1 situato a destra sulla **scala C** indica ca. 5,75 sulla **scala D**; posizioniamo a mente i decimali ed otteniamo ca. 0,576. Il risultato esatto è 0,576.

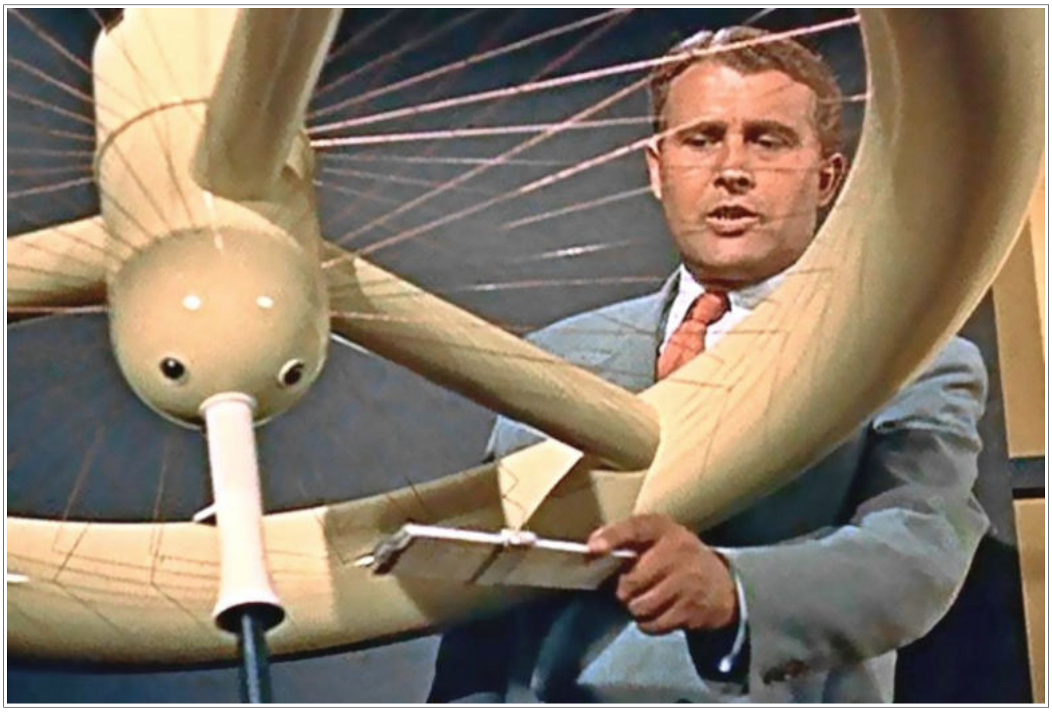


Eseguiamo ora: $\sqrt{350} \div 1,51$

- le **scale A** e **B** sono divise in due parti uguali: la metà sinistra si usa per trovare la radice dei numeri con una quantità dispari di cifre, la metà destra per quelli con una quantità pari. 350 è composto da un numero dispari (3) di cifre e quindi utilizzeremo la metà sinistra.
- spostando il cursore su 350 della **scala A** troviamo sulla **scala D** la sua radice quadrata: 18,7;
- ora facciamo coincidere 1,51 della **scala C** a fianco del cursore: sulla **scala D**, in corrispondenza dell' 1 sinistro dello scorrevole, leggiamo il risultato: 12,35. Per ottenere i quadrati è sufficiente portare il cursore a fianco della base sulle scale **scale C** o **D** e leggere il risultato, sempre a fianco del cursore, sulle scale **scale A** o **B**.



Non male in un paio di secondi, muniti solo di un pezzo di carta e una graffetta! Utilizzando una moderna calcolatrice saremmo stati solo di poco più precisi, trovando 12,3896, ma questo grado di approssimazione non ha certo impedito a von Braun di inviare l'Uomo sulla Luna. Il regolo è infatti meno difficile di quanto sembri: il segreto è la pratica, necessaria per leggere correttamente i risultati, e chi non conosceva altri calcolatori lo trovava rapido e moderno. Come giudicheranno i nostri computer in futuro?



Il regolo di von Braun aveva 34 scale: un vero computer analogico (© Disney)

Nascita della Nomografia: l'Abaque Compteur

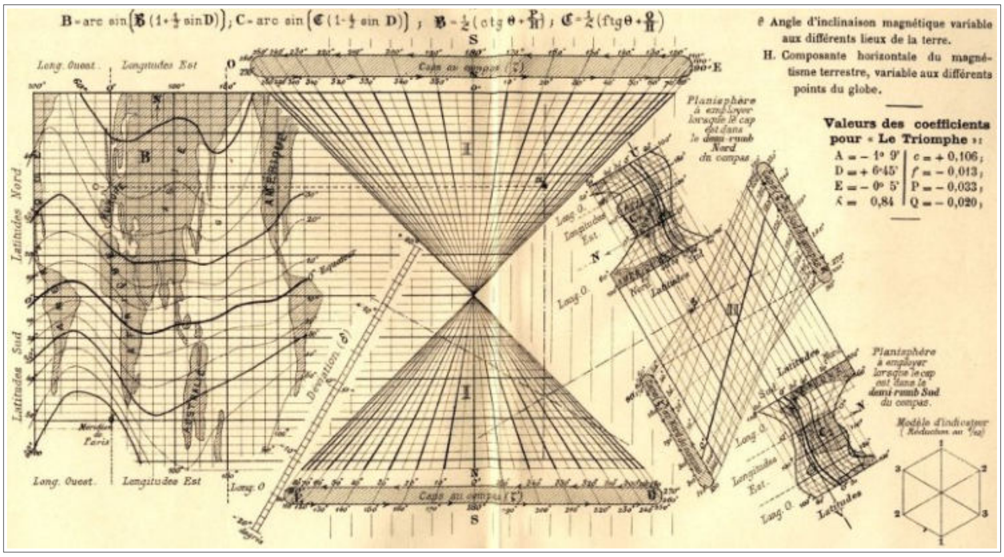
Nel 1844 Léon Lalanne creò la prima tavola grafica logaritmica, l'*Abaque Compteur Universelle*, pensata come sostituto economico dei regoli calcolatori.

Questo tipo di calcolo, prefigurato da Pouchet alla fine del '700, ebbe la prima applicazione pratica con Lalanne e fu in seguito sviluppato da d'Ocagne che gli diede il nome di nomografia: è in sintesi la rappresentazione grafica dei rapporti matematici raffigurata tramite coordinate cartesiane.

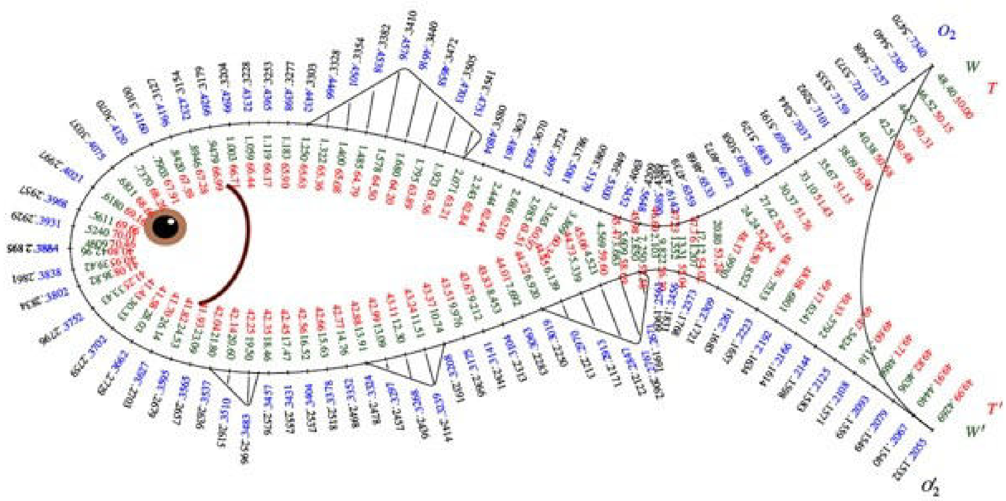
Lalanne appese il suo *Abaque* nelle piazze dando così grande fama al suo metodo: in Francia, dopo la legge del 1842 per la creazione di nuove ferrovie, vi era una grande richiesta di strumenti di calcolo.

Per questo lavoro Lalanne si ispirò a Pouchet, che nella sua *"Métrologie"* (1796) aveva proposto una tavola grafica di moltiplicazione, apportando essenziali innovazioni: col suo abaco è possibile creare una equazione a tre variabili, in termini attuali un programma di calcolo. Si possono così realizzare strumenti per la risoluzione di problemi specifici, come l'abaco di Charles Lallemand studiato per determinare la deviazione della bussola sulla nave *Le Triomphe*. Calcoli prima difficili anche per gli *"happy fews"* divennero finalmente alla portata di tutti.

Gli abachi non ebbero mai il successo sperato, ma l'armonia delle proporzioni fra i numeri ha prodotto grafiche di singolare bellezza e la storia continuerà con lo sviluppo della nomografia, ancora più semplice e intuitiva. L'*Abaque* di Lalanne è oggi rarissimo: ho infatti notizia di sole 9 copie sopravvissute.

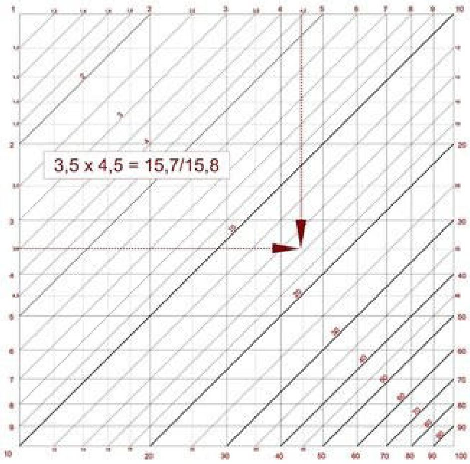


"Abaque Triomphe", Charles Lallemand 1885



Nomogramma "zoomorfo" per calcolare alcune funzioni vitali della trota

Scheda - Calcolare con l'Abaque Compteur

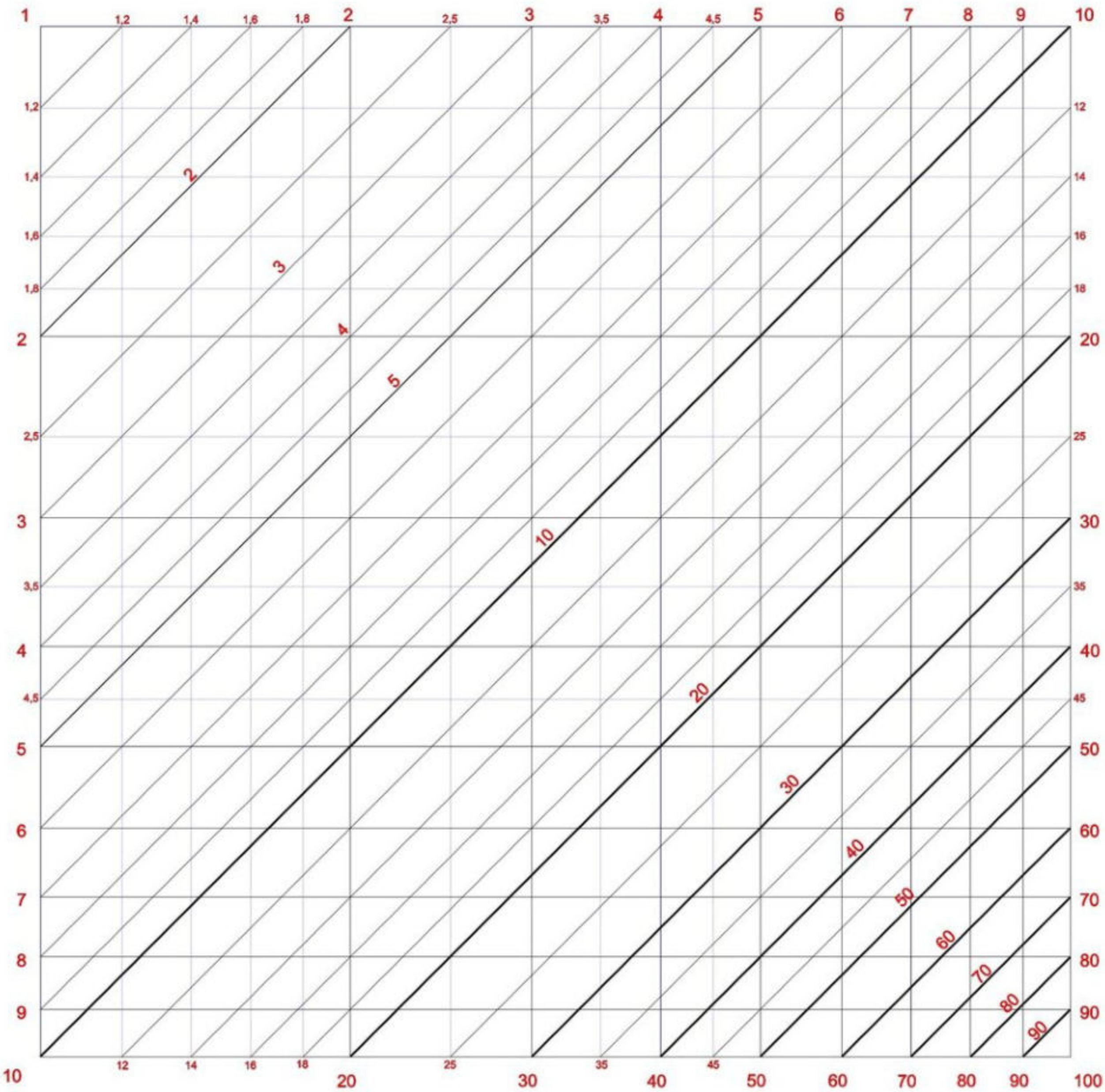


L'abaco di Lalanne permette di operare molto rapidamente a scapito di una piccola perdita di precisione. Supponiamo di voler eseguire 3,5 x 4,5: basta cercare i due fattori sulle scale laterali, cercarne l'intersezione sulla diagonale e leggere il risultato. In questo caso l'intersezione è vicino a 16 e possiamo valutare a occhio il risultato in ca. 15,7-8. Il risultato esatto è in realtà 15,75: siamo entro la precisione del 2% prevista da Lalanne.

Se i due fattori non sono compresi fra 1 e 10 (es 172 x 37) bisogna prima ridurli (es 1,72 x 3,7) e poi aggiungere gli zeri al risultato.

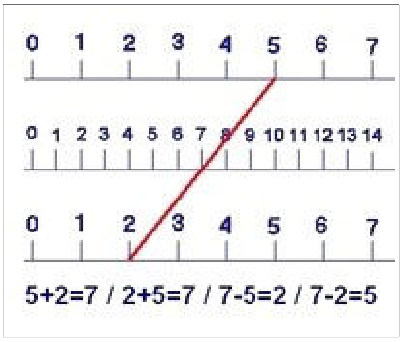
Per eseguire 3÷58 portiamoci invece sulla diagonale di valore 35 e cerchiamo l'incrocio con la retta orizzontale di valore 8: questo punto è vicino alla retta verticale 4,5 e noi approssimeremo a 4,3-4. Il risultato esatto è 4,375, un errore sempre inferiore al 2%.

Questa è una grafica semplificata, con l'abaco originale si può anche elevare a potenza, estrarre radici ed eseguire altri calcoli.



La nomografia

La nomografia è stata inventata nel 1884 da Maurice d'Ocagne, che riprese il lavoro di Lalanne sostituendo le scomode coordinate cartesiane con un sistema di più pratiche scale parallele.



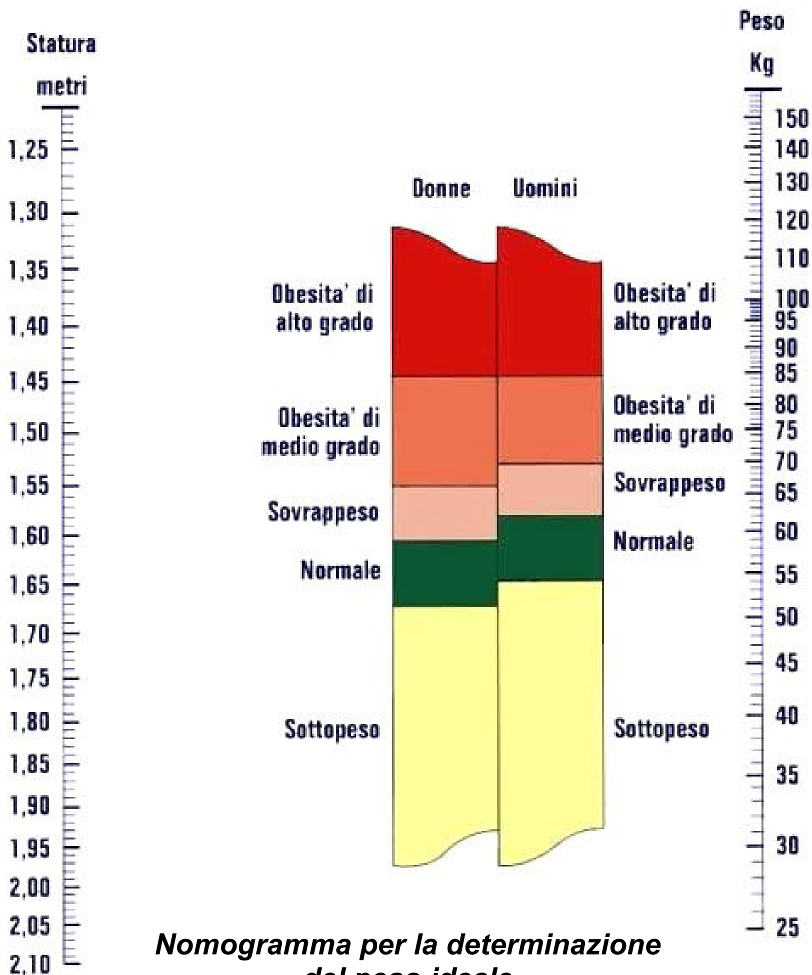
Il *nomogramma*, o *nomografo*, nella sua forma più semplice è costituito da tre scale graduate: si identificano i valori del problema su due di esse e, congiungendoli con un righello (che funge da *linea d'indice* o *isopleth*), leggeremo il risultato all'incrocio con la terza.

Le scale possono essere metriche o logaritmiche e nel secondo caso, sommando logaritmi, si può operare come con una moderna calcolatrice scientifica. Normalmente sono riportate su rette parallele ma possono assumere diverse forme, come nel *nomogramma* zoomorfo che calcola alcune funzioni vitali della *trota iridea*: Un riuscito tentativo di coniugare funzionalità ed arte.

La nomografia ha permesso a tutti di effettuare calcoli con grande facilità, basta infatti disegnare una o più linee senza nemmeno dover conoscere l'equazione da risolvere. Una gran cosa prima che le calcolatrici elettroniche ci semplificassero la vita.

I *nomogrammi* sono strumenti analogici la cui precisione è limitata, come nei regoli calcolatori, dalla risoluzione in cui si riescono a stampare, e quindi a leggere, le scale. Possono essere facilmente programmati per eseguire diversi tipi di operazioni e spesso vengono inseriti in tabelle scorrevoli, chiamate *Volvelle* o *Slide Chart*, meglio illustrate a pagina 100.

I nomogrammi trovano ancora largo impiego per usi militari, in medicina ed in aeronautica; rapidi da consultare forniscono risultati sufficientemente precisi e nella la soluzione di problemi specifici non hanno confronti. Questo in basso è estremamente intuitivo: basta unire con un righello i valori del nostro peso e della nostra altezza per sapere se dobbiamo subito metterci a dieta.



Nomogramma per la determinazione del peso ideale

Scheda - La nomografia: esempi di calcolo

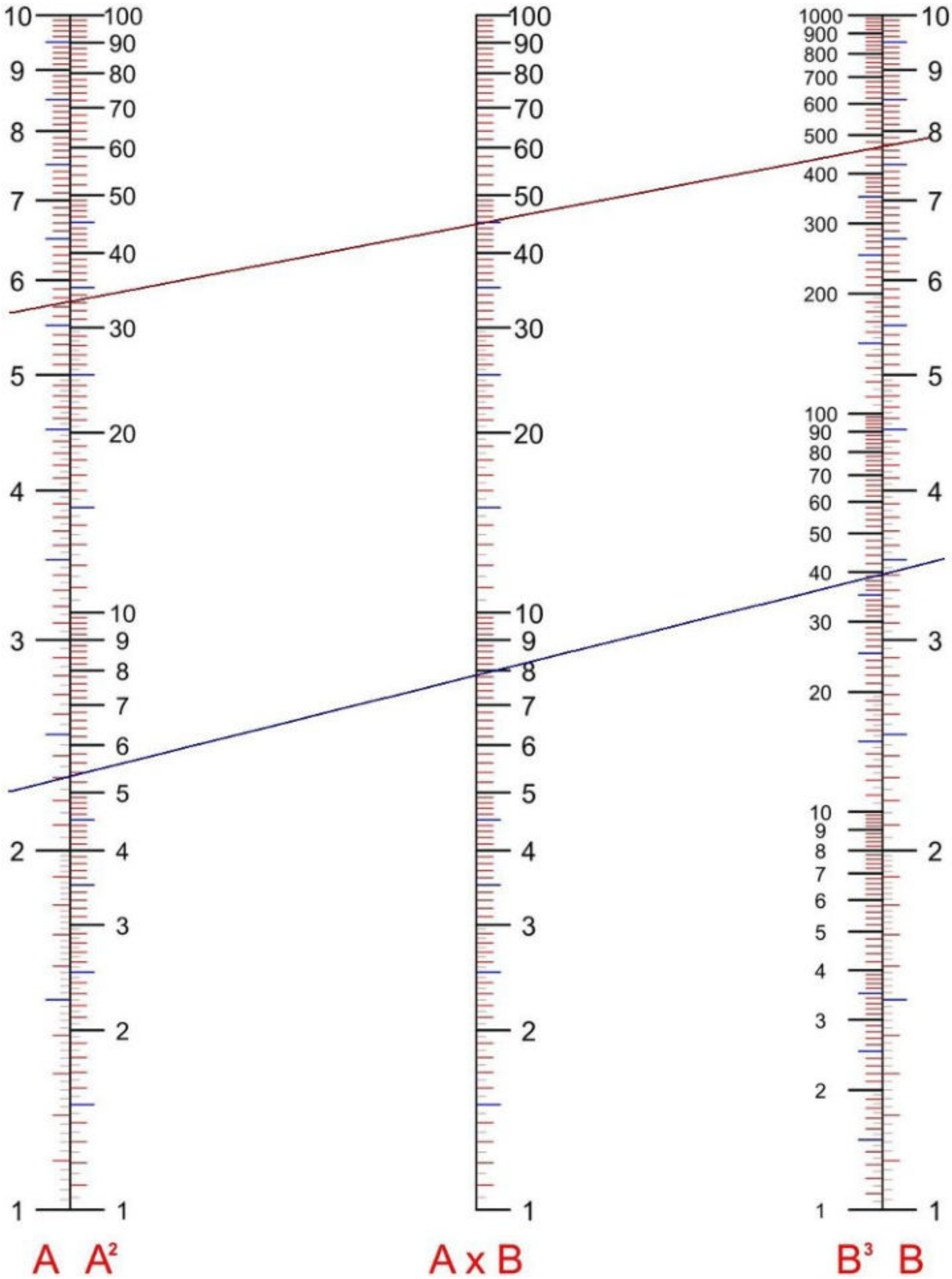
Non c'è bisogno di spiegazioni, per moltiplicare è sufficiente congiungere con un righello i due fattori delle scale A e B e leggere il risultato nella scala centrale; per dividere identificare il dividendo sulla scala centrale. Nelle colonne A^2 e B^3 si leggono i quadrati, i cubi e le relative radici. Una piccola ed utile calcolatrice senza pile che introduce molto bene alla comprensione del regolo. I nomogrammi per uso didattico si trovano nei miei *Sussidi Didattici*.

Esempio: 4,5 ÷ 7,8

- colleghiamo con un righello il 4,5 della scala **AxB** con il 7,8 della scala **B**;
- leggiamo il risultato (ca. 5,76) sulla scala **A**. Posizioniamo a mente i decimali (sappiamo infatti che 4 ÷ 5 = 0,5) ed otteniamo 0,576. Il risultato esatto è 0,576.

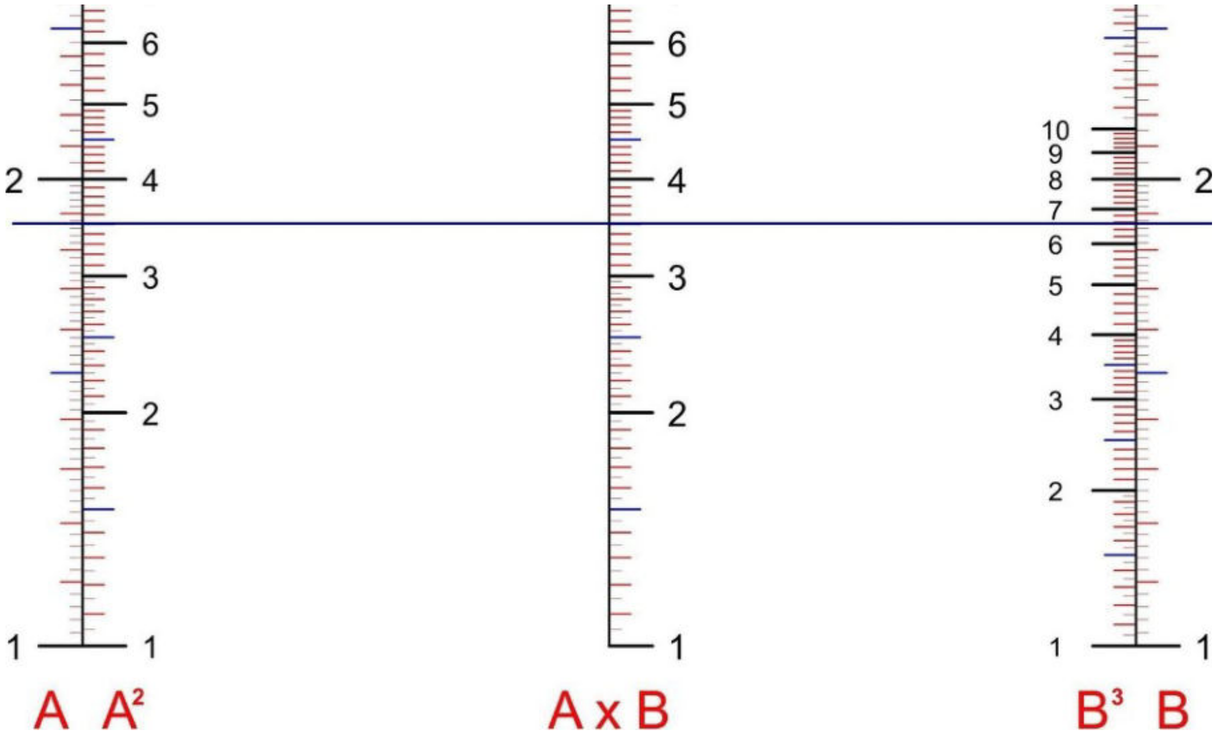
Esempio: 2,3 x 3,4

- colleghiamo con un righello il 2,3 della scala **A** con il 3,4 della scala **B**;
- leggiamo il risultato (ca. 7,8) sulla sulla scala **AxB**. Il risultato esatto è 7,82.

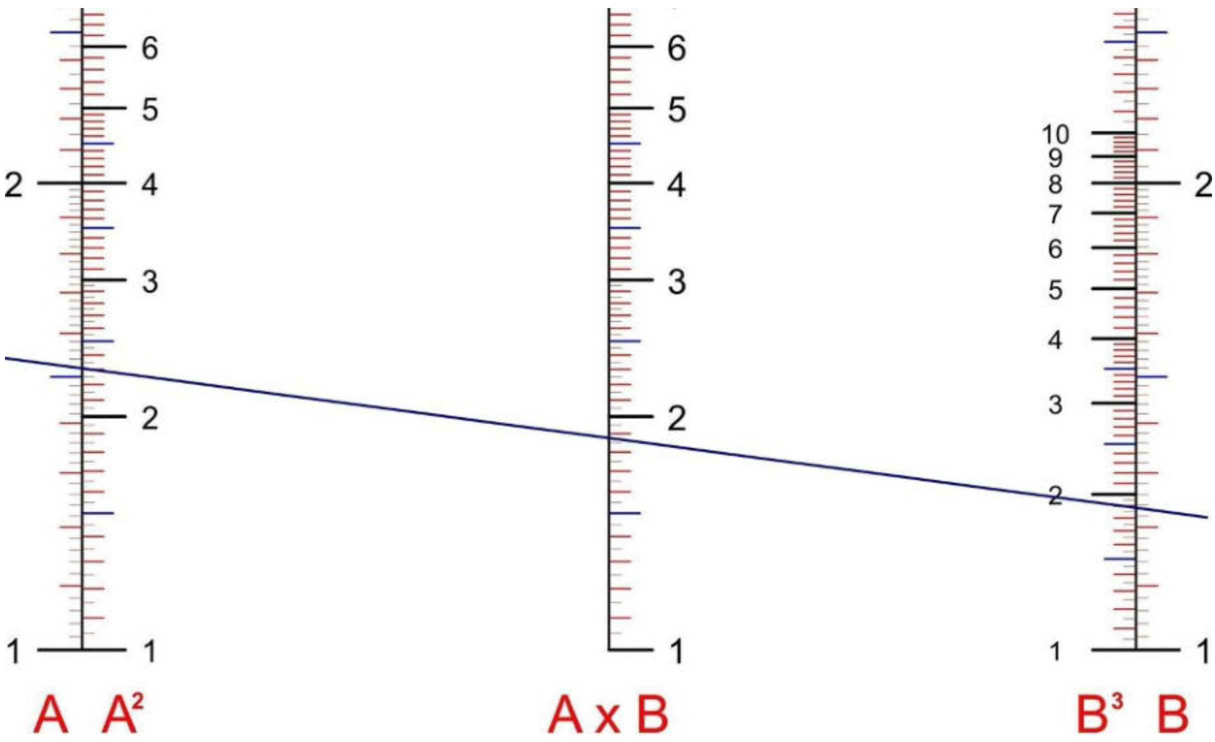


Eseguiamo ora: √350 ÷ 1,51

- a fianco del 3,5 della scala **A²** troviamo sulla scala **A** la radice quadrata di 350: 18,7;



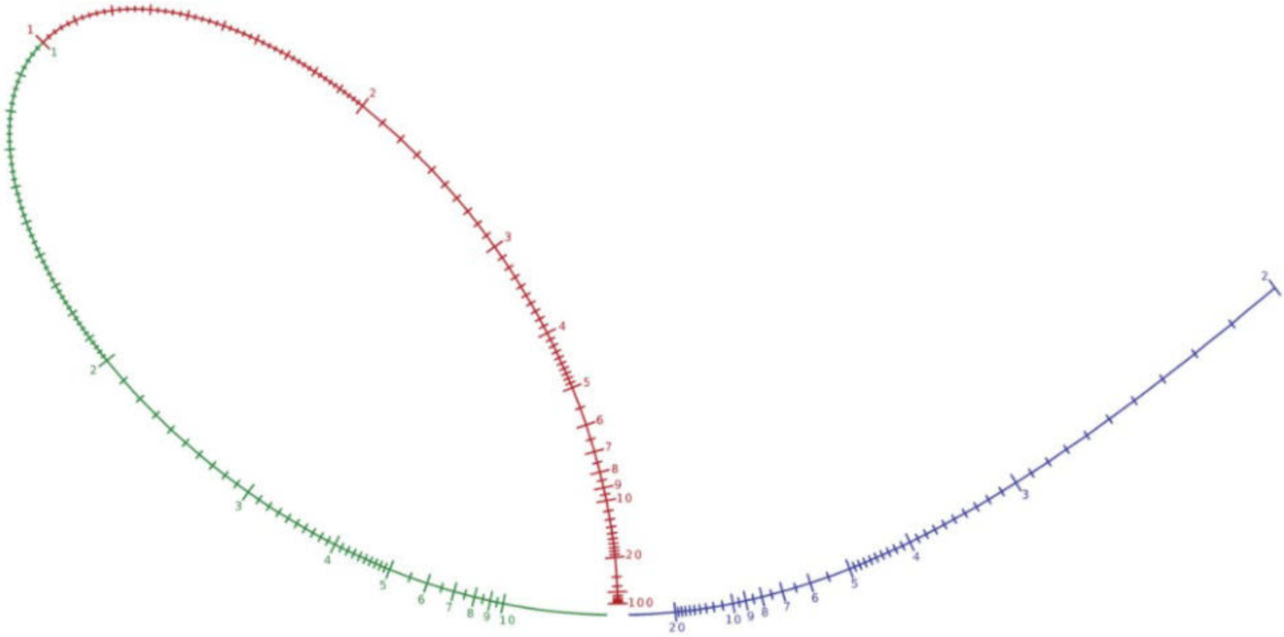
- adesso colleghiamo il 18,7 della scala **AxB** col 1,51 della scala **A**: sulla scala **B** possiamo leggere il risultato, ca. 12,39. Con una calcolatrice saremmo stati solo di poco più precisi, trovando 12,3896. Notevole, con solo un foglio di carta e una squadretta ...



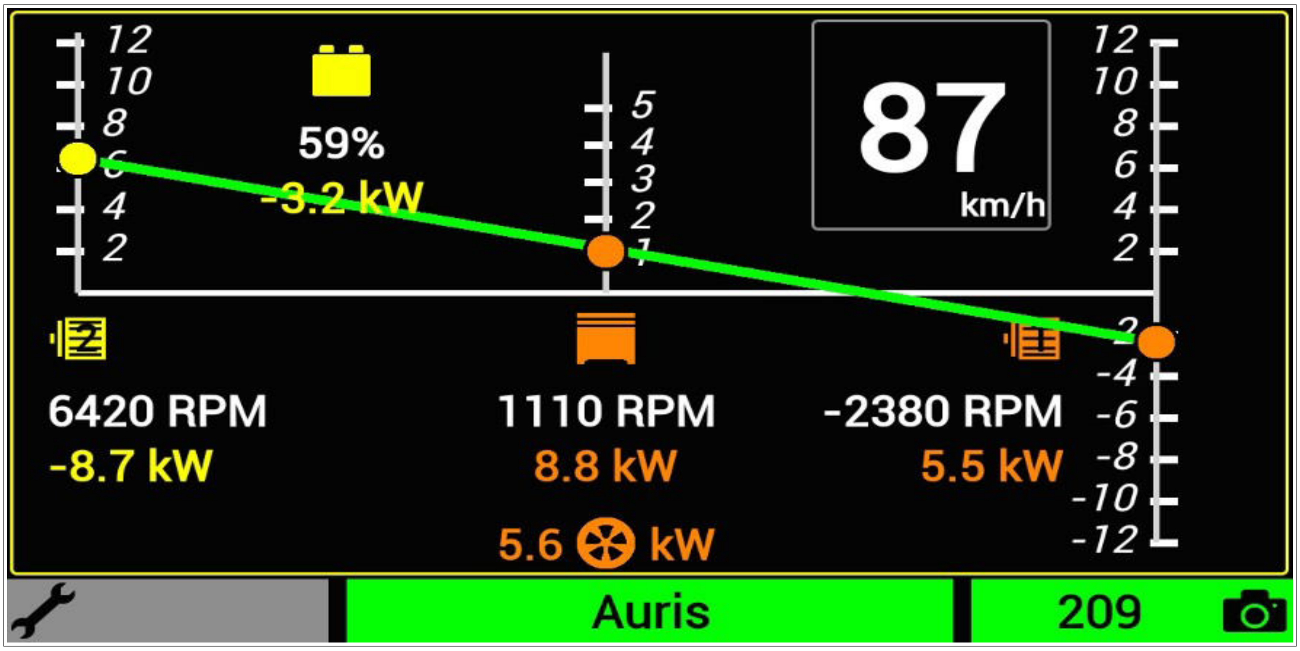
I nomogrammi oggi

La facilità con cui si possono disegnare i nomogrammi scatenò la fantasia dei matematici, che crearono innumerevoli modelli, alcuni molto fantasiosi. Ma la nomografia, che permette l'immediata visualizzazione dei risultati, fu molto utilizzata per tutti i calcoli oggi eseguiti dalle *app* del telefonino ed è ancora diffusa in ambiente medico, dove fornisce un efficace ausilio diagnostico.

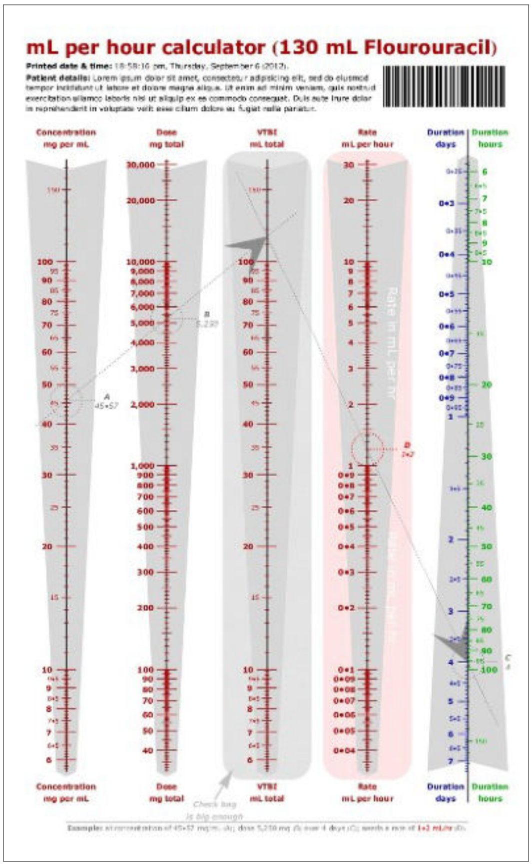
La percezione dei risultati è immediata: diversi software utilizzano la grafica dei nomogrammi allo scopo di trasmettere informazioni in modo chiaro e comprensibile.

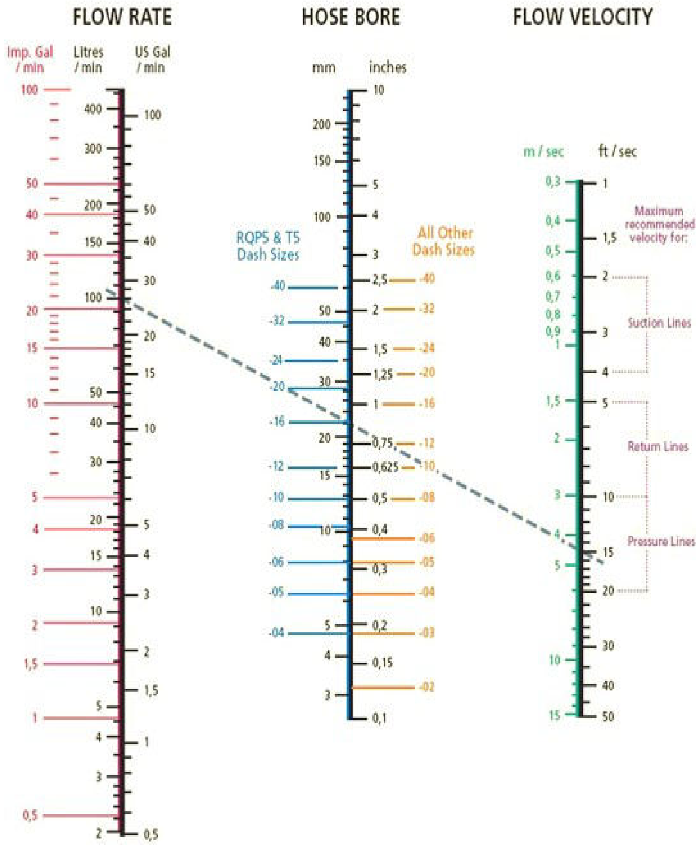


Nomogramma di Clark, 1905: congiungere con un righello due numeri situati sulle gradazioni verdi e blu e leggere il loro prodotto sulla gradazione rossa. © 2012 IREM de La Réunion

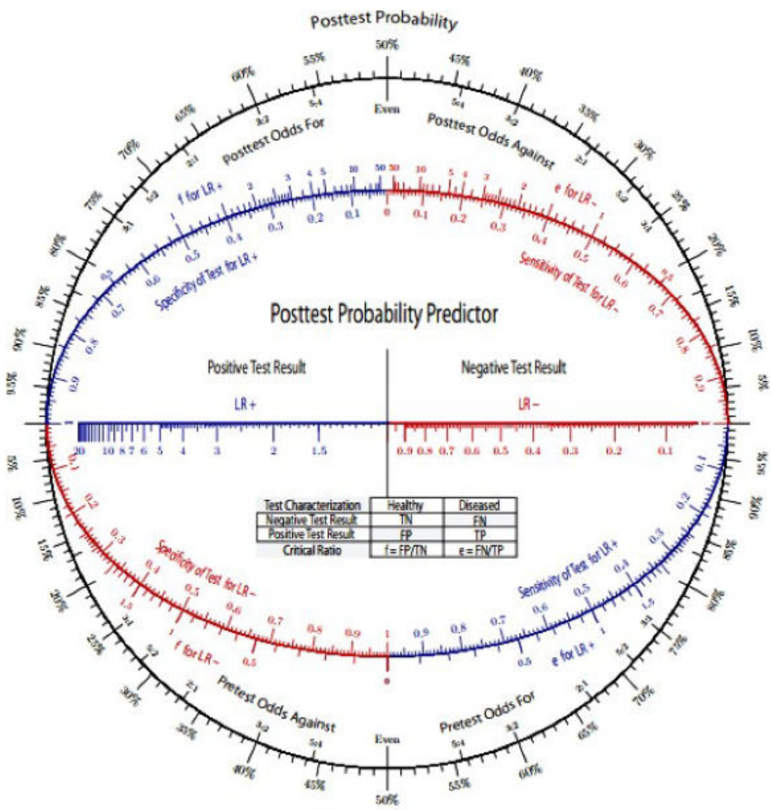


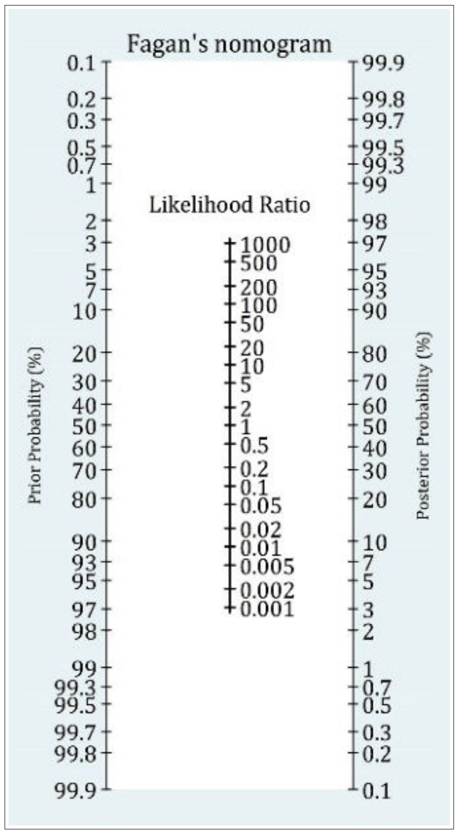
Software nomografico per la gestione energetica delle auto ibride





Nomogramma per diagnosi medica e tavola per il calcolo dei diametri delle tubazioni





Nomogrammi per il calcolo probabilistico bayesiano

Scheda - Il nomogramma di Koch

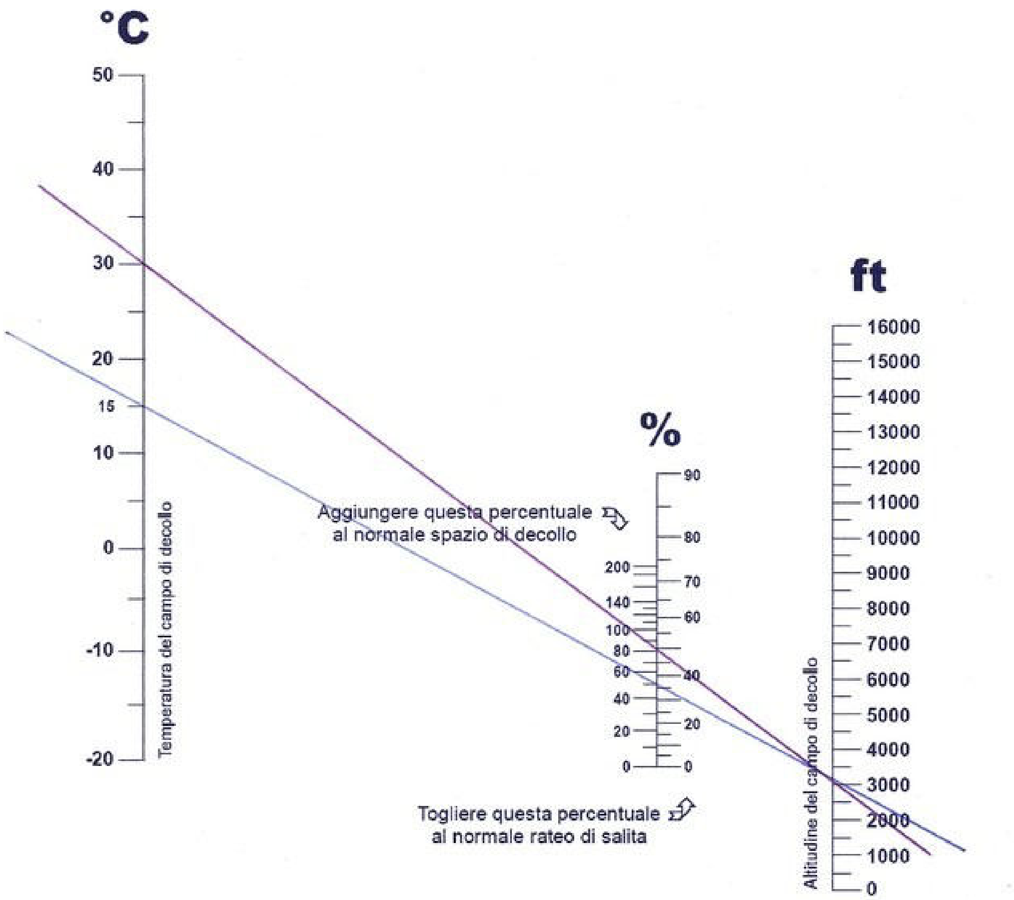
Il nomogramma di Koch, da sempre presente nella borsa dei piloti, è indispensabile per calcolare le distanze di decollo. Per mostrarne il funzionamento semplificherò le spiegazioni al massimo, sappiamo che:

- minore è la pressione, minore è la densità dell'aria;
- maggiore è l'altitudine, minore è la densità dell'aria;
- maggiore la temperatura, minore è la densità dell'aria.

L'aria meno densa ha un forte effetto sulle prestazioni degli aeromobili, sia per il sostentamento che per il rendimento dei motori, e sommando questi fattori potremmo essere in pericolo. Per sapere se possiamo partire in sicurezza basta consultare questo nomogramma, tarato per una pista "standard" sita al livello del mare con una temperatura di 15°C.

Tracciamo una retta congiungendo la temperatura di oggi (es. 30°C) e l'altitudine della nostra pista (es. 3.000 piedi - 900 metri): vediamo subito che, se il nostro manuale indica 400 metri come distanza di decollo in condizioni "standard", oggi ne avremo bisogno dell'80% in più e di metri ne serviranno ben 720. Non si può immaginare di peggio: aereo lanciato al massimo e pista finita ...

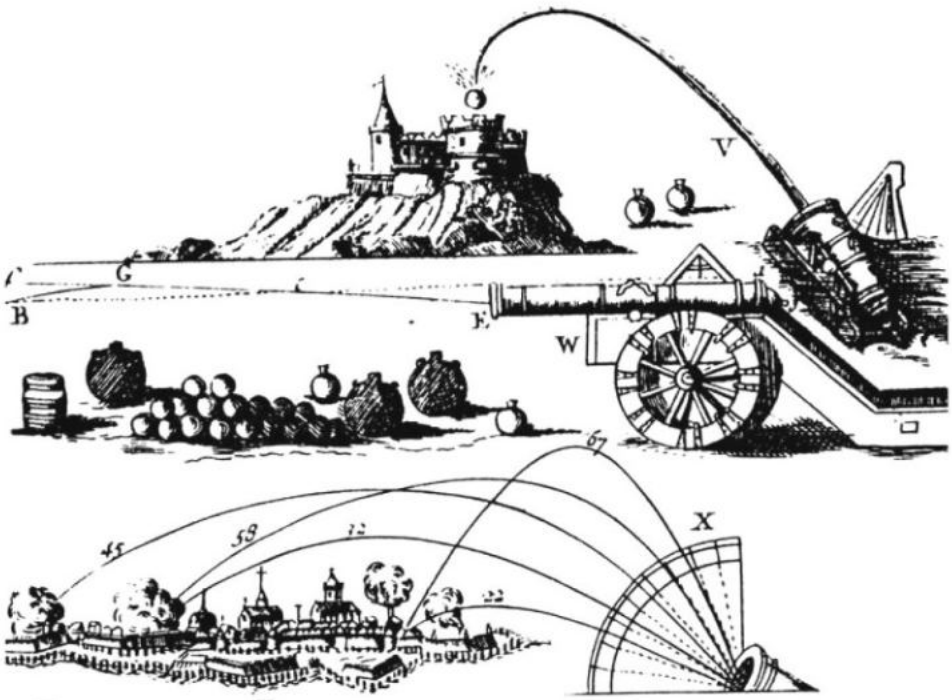
Meglio verificare e prima di dare manetta controlleremo sempre che lo spazio sia sufficiente, altrimenti sarà necessario attendere che la temperatura si abbassi. Al mattino presto, con 15°C, di metri ne basteranno 600 e potremo ripartire. E' una "check list" da eseguirsi quotidianamente e il discorso vale anche al contrario: in condizioni particolari la solita pista potrebbe non bastarci per atterrare!



Questo esempio vale indicativamente per un aereo da turismo che intenda decollare da un aeroporto situato a 900 metri sul livello del mare in un afoso pomeriggio estivo; il dato da inserire è in realtà una combinazione fra l'altitudine della pista e la pressione barometrica, per questo esempio non serve conoscerlo, che giustifica l'estensione della scala di destra. Anche il rateo di salita esula dal tema, l'importante è notare quanto sia rapida la soluzione di questo problema, più veloce e istintiva che con la calcolatrice.

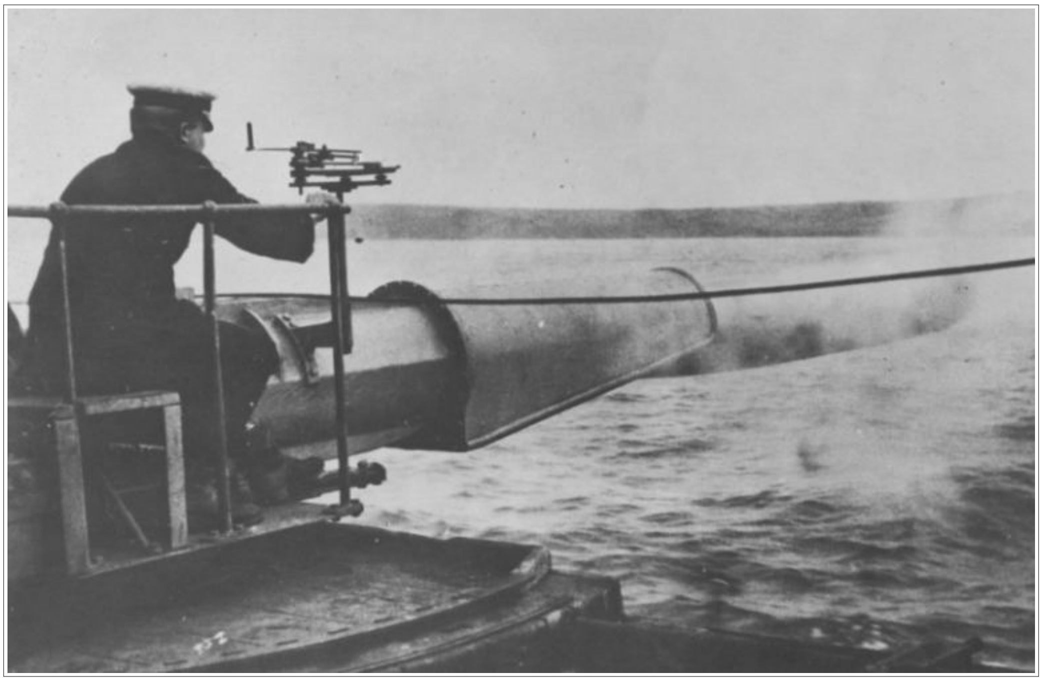
Il regolo in guerra

Il *“Compasso Geometrico et Militare”* di Galileo nacque per risolvere i problemi delle prime bocche da fuoco e il regolo moderno fu inventato dal tenente francese Mannheim per massimizzare il tiro dei suoi cannoni. Il regolo ha quindi un glorioso curriculum ed è ancora in forza negli eserciti: quale altro calcolatore potete lasciare acceso senza mai sostituirne le batterie o lanciare da 20 metri di altezza utilizzandolo poi senza problemi? Le moderne truppe speciali sono sempre equipaggiate con strumenti analogici, pronti all'uso anche dopo il guado di un fiume. Infine, durante la guerra fredda, si temeva un attacco nucleare sovietico e solo il regolo può funzionare in ambienti contaminati. In situazioni critiche l' affidabilità è essenziale.



Studi di Galileo per il tiro delle bocche da fuoco

Regolo per misurare l'esposizione alle radiazioni e modello da tiratore scelto

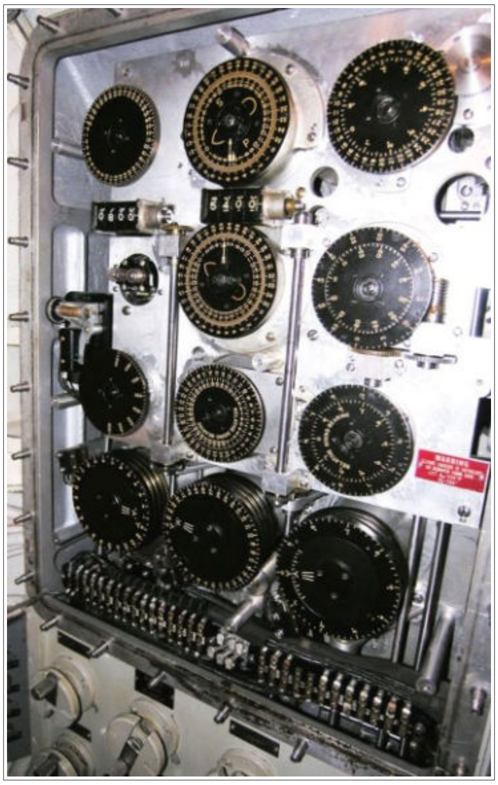


Lanciasiluri in azione: notare il regolo circolare di tiro

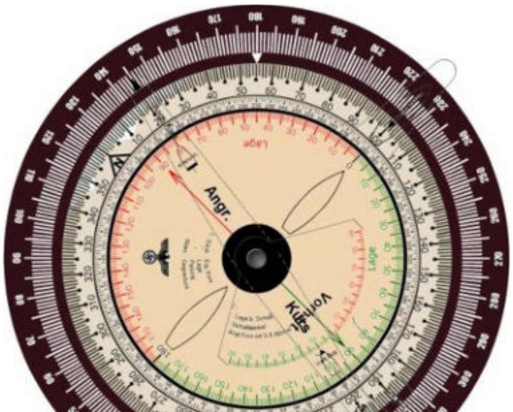
I regoli servirono agli artiglieri per risolvere i problemi del triangolo di tiro e furono utilissimi per decifrare i messaggi criptati nelle stazioni radio. Vennero usati anche in meteorologia per analizzare i dati forniti dai palloni sonda: le previsioni erano essenziali nella pianificazione degli attacchi aerei ed anche la data del “D-Day” venne scelta in base al bollettino del tempo.

Elaborazione del bollettino meteorologico

L'uso del regolo ebbe grande sviluppo con la nascita della guerra sottomarina. Il lancio dei siluri alla cieca basandosi sui rilevamenti acustici necessita di molti calcoli ma, mentre Italiani e Tedeschi utilizzavano un semplice regolo circolare, gli Americani costruirono poderosi regoli elettromeccanici che trovavano automaticamente la miglior soluzione di tiro. Coraggio e audacia niente poterono contro questa tecnologia e tanti nostri sommergibili non rientrarono alla base.



Gli Americani avevano un gigantesco regolo meccanizzato ...



… Italiani e i Tedeschi un semplice modello circolare, soprannominato “il piatto”

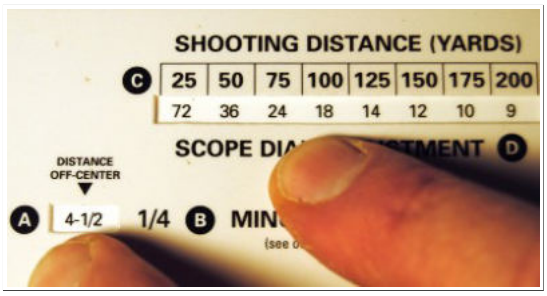
Pianificazione del bombardamento in volo col regolo E6-B

Anche in Aeronautica i regoli ebbero il loro momento di gloria. Le moderne tecniche di bombardamento esigevano infatti una perfezione assoluta nella determinazione dei bersagli, spesso di notte o nascosti dalle nubi, mentre nelle basi a terra erano utilizzati dal personale di supporto tattico per disegnare la mappa delle battaglie aeree. Il regolo E6-B, progettato nel 1940, è ancora in uso sugli aerei!

Calcoli tattici durante un azione

Scheda - Il regolo balistico

A 2.000 metri è difficile identificare il bersaglio: come centrarlo?



Per il tiro di precisione non basta una mano ben ferma, per centrare un uomo a 2,5 km di distanza bisogna effettuare anche numerosi calcoli: il bersaglio non può essere visto ad occhio nudo ed il proiettile è soggetto a diverse forze devianti. Queste eccezionali prestazioni sono rese possibili dalle moderne ottiche e nella seconda guerra ci si accontentava di fare centro a ca. 1,5 km, un risultato comunque ragguardevole.

A tali distanze il proiettile subisce innumerevoli influenze esterne ed un solo millimetro di deviazione alla partenza non gli permetterà di raggiungere il bersaglio. Il mirino ottico (cannocchiale) deve essere tarato con precisione, addirittura in decimi di grado, e se nei poligoni si utilizza il computer balistico sul campo bisogna disporre di strumenti robusti ed affidabili: per compiere questa *"mission impossible"* dovremo utilizzare il regolo.

Bisogna conoscere, per apportare le necessarie correzioni:

- distanza, per calcolare quanto il proiettile si abbasserà lungo la traiettoria;
- velocità del proiettile, dipendente dalla carica. Per garantirne l'omogeneità i tiratori preparano personalmente le munizioni utilizzando un regolo specifico per determinare la quantità di polvere;
- temperatura, che influenza la velocità: una differenza di 10°C rispetto alle condizioni standard non permetterà di colpire il bersaglio;
- altitudine, più si è in alto meno l'aria è densa ed il proiettile sarà quindi più veloce;
- pressione barometrica, per lo stesso motivo;
- componente laterale del vento, che devierà la traiettoria;
- componente frontale del vento, che rallenterà od accelererà la traiettoria;
- angolo di elevazione, cioè di quanto il bersaglio è più in alto od in basso del tiratore, per compensare gli effetti della gravità;
- distorsione della canna causata dal calore in caso sia necessario un secondo colpo.

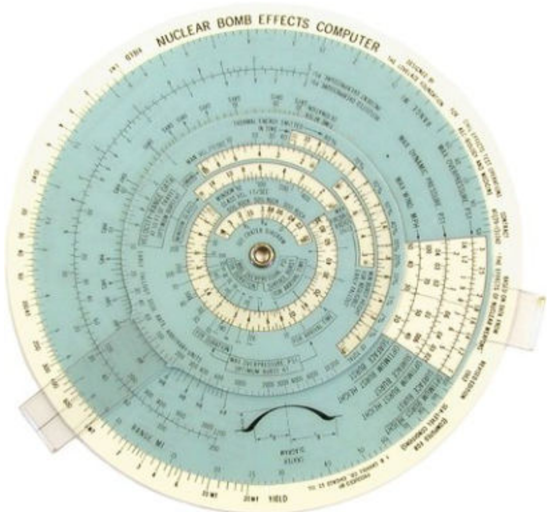
Il tiro di precisione è un affare da matematici e il regolo non manca mai nella borsa delle munizioni.

Anche utilizzando mitragliatrici, obici e lanciarazzi bisogna risolvere i problemi di mira e spesso le fabbriche progettano regoli specifici per le loro armi. Questo vale anche per le artiglierie pesanti e niente è preferibile al nostro strumento, spesso reclamizzato come *L'unico calcolatore che non si guasterà mai sul campo*.

Scheda - I regoli della Guerra Fredda

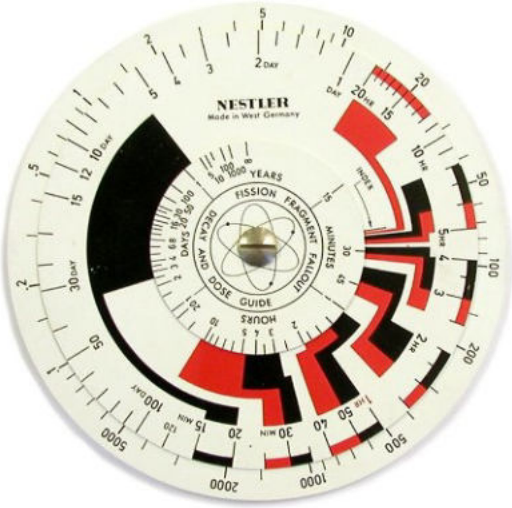
Durante la Guerra Fredda fra USA e URSS si temeva un attacco di missili con testata nucleare e furono progettati molti regoli adatti ad operare in questo scenario. Immaginiamo di aver scoperto un deposito di testate nucleari ad est degli Urali. Come determinare quanti missili occorrono per distruggerlo?

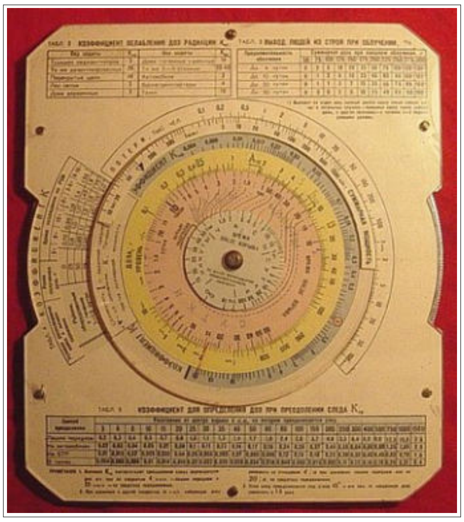
Naturalmente conosciamo il CEP (probabilità di errore circolare) delle nostre armi, al tempo pari a due miglia: questo significa che lanciando un solo missile avremo il 50% di possibilità che esploda entro due miglia dal bersaglio, il 43% tra due e quattro ed il 7% tra quattro a sei. E' un grado di precisione inaccettabile, ma il Bombing Probability Computer ci consentirà di calcolare il numero di missili necessario per avere la certezza statistica di compiere la missione. Oggi invece il CEP si misura in centimetri.



Probability computer e regolo per stimare la potenza di un esplosione nucleare, ca. 1962

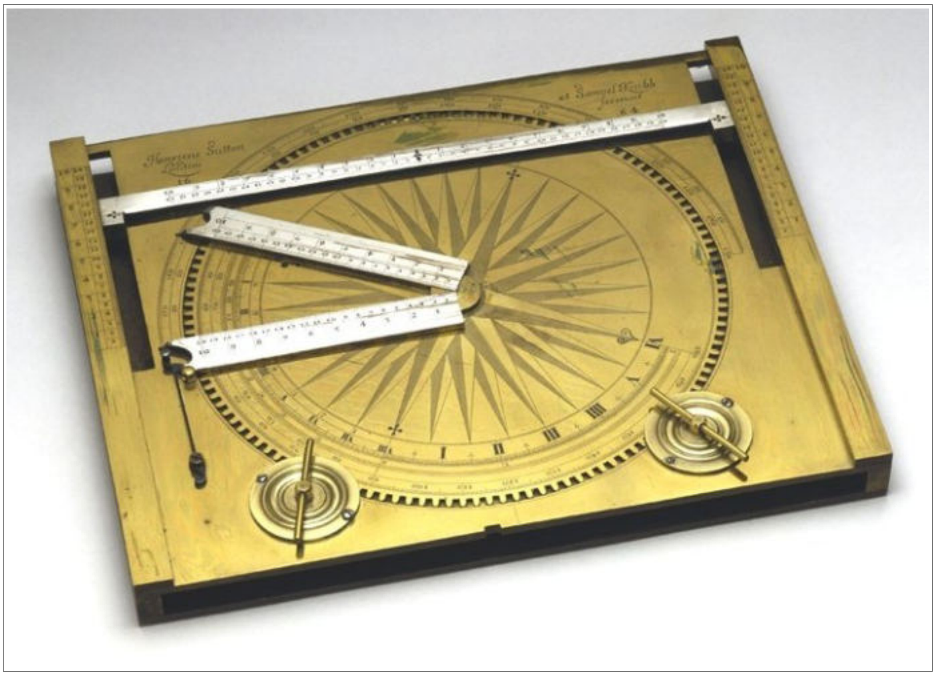
Se invece siamo sorpresi da un esplosione nucleare abbastanza lontano da sopravvivere utilizzeremo un regolo specifico per calcolare la quantità di radiazioni che riceviamo in funzione della sua potenza stimata e della nostra distanza dall'epicentro. Ci permetterà di conoscere per quanto tempo potremo restare nell'area contaminata e fu distribuito in varie versioni presso tutti i reparti NATO e del Patto di Varsavia fra il 1950 e il 1990. In Italia la difesa nucleare era affidata alla branca ABC (Atomica, Biologica e Chimica) del Servizio Chimico e aveva in dotazione un regolo fabbricato nella Germania Ovest. Dal 1976 il servizio dipende dall'Artiglieria col nome di NBC (Nucleare, Biologica e Chimica).





Il regolo per il calcolo delle radiazioni usato in Italia e il suo equivalente sovietico, ca. 1962

Le macchinette di Morland e Poggi

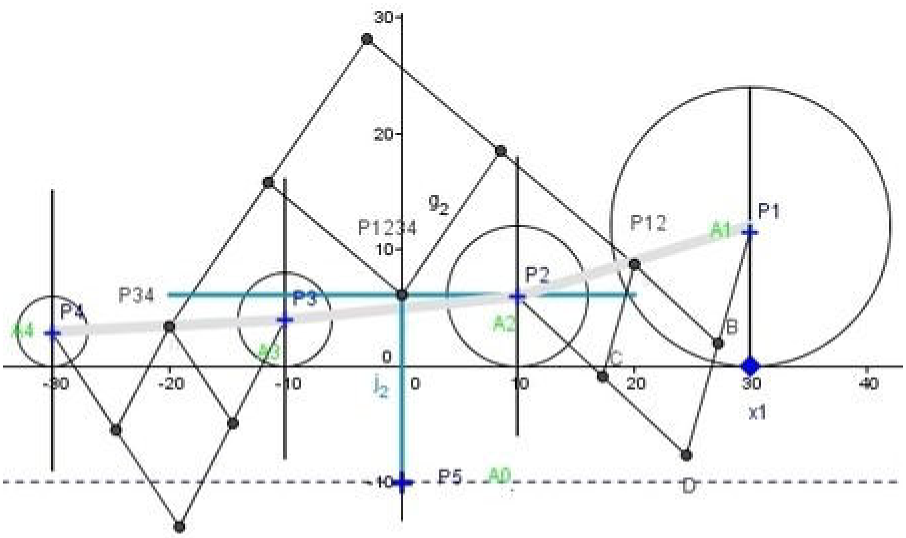


La "Trigonometry Machine" di Samuel Morland, ca. 1670

Un gallo costa 5 euro, una gallina 3 euro e 3 pulcini 1 euro. Con 100 euro compriamo 100 di questi pennuti: quanti galli, galline e pulcini ci portiamo a casa?

Questo problema, proposto per la prima volta nel 468 d.C. da Chang Ch'iu-Chin, non è poi tanto semplice come sembra, si tratta infatti di un sistema a due equazioni e tre incognite di cui bisogna trovare le soluzioni intere: $x + y + z = 100$ pennuti e $5x + 3y + z \div 3 = 100$ euro.

E' lodevole ma faticoso risolverlo con carta e penna (sono 4 galli, 18 galline e 78 pulcini) ed un sistema per la risoluzione automatica dei sistemi lineari venne studiato da Samuel Morland già nel XVII° secolo. Morland realizzò alcune "Trigonometry Machine", una delle quali donata a Cosimo III de' Medici, ma il loro funzionamento era incerto ed un calcolatore per il tracciamento grafico delle funzioni lineari intere venne riproposto dal Prof. Lorenzo Poggi (Università di Pisa) alla fine degli anni '30. L'entrata in guerra ne impedì lo sviluppo e dell'esemplare costruito non resta più traccia, ma una sua simulazione virtuale è stata realizzata da Alvaro Gonzales - arc.reglasdecalculo.org, sulla base dell'unico schizzo rimasto.



Simulazione virtuale della "Macchinetta per calcoli algebrici" di Poggi

Fabbrica AEG, Berlino ca. 1920

Concorso di “Miss Regolo Calcolatore Oklahoma”, ca. 1945

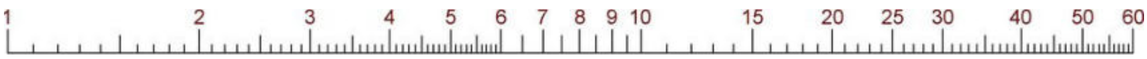
I regoli nautici e per la navigazione astronomica

I naviganti hanno da subito utilizzato il Compasso di Proporzione e la Gunter's Rule, ma i calcoli per determinare il punto nave astronomico devono essere precisissimi (l'errore massimo accettabile è dello 0,02%) e non appena furono disponibili si preferirono le tavole logaritmiche. Il Compasso e la Gunter's Rule rimasero a bordo come calcolatori generici ed erano ancora in commercio nel secondo dopoguerra. Le tavole sono però lente da consultare, specialmente nel pieno di una tempesta, e si costruirono regoli speciali con lunghissime scale a spirale. Permettevano di identificare rapidamente gli astri e furono molto apprezzati sui sommergibili e per la navigazione aerea.

Regolo per la navigazione astronomica marittima ed aerea, ca. 1944

Dagli anni '30 vengono compilate tabelle che riportano altezza ed azimut dei principali astri per ogni luogo ed istante e l'uso dei regoli diminuì progressivamente, ma ancora oggi si utilizzano le scale logaritmiche: stampate su plastica non temono l'acqua e sui gommoni sono indispensabili!

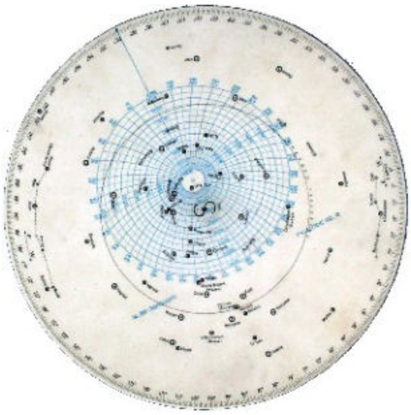
Scala logaritmica delle velocità

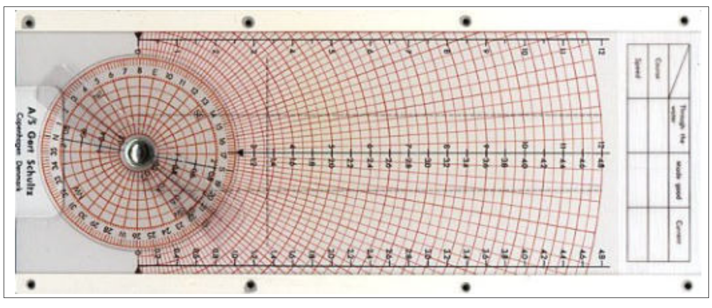


Trovare la distanza percorsa conoscendo il tempo impiegato e la velocità:
- posizionare la punta sinistra di un compasso sul numero che indica la distanza percorsa e la destra sui minuti trascorsi;
- mantenendo la stessa apertura portare la punta destra su 60: la sinistra indicherà la velocità.

Trovare il tempo necessario per percorrere una distanza conoscendo la velocità:
- posizionare la punta destra di un compasso su 60 e la sinistra sulla velocità;
- mantenendo la stessa apertura portare la punta sinistra sul numero indicante la distanza: la destra indicherà il tempo necessario.

Oggi a bordo si trovano solo dei regoli che, sullo stile delle slide chart illustrate a pagina 100, aiutano il navigante a riconoscere le stelle, mentre le barche a vela continuano ad utilizzare modelli specifici per i problemi del bordeggio. Una breve storia della navigazione si trova a pagina 129.





Regoli moderni per l'identificazione degli astri e per il calcolo dei bordi navigando a vela

Il flight computer

Indispensabile per la navigazione stimata il regolo fu l'unico computer di bordo disponibile fino a metà degli anni '70 e per la sua affidabilità rimane sempre obbligatorio come calcolatore di emergenza.

New Navigation Computer Solves Flight Problems

SIMPLIFYING aerial navigation problems to a point never before possible, an entirely new type navigation computer has been perfected by engineers and adopted as standard equipment by many pilots on the nationwide air travel systems.

Designed to provide an immediate answer to navigation questions the pilot must face during the course of a flight, the new instrument combines features of a slide rule with a series of special scales in the form of three celluloid discs which rotate around a common center.

By means of this instrument the pilot may determine immediately the true air speed of the plane, the compass course which he must follow, gasoline consumption and the flying time between terminals. It can also be used to calculate wind direction and velocity while the plane is in flight, allowing the pilot to keep an accurate check of upper air information provided at the beginning of the flight.

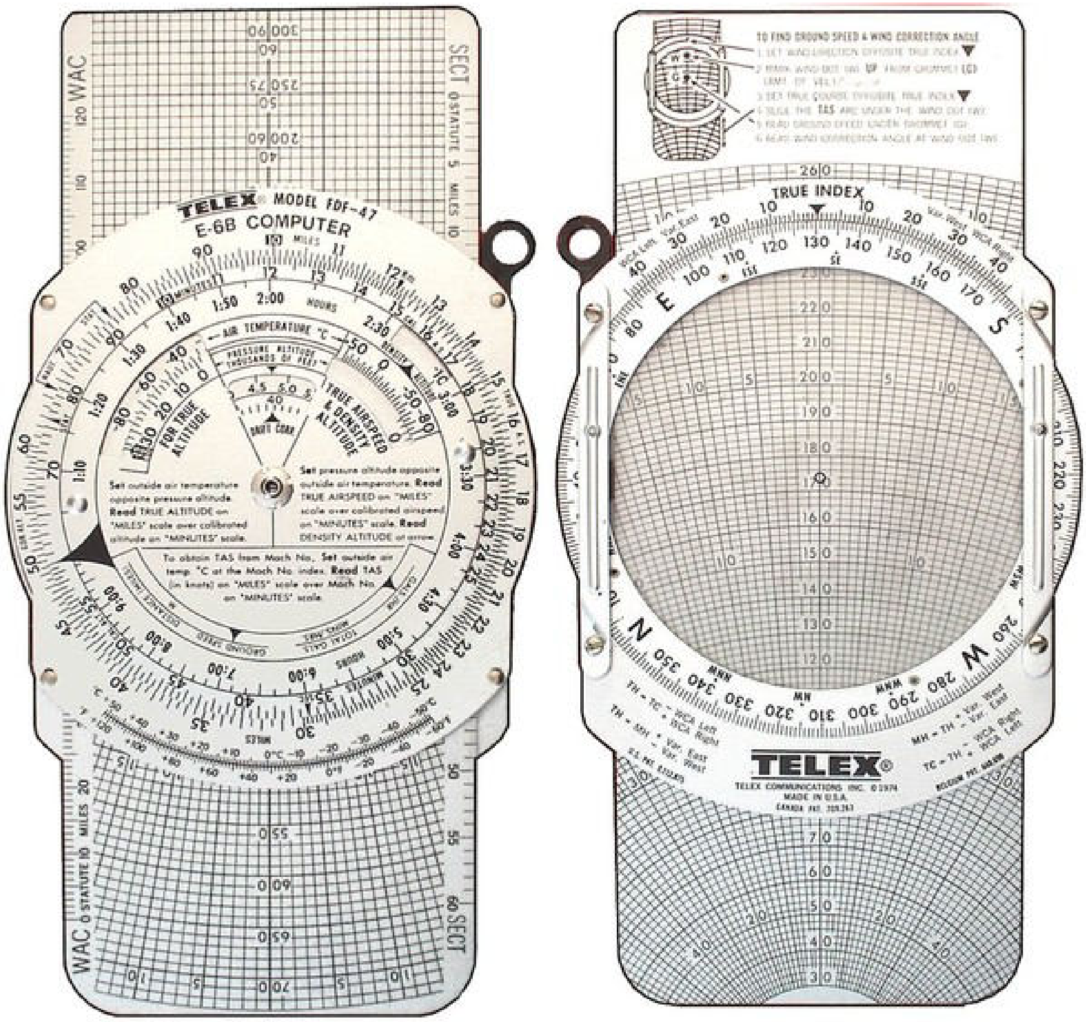
New type navigation computer in use during flight. With this instrument the pilot may quickly determine answers to flight problems arising during the course of the trip.

1937: appare il flight computer

I problemi della navigazione sono sempre gli stessi da tempo immemorabile ed un moderno regolo aeronautico, chiamato comunemente *"flight computer",* non è tanto diverso dai grafici disegnati nel medioevo per la determinazione del punto nave. I piloti devono trovare la propria posizione ed effettuare diverse conversioni di misure con grande rapidità ed in questo il regolo è imbattibile.

Era considerato uno strumento perfetto, insostituibile anche in un futuro altamente tecnologico: lo utilizzava perfino Spock sulla *Enterprise* della serie *Star Trek*! Oggi è naturalmente rimpiazzato dal computer, ma la sua interfaccia è così pratica e conosciuta che molti software ne riprendono la grafica.

2267: ancora immutato sull'Enterprise di Star Trek



Fronte e retro di un diffuso modello del flight computer E6-B

Il moderno *flight computer* risale agli anni '30 ed il suo uso è così istintivo che viene spesso preferito ai calcolatori elettronici. Risolve infatti rapidamente tutti i calcoli di bordo, trova l'angolo di deriva causato dal vento ed è indispensabile per convertire la giungla di unità di misure in cui si deve districare il pilota. In aviazione si utilizzano infatti indifferentemente: metri, piedi, miglia nautiche, miglia terrestri, chilometri, litri, galloni, ecc. Un modello da costruire si trova nei miei *Sussidi Didattici*.

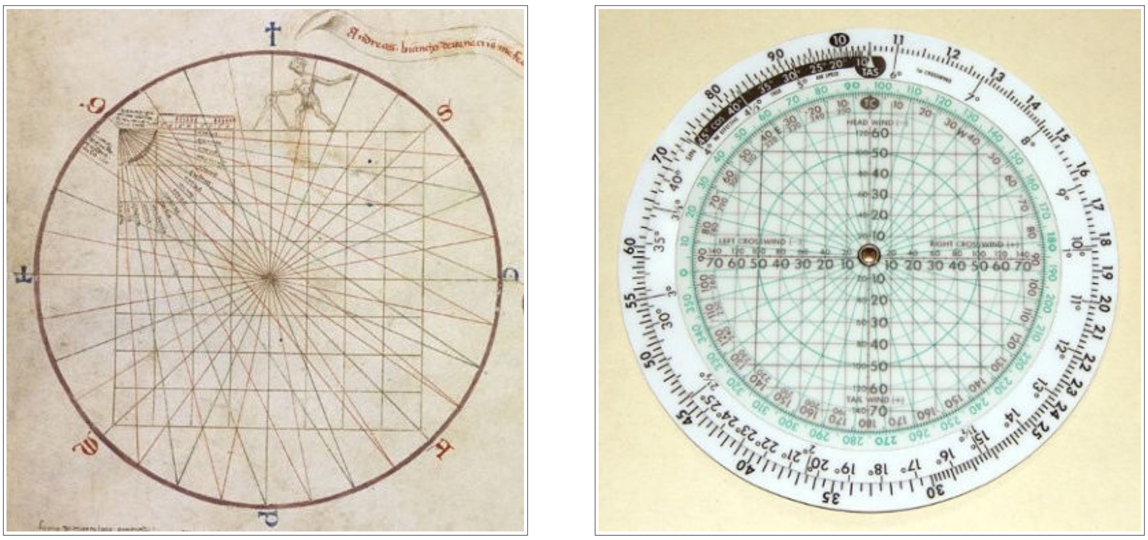
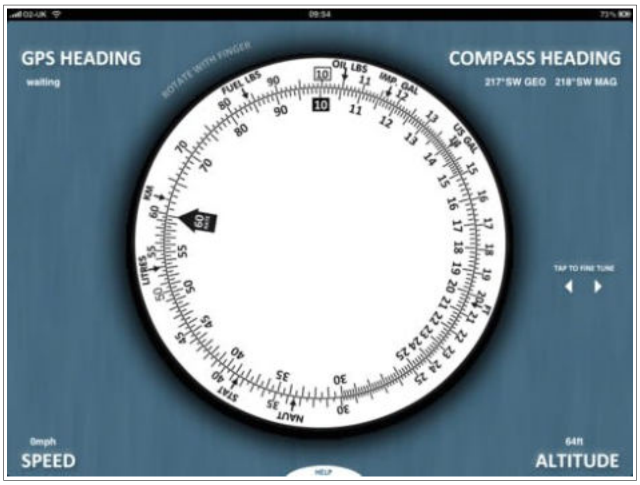


Grafico per la navigazione "Raxon de Martelojo" del 1430 e regolo aeronautico moderno

Dagli anni '50 i regoli aeronautici E6-B sono stati inseriti, in versione ridotta, nella corona esterna di orologi speciali destinati ai piloti. Il modello più noto è il Breitling *Navitimer* a cui seguì il *Cosmonaute*, realizzato per la NASA con la divisione in 24 ore in quanto nello spazio non si distingue il giorno dalla notte. Fu il primo orologio ad effettuare un volo orbitale, al polso di Scott Carpenter nella missione Mercury-Atlas 7 del 1962, ma non era impermeabile e si rovinò al momento dell'ammaraggio venendo sostituito dall'Omega *Speedmaster* che resisteva a tutto: nei test lo mettevano a bollire con gli spaghetti!
Ormai gli orologi da pilota sono poco utilizzati, ma continuano ad essere prodotti e restano un buon sostituto di emergenza al più grande E6-B: risolvono tutti i calcoli necessari per la navigazione aerea venendo così chiamati *gli strumenti di bordo al vostro polso.* Si manovrano ruotando la corona e possono eseguire moltiplicazioni e divisioni come un normale regolo circolare. Facile acquistatene uno, oltre all'intramontabile *Navitimer* vi sono modelli (Casio, Citizen, ecc.) per tutte le borse e il divertimento è assicurato.



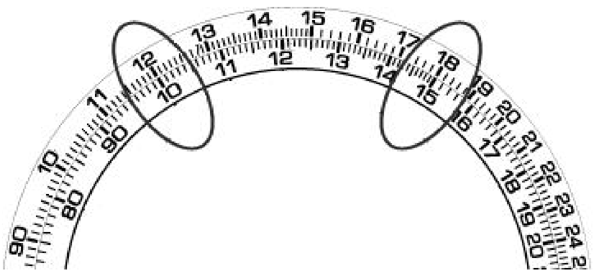
E6-B nella corona del Breitling Cosmonaute e software che ne riprende la grafica

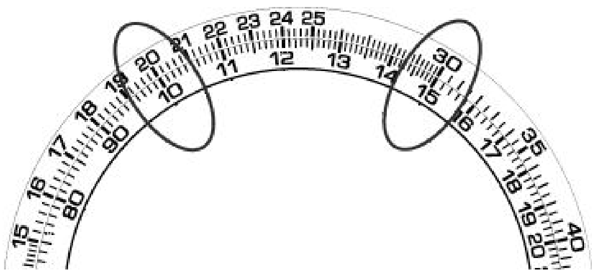
Scheda - Calcolare con il flight computer

E' uno strumento utilissimo in viaggio per risolvere diversi problemi di velocità, spazio e tempo, o per convertire valute e misure, ma ricordatevi che i valori: 0,9, 9, 90, 900 o 9.000 si leggono sempre “9” e dobbiamo quindi posizionare a mente virgole e decimali. La E6-B semplificata è costituita da due scale, in quella interna troviamo il numero 60 marcato in evidenza con una freccia rossa (nelle istruzioni *Speed Index*). Qui alcuni esempi per uso terrestre.

Esempio: eseguire12 x 15.

- (In basso a sx) Allineare il 12 della scala esterna con il 10 della scala interna: il 15 della scala interna corrisponderà al 18 della esterna. Tenendo conto dei decimali aggiungere uno zero per ottenere 180.



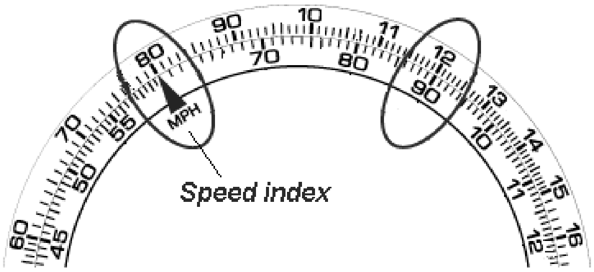


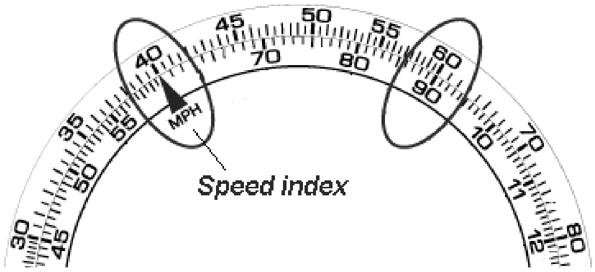
Esempio: eseguire 300 ÷ 15.

- (In alto a dx) Allineare il 30 della scala esterna con il 15 della interna: il 10 della scala interna corrisponderà al 20 della esterna. Il risultato è quindi 20. Le operazioni matematiche si effettuano come sui comuni regoli.

Esempio: si sono percorsi 120 km. in 1 ora e 30', quale è stata la velocità?

- (In basso a sx) Allineare il 12 della scala esterna con 90 (i minuti): *Speed Index* corrisponderà ad 80. Abbiamo viaggiato ad 80 km/h.



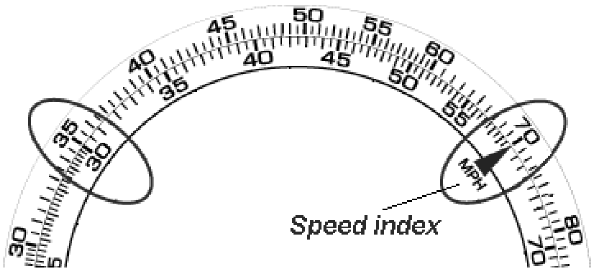


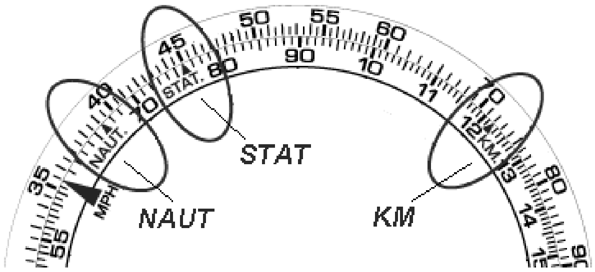
Esempio: determinare la distanza percorsa in un 1 ora e 30' alla velocità di 40 km/h.

- (In alto a dx) Allineare il 40 della scala esterna con *Speed Index*: 90 (90 minuti) della scala interna corrisponderà a 60. Abbiamo percorso 60 chilometri.

Esempio: determinare il consumo orario avendo utilizzato 35 litri in 5 ore.

- (In basso a sx) Allineare il 35 della scala esterna con 30 (300 minuti = 5 ore) della interna: *Speed Index* corrisponderà a 70. Il consumo orario è stato di 7 litri/h.





Esempio: convertire 45 miglia americane (statute miles) in miglia nautiche e km.

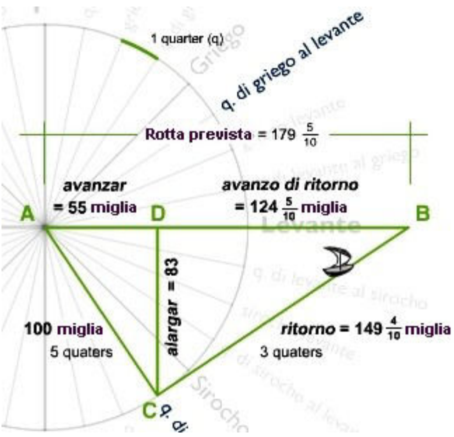
- (In alto a dx) allineare la scritta *"STAT"* con il "45" della scala esterna: sopra la scritta *"NAUT"* leggeremo ca. 39 miglia nautiche e sopra la scritta *"KM"* ca. 72 km.

Flight computer del 1970 e il modello di carta che si trova nei miei Sussidi Didattici

Scheda - La navigazione con il flight computer

La parte frontale dell'E6-B serve per effettuare conversioni e calcolare distanze, tempi e consumi; un modello semplificato da costruire si trova nei miei *Sussidi Didattici*. Il retro, ispirato al grafico *Raxon de Martelojo**, si utilizza per risolvere i problemi della navigazione stimata: vediamo come determinare le correzioni di rotta e velocità necessarie per compensare il vento.

Risolviamo un problema col *Martelojo*: dovevo navigare dritto a levante da A a B, ma il vento mi ha permesso solo una rotta per *"sirocho al ostro"* in cui ho percorso 100 NM. Quanto dovrò ora navigare verso *"griego al levante"* per arrivare a B?



Risposta: 149,4 NM.

Esempio: la nostra rotta è di 090°, la nostra velocità di 125 nodi e il bollettino meteo ci informa che abbiamo un vento proveniente da 230° a 18 nodi. Quanto ci accelera o rallenta questo vento e di quanto dobbiamo correggere la rotta per contrastarlo?

1. Posizioniamo TRUE INDEX su 230°.
2. Contiamo 18 linee dal foro centrale verso il TRUE INDEX e marchiamo un punto a matita alla 18° linea (Fig. 1).
3. Ruotiamo il disco trasparente fino a posizionare 090° su TRUE INDEX.
4. Facciamo scorrere il corpo centrale fino a quando il punto che abbiamo marcato non combacia con la linea dei 125 nodi (Fig. 2).
5. Leggiamo la nostra velocità al suolo (138) nel foro centrale.
6. Il punto marcato è 5° sulla destra, la nostra nuova rotta sarà quindi di 095°.
7. Siamo leggermente più veloci e possiamo rallentare di 13 nodi per rispettare i tempi del piano di volo.

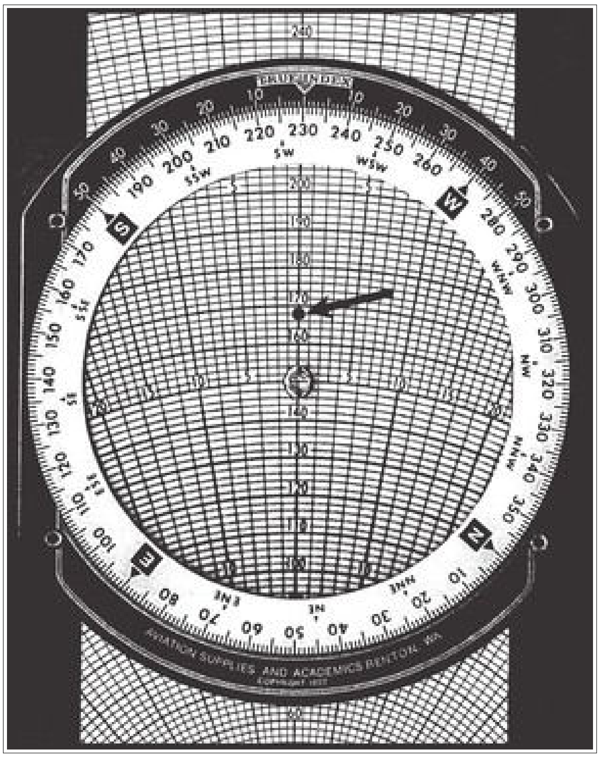


Fig.1

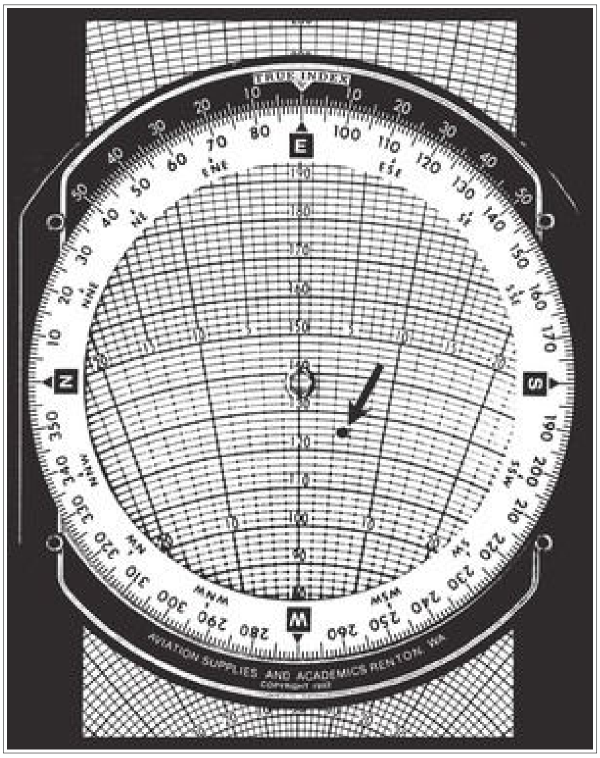


Fig.2

* *"Raxon de Martelojo"* in veneziano significa *"Regola del Martelletto"*: il grafico si usava infatti allo scoccare dell'ora (segnalato da un colpo di martelletto sulla campana) per controllare la rotta.

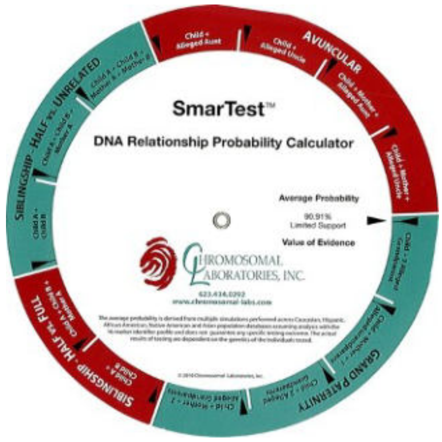
Volvelle e slide chart

Le volvelle, o infografiche, sono strumenti formati da due dischi concentrici, normalmente di cartoncino, di cui il superiore ha una maschera traforata che mostra le informazioni marcate sul disco inferiore a seconda della rotazione, come il disco orario che abbiamo in auto, utilizzando spesso anche scale nomografiche, sia logaritmiche che metriche.
Sostituiscono l'esplorazione manuale delle tabelle per identificare gli astri, aiutare nel primo soccorso, calibrare le miscele di colori o scegliere il vino per un pasto elegante. Fu Matthew Paris, un monaco benedettino del 1200, il primo ad integrarne una all'interno di un libro. Al tempo i tomi erano pesantissimi e per consultarne le tabelle circolari, utilizzate per calcolare le festività religiose, bisognava girarvi attorno: Paris si accorse che era più comodo far girare le tabelle ed applicò un disco di carta mobile alle pagine.
Petrus Apianus nel 1500 creò vere opere d'arte, con incisioni dipinte a mano e destinate alle corti, ma con l'introduzione della stampa cominciò la produzione di modelli più piccoli ed economici.

Volvelle inserita nelle pagine di un libro, Petrus Apianus 1540

Dalla fine dell'800 le volvelle furono diffusissime ed ancora oggi sono molto apprezzate, trovano infatti rapida ed istintiva soluzione ad una innumerevole quantità di problemi pratici, anche complessi.

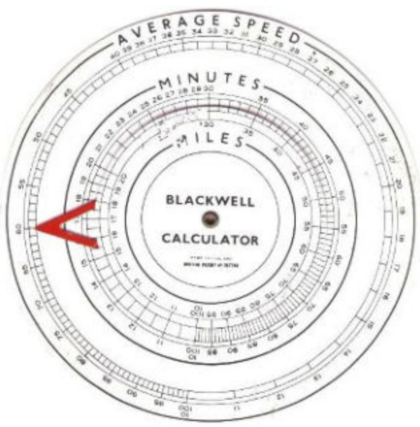
Due volvelle del secondo dopoguerra, per uso agricolo e militare



Disco orario con calcolatore di consumi e volvelle per il calcolo del DNA

Volvelle inserita in una rivista, 2012. Apianus disegnava grafiche più raffinate ...

Scheda - La volvelle da competizione



Nelle gare di regolarità è necessario mantenere medie di tempo o di velocità prestabilite. Il Blakwell Calculator, in produzione da oltre 50 anni, fornisce le soluzioni a tutti i problemi che si presentano in gara. Ecco alcuni esempi.

Dobbiamo percorrere 42 km alla velocità esatta di 56 km/h, quanto tempo impiegheremo?

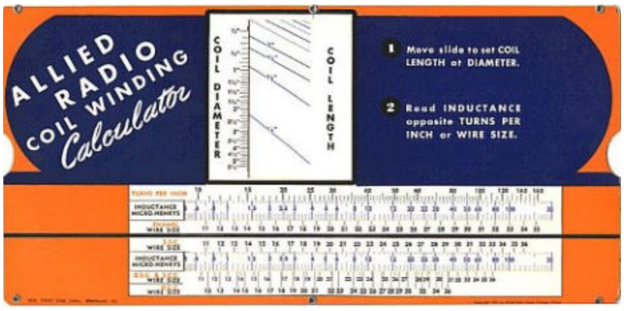
- posizioniamo la freccia rossa su 56 nella scala “Avarage Speed” e guardiamo la scala dei minuti sopra il numero 42: 45 minuti.

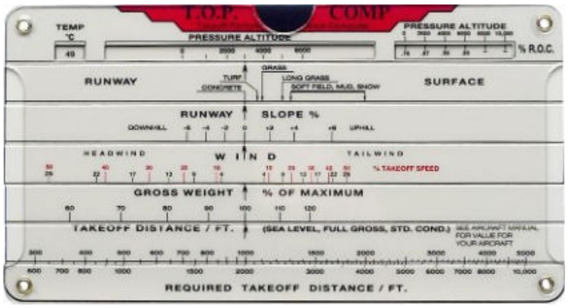
Dobbiamo pilotare per 24 minuti ad una media di 80 km/h, quanta strada percorreremo?

- posizioniamo la freccia rossa su 40 nella scala “Avarage Speed” e guardiamo la scala delle miglia sopra il numero 24: 32 km.

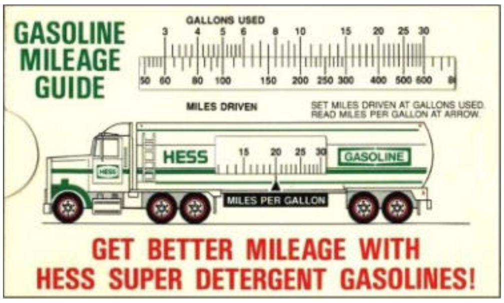
Si possono convertire misure, determinare i consumi orari e calcolare indifferentemente in miglia o chilometri, ma con i numeri superiori a 10 abbiamo gli stessi problemi che si presentano col regolo: in questo caso però sappiamo istintivamente se stiamo viaggiando a 9,5, 95 o 950 km/h!

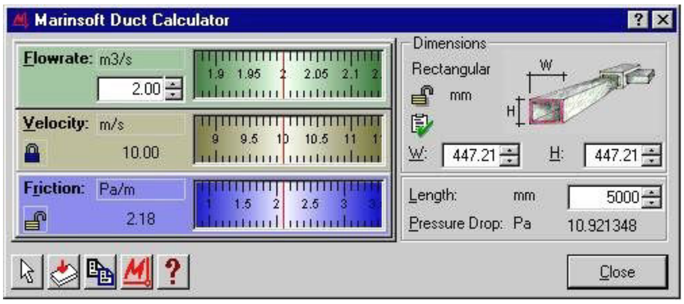
Le slide chart, comunemente chiamate *perrygraf* dal nome del principale produttore, sono volvelle rettangolari dove un cartoncino scorre sotto la maschera traforata. Ideali come supporto pubblicitario trovano impiego in svariati campi e la loro grafica è così intuitiva da essere ripresa in molte applicazioni e programmi per computer.





Perrygraf del 1940 e slide chart aeronautica moderna con nomogramma di decollo





Slide chart per il calcolo dei consumi, 1958, e programma con interfaccia analogica

Scheda - La slide chart musicale

Slide chart musicale Trascacco e le stesse funzioni in una applicazione per smartphone

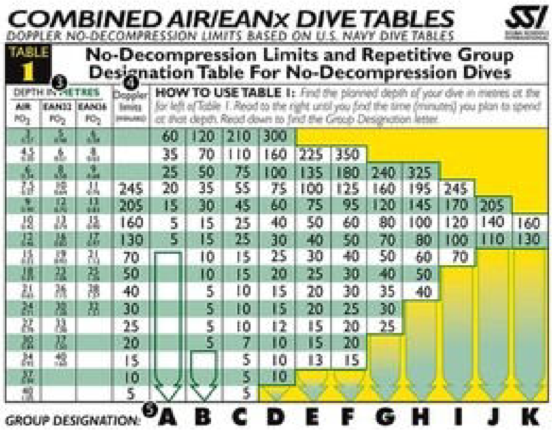
I musicisti hanno necessità di trasportare un brano musicale da una tonalità ad un'altra, individuare le principali scale in qualsiasi tonalità, visualizzare una data nota sul rigo musicale in chiave di violino e di basso, tradurre dalla notazione italiana a quella internazionale.

Proviamo a ricavare, utilizzando la slide chart *Trascacco*, le triadi di note che compongono gli accordi maggiori, minori e diminuiti di tutte le tonalità.

Esempio: per costruire un MI maggiore (MI+) o un MI minore (MI-) o un MI diminuito (MI dim) trascinare il cursore fino a far apparire nella finestrella la nota base MI; ora sulla finestra degli accordi si potrà leggere la triade di note per il maggiore: MI, SOL# e SI, per il minore: MI, SOL e SI e per il diminuito: MI, SOL e SI. Suonate adesso queste tre note insieme od arpeggiate: starete eseguendo un MI maggiore, minore o diminuito.

I regoli subacquei

I pionieri dell'esplorazione subacquea con autorespiratore avevano in dotazione solo i semplici nomogrammi di decompressione elaborati dalla Marina Statunitense, ma dal 1988 esistono regoli che permettono di massimizzare le immersioni. Recentemente, dopo anni di esperimenti con complicate apparecchiature analogiche, sono apparsi piccoli computer in grado di effettuare calcoli sott'acqua ma il regolo subacqueo, soprannominato *The Wheel*, è sempre insegnato nei corsi di addestramento.


COMBINED AIR/EANx DIVE TABLES

DOPPLER NO-DECOMPRESSION LIMITS BASED ON U.S. NAVY DIVE TABLES

TABLE 1 — No-Decompression Limits and Repetitive Group Designation Table For No-Decompression Dives

HOW TO USE TABLE 1: Find the planned depth of your dive in metres at the far left of Table 1. Read to the right until you find the time (minutes) you plan to spend at that depth. Read down to find the Group Designation letter.

DEPTH IN METRES AIR	EAN32	EAN36	Doppler limits (minutes)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
3	[illegible]	[illegible]		60	120	210	300							
4.5	[illegible]	[illegible]		35	70	110	160	225	350					
6	[illegible]	[illegible]		25	50	75	100	135	180	240	325			
7.5	[illegible]	[illegible]	245	20	35	55	75	100	125	160	195	245		
9	[illegible]	[illegible]	205	15	30	45	60	75	95	120	145	170	205	
10.5	[illegible]	[illegible]	160	5	15	25	40	50	60	80	100	120	140	160
12	[illegible]	[illegible]	130	5	15	25	30	40	50	70	80	100	110	130
15	[illegible]	[illegible]	70		10	15	25	30	40	50	60	70		
18	[illegible]	[illegible]	50		10	15	20	25	30	40	50			
21	[illegible]	[illegible]	40		5	10	15	20	30	35	40			
24	[illegible]	[illegible]	30		5	10	15	20	25	30				
27	[illegible]		25		5	10	12	15	20	25				
30	[illegible]		20		5	7	10	15	20					
34	40		15			5	10	13	15					
37			10			5	10							
40			5			5								

GROUP DESIGNATION: A B C D E F G H I J K

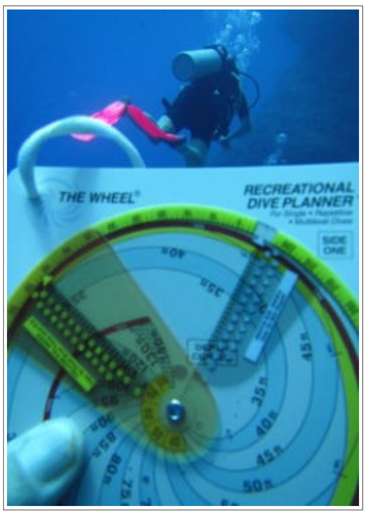
Nomogramma di decompressione e uno dei primi computer subacquei analogici, 1970

Questi strumenti, misto fra regoli e nomogrammi, servono per pianificare in tempi massimi delle immersioni in funzione della profondità che si intende raggiungere, calcolando la decompressione da effettuare prima di uscire dall'acqua per smaltire l'azoto accumulato in eccesso respirando aria compressa.

Una decompressione insufficiente procura disturbi spesso mortali: con il brusco calo di pressione dovuto alla risalita l'azoto disciolto nel sangue si dilata, formando delle bollicine, e si rischia una pericolosa embolia. Bisogna quindi risalire lentamente, effettuando soste di smaltimento le cui quote e tempi vengono calcolati in base alla durata e profondità dell'immersione, tenendo presente anche la miscela gassosa respirata: aria, EANx (aria arricchita di ossigeno) o Trimix (ossigeno, elio e azoto).

Un lato del regolo è destinato al calcolo del tempo che deve trascorrere fra due immersioni o fra un immersione ed un viaggio in aereo. La decompressione lascia infatti per diverse ore una piccola quantità di azoto nel sangue, normalmente ininfluente ma che va considerata in caso di immersioni ripetute per evitare accumuli. Inoltre all'interno degli aeromobili la pressione è inferiore rispetto al livello del mare di ca. il 25%: riapparirebbero gli emboli e tutto l'azoto deve essere smaltito prima del volo.

Sono calcoli da eseguirsi con precisione e sarebbe meglio utilizzare *The Wheel* solo a terra. L'ossigeno sotto pressione risulta tossico procurando cali di attenzione: una situazione non ideale per eseguire operazioni difficili, ma oggi provvedono ad effettuarle i computer subacquei, ormai molto economici.



Regolo subacqueo pronto all'uso e in azione, 2004; moderno computer da immersione

I regoli fotografici

Per realizzare belle fotografie bisogna prima conoscere i dati indispensabili allo scatto: tempo di esposizione, apertura del diaframma e velocità dell'otturatore, dipendenti dalla luce esterna e dalla sensibilità della pellicola. Esistono quindi regoli logaritmici specifici, ai quali negli anni' 30 fu aggiunto un misuratore fotovoltaico per determinare l'intensità della luce: l'informazione analogica è subito comprensibile e sono rimasti in produzione fino ad oggi con poche modifiche. I professionisti li considerano migliori dei programmi automatici e modelli simili vengono utilizzati in astrofotografia.

Primi regoli fotografici, inizio '900

Regoli Sekonic con misuratore fotovoltaico: 1954, 1960 e 2012 (© James Ollinger)

Il computer analogico era facile da programmare, ma diversi problemi costruttivi ne decretarono la fine. L'era analogica stava ormai tramontando, anche se il regolo restava il riferimento contro cui bisognava confrontarsi

Il computer analogico

Oggi i computer vengono associati alla tecnologia digitale però agli esordi ne venivano costruiti anche di analogici, come il gigantesco Beckman EASE del 1956, lungo 18 metri ed utilizzato dalla GM Allison per la progettazione dei suoi motori aeronautici o il Norden Bombsight, un piccolo computer meccanico capace di pilotare un aereo e di sganciare autonomamente le bombe sopra l'obbiettivo. A sinistra lo vediamo con Thomas Ferebee, bombardiere capo del Boeing B-29 *"Enola Gay"* che compì la missione su Hiroshima.

Un computer analogico sfrutta fenomeni fisici continui e ripetendo il processo non si è sicuri di ottenere sempre lo stesso risultato, ma la sua velocità di calcolo è molto alta. Il funzionamento è semplice, semplifichiamo all'estremo: misurando col voltmetro una pila da 1,5 volt leggeremo 1,5 volt. Aggiungiamone un'altra uguale e misurandole in serie (cioè una sull'altra) leggeremo 3 volt: abbiamo eseguito analogicamente l'operazione 1,5 + 1,5 = 3.
Supponiamo ora di avere due potenziometri collegati ad una batteria: possiamo regolare le tensioni ai valori desiderati ed effettuare le addizioni leggendo i risultati su di un voltmetro. Col regolo misuriamo distanze, qui invece tensioni e per moltiplicare, dividere, estrarre radici ecc. sfrutteremo alcune caratteristiche peculiari dei circuiti elettrici, illustrate nella scheda a pagina seguente.

Tanti potenziometri e voltmetri per il Beckman EASE, ma la modella tiene in mano un vecchio abaco: non si fiderà?

Purtroppo è impossibile produrre in serie potenziometri dalle caratteristiche costanti e l'inquinamento radioelettrico disturba il funzionamento: questi problemi hanno impedito il successo del computer analogico, non più commercializzato dal 2005. Fu utilizzato dalla NASA, permise la realizzazione nel 1958 del primo videogioco *"Tennis for Two"* e fu alla base dei migliori sintetizzatori musicali degli anni '60. Oggi resta una curiosità poco conosciuta, ma per la sua estrema rapidità di calcolo viene ancora utilizzato, spesso in versione ibrida analogico-digitale, per la soluzione di problemi in tempo reale.

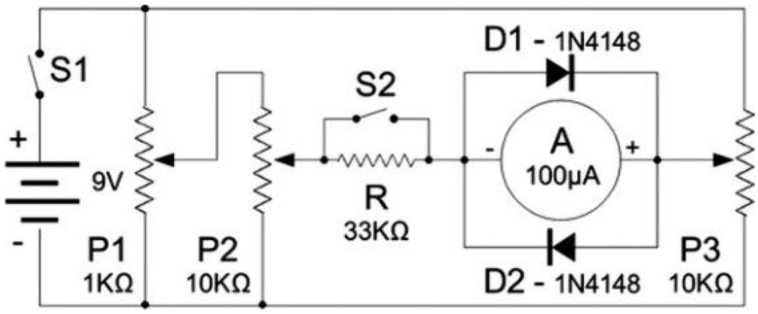
Comdyna GP-6, computer analogico prodotto fino al 2005

Scheda - La calcolatrice analogica elettrica

Le calcolatrici analogiche elettriche, spesso distribuite in kit per autocostruzione e pomposamente chiamate *analog computer*, ebbero una breve stagione d'oro all'inizio degli anni '60. Sono un'ottima introduzione ai veri computer analogici e per capire il loro funzionamento niente di meglio che costruirne una: l'assemblaggio è semplicissimo, la spesa minima. Vediamo come fare.

Come funziona

Lo schema che propongo si ispira agli articoli *"An introduction to analog computers"* di J. Sienkiewicz (Popular Mechanics, dicembre 1961) e *"Archimede, calcolatore elettronico"* (Sperimentare, luglio 1968), senza la parte dedicata alle addizioni e sottrazioni, che richiede un complicato circuito di stabilizzazione. La costruzione è semplice: al tempo bisognava infatti graduare le scale secondo le caratteristiche di ogni singolo potenziometro, mentre oggi sono disponibili precisissimi pomelli graduati.



Semplice: poco più di tre potenziometri e un amperometro

Esaminiamo lo schema: alla batteria e allo strumento sono collegati da un lato i potenziometri P1 e P2, dall'altro il P3, tutti con le scale graduate da 1 a 10. Quando sono tutti posizionati su valori uguali la lancetta dello strumento rimarrà sullo zero centrale.

Per eseguire 8x5 impostiamo P1 su 8 (20% della resistenza): all'uscita avremo l'80% della corrente in entrata che andrà ad alimentare P2 posizionato su 5 (50% della resistenza). Alla sua uscita avremo quindi il 50% dell'80% (cioè il 40%): mancando l'equilibrio la lancetta si sposterà dallo zero centrale.

Ruotiamo ora P3 fino a quando lo strumento indichi zero: questo avverrà quando il potenziometro sarà al 40% della sua corsa, cioè su 4, e la sua corrente equilibra perfettamente il 40% in uscita da P1 e P2. 40 è proprio il risultato di 5x8, visto che si opera come coi regoli classici calcolando a mente i decimali.

Per moltiplicare basta quindi impostare moltiplicando e moltiplicatore su P1 e P2, ruotando P3 fino a portare la lancetta sullo zero e leggere il risultato sulla sua scala. Poiché trattiamo valori percentuali il risultato sarà sempre corretto, qualsiasi sia il voltaggio in entrata. Si può eseguire qualsiasi operazione eccetto somme e sottrazioni: in questo caso la tensione deve infatti essere regolata perfettamente da un circuito separato: 1,5 volt + 1,5 volt sono 3 volt che leggeremo direttamente sopra un voltmetro.

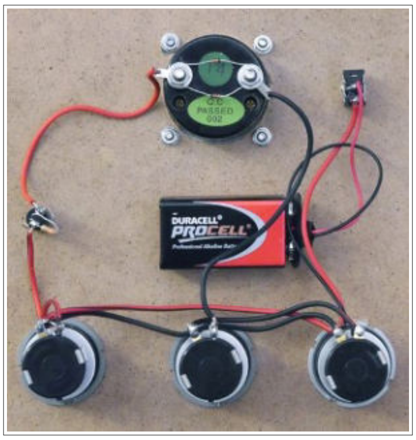
La precisione (~±1%) oggi è buona grazie ai moderni ed economici potenziometri di precisione. Questi componenti negli anni '60 erano costosi senza garantire una buona linearità (relazione tra angolo di rotazione e resistenza). Gli errori superavano il ~±5% e proprio per l'inaffidabilità dei potenziometri le calcolatrici analogiche incontrarono scarso successo, venendo utilizzate principalmente per uso didattico.

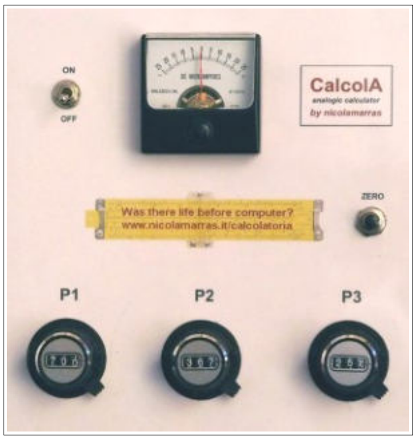
Anni '60: scale grandi per compensare la scarsa precisione

Cosa acquistare

- 1 batteria da 9 volt, la sua tensione comunque non influisce sui risultati.
- 3 potenziometri (P) lineari multigiro (10 giri, tolleranza: ±5%, errore di linearità: ±0.25%, ca. 2W) dotati delle loro manopole di precisione. Il valore di resistenza non influisce sui risultati, ma P2 deve essere 10 volte maggiore di P1 per limitarne le perdite di linearità dovute al carico. Ho quindi montato P1 da 1KΩ, P2 e P3 da 10KΩ.
- 1 amperometro analogico da 100 µA con zero centrale (A). A sua protezione abbiamo 2 diodi (D1 e D2) modello 1N414 e 1 resistenza (R) da 33KΩ con 1 interruttore a pulsante (S2 o ZERO) per escluderla al momento della lettura fine.
- 1 interruttore di alimentazione (S1).
- 1 base di montaggio, io ho usato una cornice a giorno in plexiglas facile da forare con le seghe a tazza. Al posto della foto ho inserito il layout del frontale.







Modelli di manopole di precisione e particolari della calcolatrice montata in un portafoto

Come si usa

Moltiplicazione:

- impostare sulle manopole di P1 e P2 i valori della moltiplicazione;
- ruotare P3 fino a quando lo strumento segna zero e leggere il risultato sulla sua scala.

Divisione:

- impostare sulle manopole di P1 e P2 i valori della divisione;
- ruotare P1 fino a quando lo strumento segna zero e leggere il risultato sulla sua scala.

Elevazione al quadrato:

- impostare il numero da elevare su P1 e su P2;
- ruotare P3 fino a quando lo strumento segna zero e leggere il risultato sulla sua scala.

Estrazione di radice quadrata:

- impostare il numero su P3;
- ruotare P1 e P2 fino a quando entrambi sono impostati sugli stessi numeri e lo strumento segna zero;
- il risultato è il numero indicato da P1 e P2.

Per azzerare correttamente centrare la lancetta e poi premere S2 (ZERO) per affinare la lettura.

Impostando le operazioni manovrare le manopole con cautela per non andare fuori scala. Evitare l'estremo inferiore delle scale (es. per eseguire 5x5 impostare 500x500 e non 005x005. Ricordarsi che, come nei regoli calcolatori, virgola e decimali sono relativi e vanno posizionati a mente.

Nel caso lo strumento indichi zero ma il risultato letto sulla manopola non sia giusto bisognerà tenere conto di questo errore residuo, normalmente costante, o registrare con pazienza la manopola di P3.

I regoli a proiezione

Attorno al 1950 in Italia, durante la ricostruzione, si sentiva il bisogno di calcolatori precisi ed economici. I primi computer erano decisamente fuori dalla portata economica delle imprese nazionali e la Filotecnica Sailmoiraghi progettò un regolo innovativo, che proietta su uno schermo una scala logaritmica virtuale, lunga 2, 5 metri. Questo stratagemma lo rende più intuitivo da utilizzare dei normali regoli calcolatori.

Fu messo in vendita ancora allo stadio di prototipo per tastare il mercato, ma il prezzo di 80.000 lire (equivalenti a 1.800 euro odierni) era troppo alto ed il progetto fu subito accantonato.

Lo strumento mantiene le promesse del dépliant, consentendo calcoli con un errore di circa 0,03%. Concettualmente ottimo venne realizzato senza risparmio, cosa che ne impedì la vendita ad un prezzo accessibile. E' stato probabilmente il migliore calcolatore logaritmico mai progettato.

Altre ditte provarono a costruire calcolatori basati sul principio della proiezione, nessuno preciso e pratico come il Salmoiraghi, che avrebbe meritato miglior fortuna.

Il costo eccessivo ne decretò l'insuccesso ed oggi se ne conoscono solo 4 esemplari sopravvissuti. Testimonia l'ingegno profuso nello sviluppo del regolo calcolatore prima dell'era elettronica.

CALCOLATORE LOGARITMICO MOD. 201

Immagini luminose delle scale logaritmiche proiettate con le dimensioni corrispondenti ad un regolo di 2 m di lunghezza.
Stima della quarta cifra decimale.

Le scale del tipo generico sono:
seno — tangente — 1/N — N ed N per prodotti e divisioni — quadrati — cubi — logaritmi — archi di piccoli angoli.

Dimensioni d'ingombro	cm 12 × 24 × 20
Peso	kg 4

Prezzo dello strumento

Per contanti	L. 80.000
A rate: 6 rate da	L. 11.470
oppure 12 rate da	L. 6.130
oppure 18 rate da	L. 4.360
previo acconto di	L. 16.000

Regolo proiettore della Filotecnica Salmoiraghi, ca. 1951

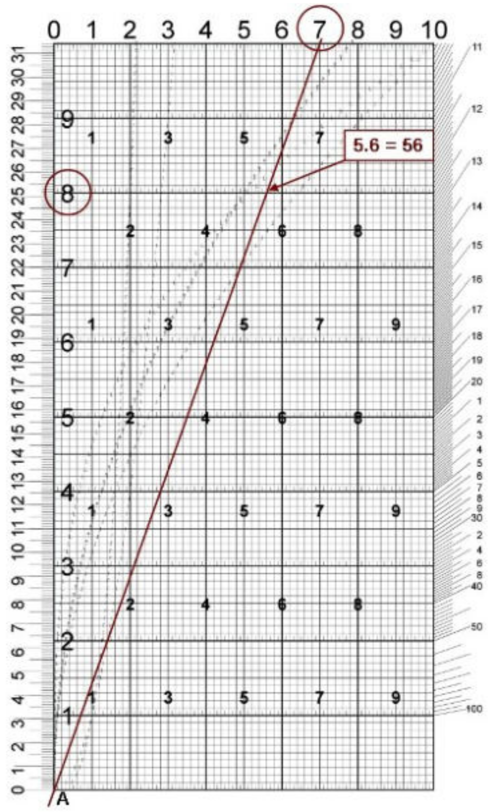
Scheda - Gli ultimi calcolatori logaritmici

Nel dopoguerra le calcolatrici meccaniche erano grandi e costose: per fornire alla nuova classe di tecnici, spesso privi di preparazione matematica, strumenti di calcolo, semplificati, si brevettarono diverse fantasiose invenzioni.

La Tavola Logaritmica Vizzini

La nomografia era sempre molto utilizzata ed ancora ancora nel1950 si brevettavano nuove tavole di calcolo. Lo scopo era fornire strumenti semplici per una utenza non specializzata, mentre il regolo calcolatore era visto come uno strumento destinato ad ingegneri e scienziati.

Questa tavola del 1953, non particolarmente innovativa, ebbe una modesta diffusione ma resta un esempio degli sforzi fatti per sviluppare economici strumenti di calcolo.



Modo di utilizzo

L'uso della tavola è poco intuitivo, lo strumento è comunque in grado di calcolare anche quadrati, cubi, radici, aree, circonferenze e diametri. A questo servono i piccoli segni I, L, Γ e ϙ che troviamo fra le righe.

Moltiplicazione, es: 7x8=56

Si porta il righello a coincidere con la divisione 7 della **SO**. Il righello taglierà la **linea orizzontale** 8 nel punto 5,6.

Astacalcolo

A metà degli anni '50 l'eclettico ingegnere italiano Aldo Nanni brevettò questo curioso "*Astacalcolo, regolo calcolatore semplificato*". L'idea era di commercializzare uno strumento popolare senza cursore, ma l'*Astacalcolo* era complicato da utilizzare e ne furono costruiti solo pochi esemplari.

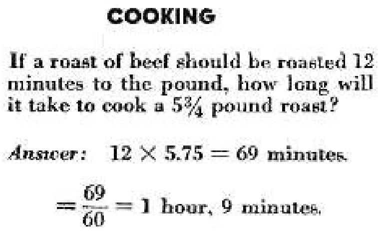
Calcolare con questo regolo è ostico, probabilmente l'inventore voleva semplificare la stima dei risultati, ma è riuscito solo ad imbrogliare il procedimento. Queste le criptiche istruzioni per la moltiplicazione:

1. appoggiare il righello su un foglio di carta e tracciare una linea, segnando un punto in corrispondenza dell'indice (il 1 a sinistra) della scala logaritmica;
2. individuare i due fattori sulla scala logaritmica e segnare la loro posizione sulla linea;
3. capovolgere il righello e misurare le due distanze sulla scala metrica;
4. sommare le due distanze e dividere il risultato per 75;
5. capovolgere e segnare il resto della divisione sulla linea, utilizzando la scala logaritmica;
6. capovolgere e misurare il resto sulla scala metrica: questo è il risultato dell'operazione.
7. Abbiamo quasi fatto, ma non è ancora finito. Ora dobbiamo determinare i numeri di cifre da assegnare. quindi:

1. contare le cifre totali dei fattori e sottrarre uno;
2. sommare il quoziente della divisione fatta prima: questo è il risultato richiesto.

HP 35: la fine di un'epoca

I primi elaboratori elettronici apparvero verso il 1946 ma erano giganteschi e costosissimi, la stessa IBM pensava di venderne al massimo quattro l'anno, ed i regoli sembravano insostituibili. Non si immaginava un mondo senza di essi: servivano alle massaie in cucina, tracciavano le rotte sull' astronave di *"Star Trek"*, apparvero sulla copertina di Playboy, vennero proposti in forma di gemelli e fermacravatta. Ne esistevano di tutti i tipi, la Walt Disney aveva un modello semplificato per i bambini, fu costruito in Braille per i non vedenti, con scale dedicate alla risoluzione di problemi statistici, ed anche in base esadecimale, ottale o binaria per i programmatori di computer. Lo si trovava inserito anche nelle addizionatrici tascabili viste a pagina 41: era il laptop dell'epoca, che spuntava immancabilmente dal taschino degli ingegneri. Un vero segno identificativo della categoria.

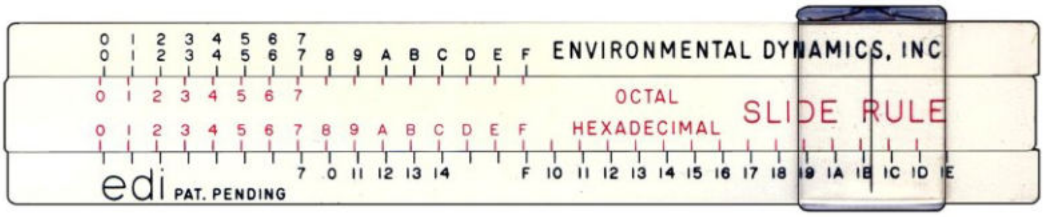

COOKING

If a roast of beef should be roasted 12 minutes to the pound, how long will it take to cook a 5¾ pound roast?

Answer: $12 \times 5.75 = 69$ minutes.

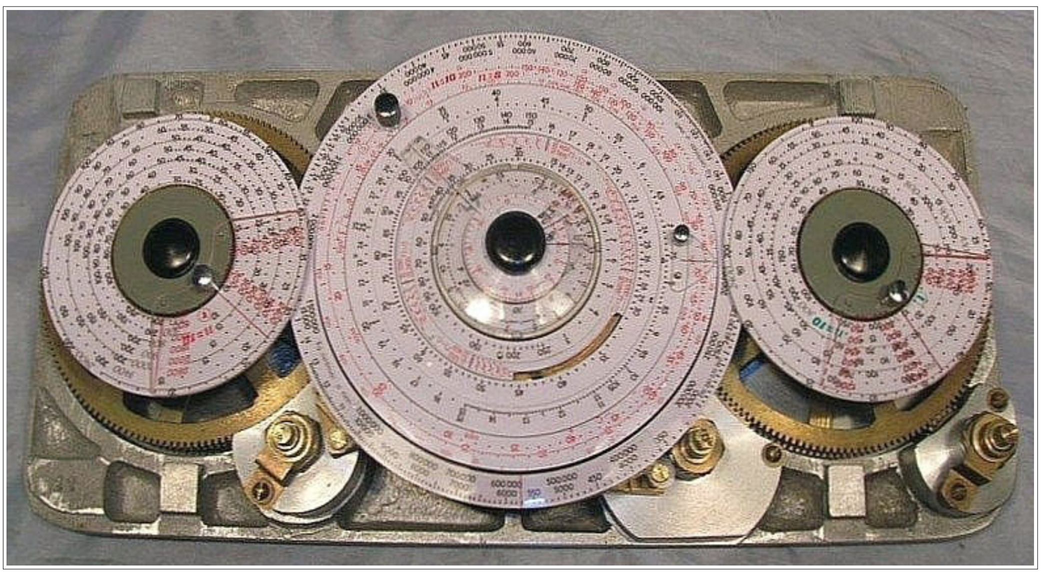
$= \frac{69}{60} = 1$ hour, 9 minutes.

Regolo fermacravatta ed istruzioni da un libro di cucina, anni '40

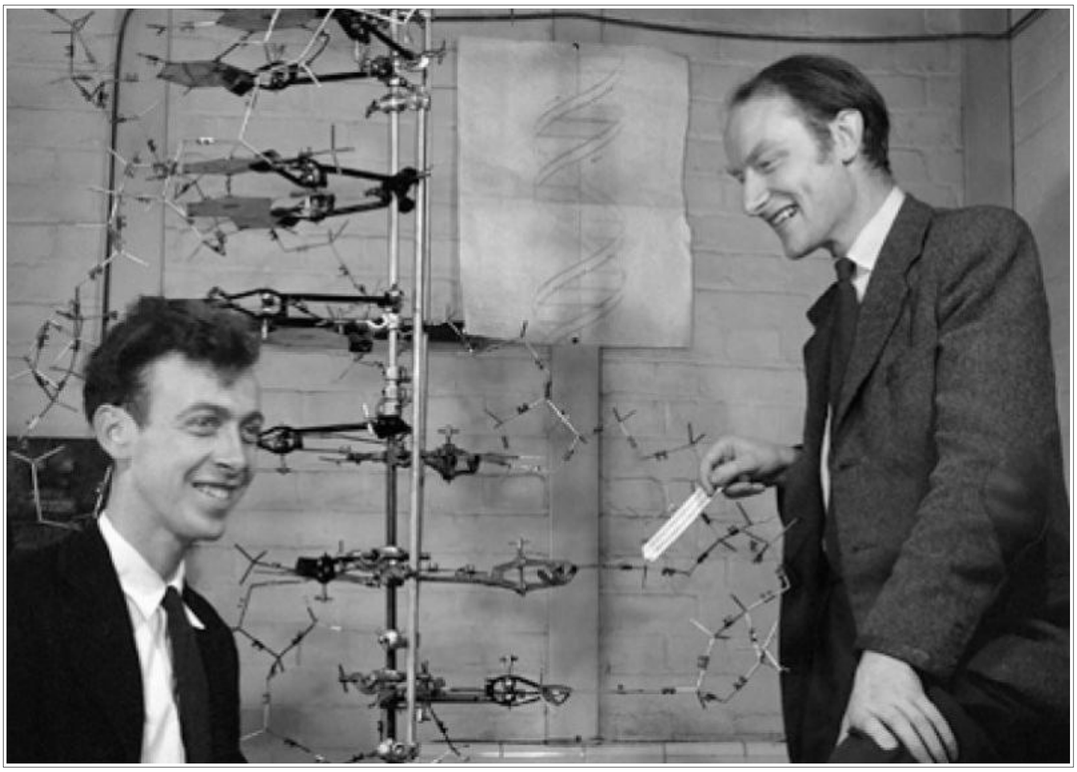


Regolo in esadecimale per programmatore di computer

Gli istituti di ricerca avevano locali dove gli ingegneri eseguivano manualmente i calcoli e la parola "computer" identificava l'operatore, non la macchina. Questo tipo di impiegati tornava sempre tardi a casa e le mogli erano chiamate *"le vedove del regolo"*. Per i complessi calcoli del cemento armato esistevano calcolatori in cui diversi regoli interagivano meccanicamente velocizzando il lavoro.



Regolo meccanizzato per il calcolo del cemento armato (© J. Fabregas)



Gli scopritori del DNA Francis Crick e James Watson col regolo tascabile, 1953

Cambia il mondo: il computer “portatile” arriva in Vaticano, siamo nel 1960

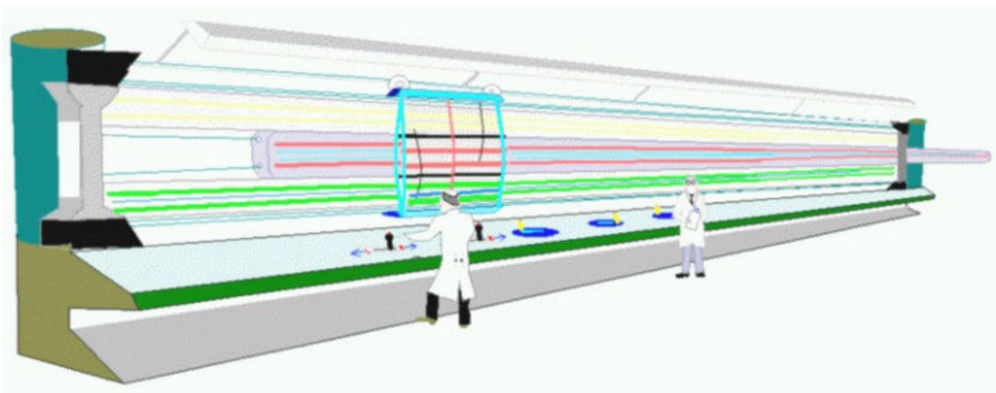
I primi calcolatori, ingombranti e costosi, consumavano molta energia ma sostituivano 150 ingegneri muniti di regolo: il loro tempo era ormai arrivato

Nel 1969, dopo essere stato indispensabile nella progettazione dei vettori spaziali, il regolo venne infine utilizzato sull'Apollo 11 sbarcando sulla Luna. Davvero una lunga carriera, iniziata più di 350 anni prima, però ...

Con Buzz Aldrin il regolo, nato nel XVII° secolo, è sbarcato sulla Luna

... i regoli sono precisi solo fino al terzo decimale ed occorre effettuare continue stime aiutandosi con l'esperienza. Approssimando per eccesso si creò il mito dei *"vecchi oggetti robusti"* ma il calcolo strutturale esigeva ormai risultati esatti, favorendo così lo sviluppo dei calcolatori elettronici commerciali. Questi furono progettati intera mente coi regoli: Robert Ragen affermava di averne consumati due per realizzare nel '63 il suo rivoluzionario Friden 130 (a sx.), purtroppo ancora costoso ed ingombrante.

Per rispondere alle nuove esigenze di calcolo furono disegnati regoli sempre più complessi e in Unione Sovietica ne venne costruito uno, elettromeccanico, di ben 14 metri di lunghezza. Realizzato nelle armerie Kalashnikov fu battezzato col nome del mostro biblico Behemoth, davvero appropriato per un simile gigante.



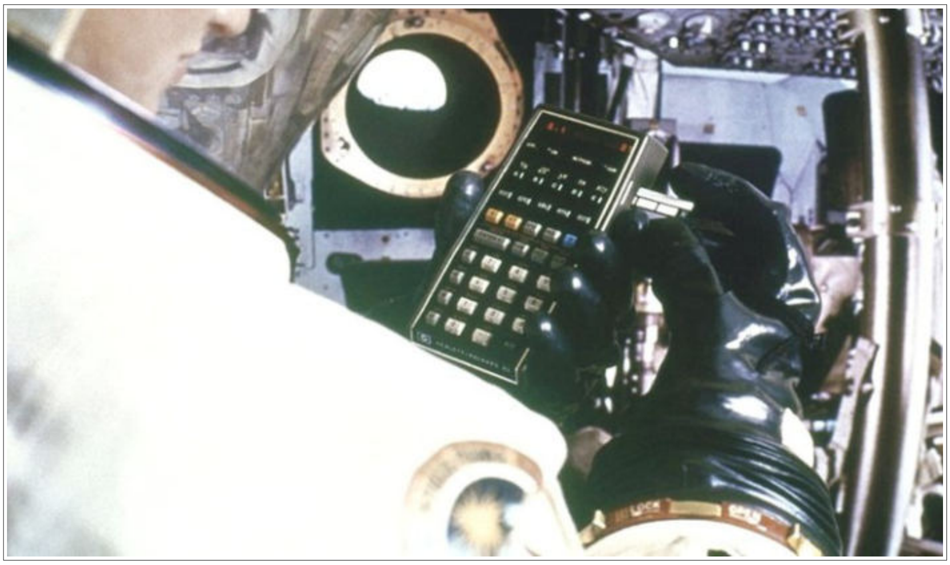
Made in USSR: il più grande regolo mai concepito

La tecnologia continuava a produrre nuovi calcolatori elettronici, ma la necessità di avere display valvolari vanificava le possibilità di miniaturizzazione e basso consumo offerte dai transistor: i regoli restavano ancora insostituibili e venivano chiamati familiarmente *"slipsticks"*, bastoncini scorrevoli.

Il 1 febbraio del 1972 la Hewlett Packard, reclamizzandola come *"Innovativo regolo elettronico"*, mise in vendita la prima calcolatrice scientifica economica, 50 volte più piccola delle concorrenti e tanto moderna da essere ancora in commercio. Le funzionalità della nuova HP 35 erano irrinunciabili, non a caso *Forbes* la cita fra i 20 oggetti che hanno cambiato il mondo, e i calcolatori analogici scomparvero definitivamente dal mercato.

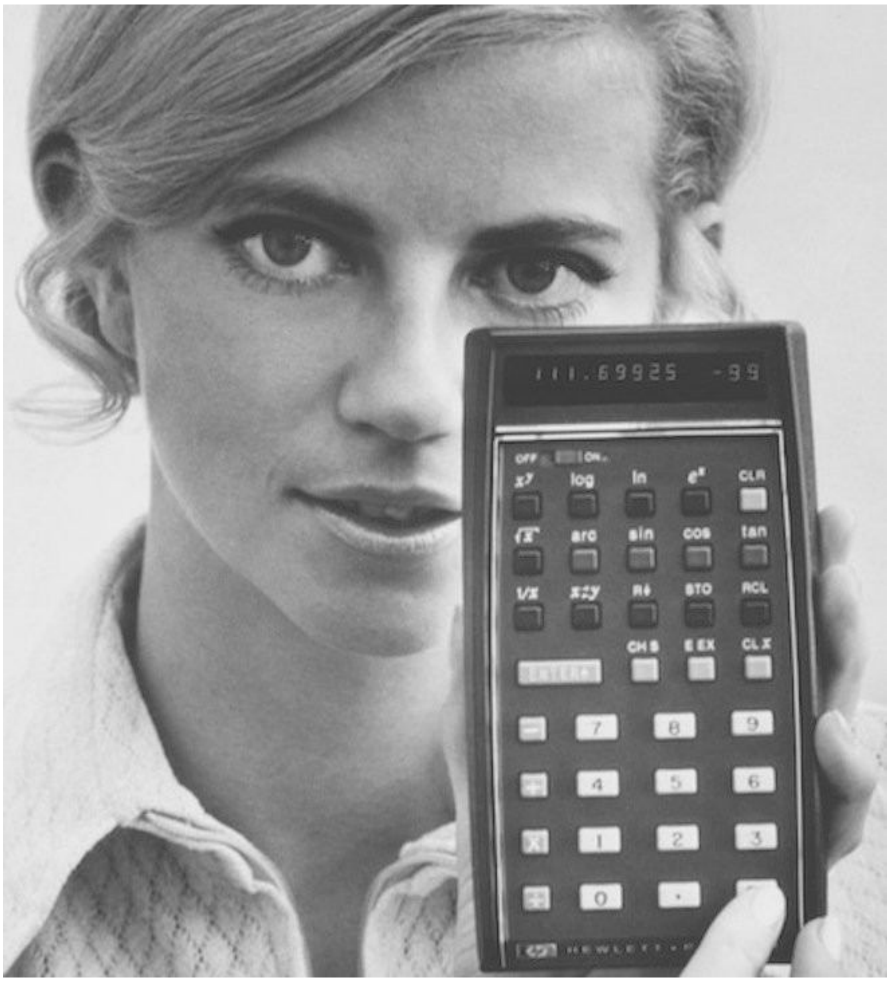
La prima calcolatrice scientifica moderna: HP 35, 1972

Poco tempo prima il presidente di una fabbrica di regoli dalla tradizione centenaria aveva dichiarato: *Qualunque siano le sfide del futuro noi forniremo sempre gli strumenti di calcolo per affrontarle*.
Mai parole furono meno profetiche: 2 anni dopo la sua azienda cessava l'attività ed i regoli, prodotti nel corso dei secoli in oltre 60 milioni di esemplari, uscivano dalla storia ma ...



Dal 1974 nelle missioni spaziali si utilizzò la nuova HP

... il nostro “eroe”, affidabile ed ecologico, è sempre indispensabile a piloti e militari e l'avventura forse non è ancora finita, come nel romanzo di fantascienza *“The feeling of power”* di Isaac Asimov che ipotizzando un ritorno agli antichi sistemi di calcolo si conclude con queste parole:
nove volte sette - pensò Shuman con profonda contentezza - fa sessantatré, e non ho bisogno che me lo venga a dire una calcolatrice. La calcolatrice ce l’ho nella testa. E questo gli dava un senso di potenza davvero esaltante.



The New HP Electronic Slide Rule Calculator

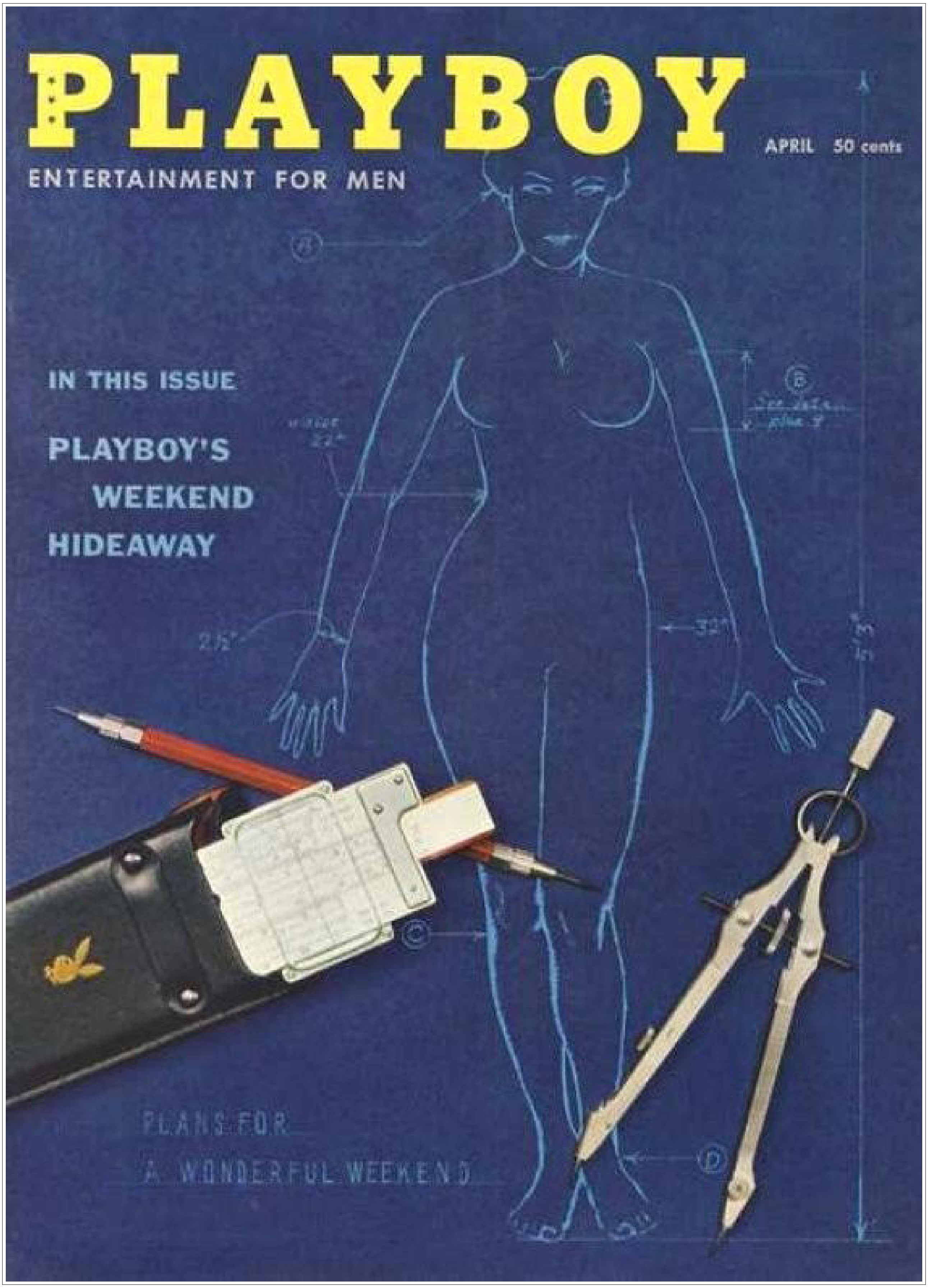
Niente nome per le prime calcolatrici, erano solo "regoli elettronici"

Scheda - La HP 35

La HP 35 stracciò ogni record, il volume di vendite fu 10 volte superiore al previsto nonostante il prezzo molto sostenuto, e per la sua velocità di diffusione venne ribattezzata *"l'assassina dei regoli"*. Con la pressione di un tasto si eseguono all'istante tutte le funzioni trigonometriche e logaritmiche mentre il display, a LED rossi che limitano la vita delle batterie a sole 3 ore, permette di calcolare fino a 10 cifre decimali. Era finito il tempo di cercare i risultati interpretando le scale e l'analogico non poteva sopravvivere.

Il nome 35 deriva dal numero dei tasti ma le prime serie non lo riportavano, inutile caratterizzare un prodotto in assenza di concorrenti! Il suo funzionamento è particolare: utilizza il principio logico della notazione polacca inversa (RPN), ideato negli anni '20 da Jan Łukasiewicz, che permette di descrivere qualsiasi formula senza utilizzare parentesi. Prima si inseriscono gli operandi e poi gli operatori: (4 + 5) x 6 si digita come 4 ENTER 5 + 6 x e quindi manca il tasto = al quale siamo abituati. Con la RPN è possibile effettuare le operazioni eliminando i problemi dovuti alle parentesi e alla precedenza degli operatori (prima la divisione, poi l'addizione ecc.). Per fare un esempio troviamo l'ipotenusa di un triangolo rettangolo coi lati di 3 e 4 cm: 3 ENTER↑ × 4 ENTER↑ × + x^y risultato 5. Col regolo è ben altro lavoro, non a caso la pubblicità prometteva:"*The only limits of the HP-35 are the limits of your own mind*".

Cavallo vincente non si cambia e la 35 rimane sempre in listino come HP 35s. Naturalmente il display è digitale ma conserva ancora tutte le caratteristiche di un tempo, compresa la notazione polacca inversa. Il logo però è riportato in bella vista: oggi la concorrenza non manca di certo!



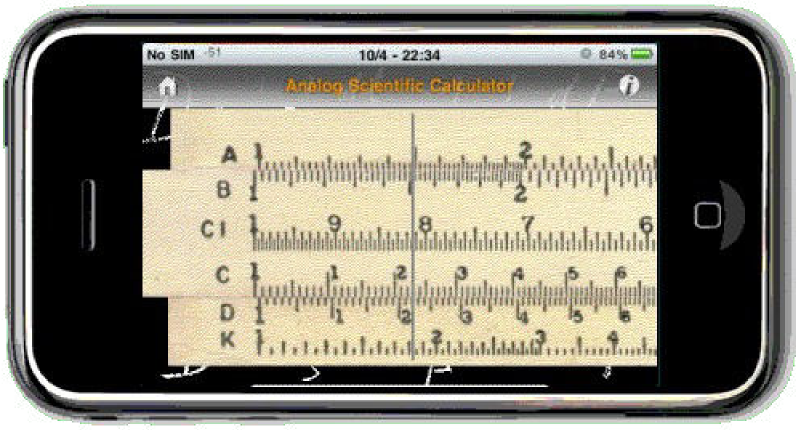
Il regolo era così conosciuto e compenetrato nella società da apparire sulla copertina di Playboy: i calcolatori possono essere anche sexy!

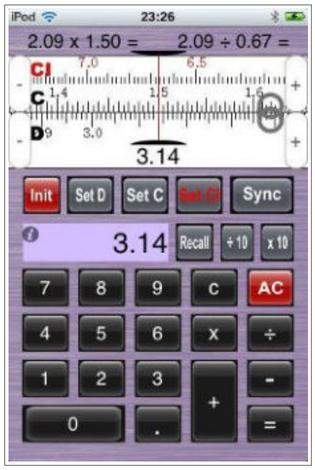
Conclusione

Siamo arrivati sulla Luna grazie a regoli calcolatori e pascaline ma oggi i ragazzi, che hanno nel cellulare maggior potenza di calcolo dei primi Shuttle, non superano facilmente gli esami di matematica.

Tutto il mondo ha problemi con le ultime generazioni di studenti ma solo in Italia si sente dire, con una punta di orgoglio, *"non capisco niente di matematica"*. Pochi la capiscono, solo noi però ce ne vantiamo! Negli anni '50 eravamo all'avanguardia nella progettazione dei grandi computer: il super calcolatore “CEP” di Pisa era apprezzato in tutto il mondo, i microprocessori sono stati inventati da Federico Faggin ed il primo “PC” commerciale fu costruito dalla Olivetti nel 1964. Venivamo ammirati come leader del settore, poi invece ...

.... siamo diventati un paese dove i ragazzi hanno spesso difficoltà con frazioni e decimali; una piccola inchiesta mi ha svelato che, per molti studenti, il risultato di 2 + 3 x 4 è 20, non 14! Con il regolo invece gli alunni diventano subito bravissimi mentre le pascaline aiutano i più piccoli a comprendere facilmente l'addizione e il riporto. Chi conosce il calcolo utilizzerà il computer come un telescopio, per guardare più lontano; chi lo ignora come gli occhiali, per supplire ad un difetto. Facile oggi coinvolgere i giovani nell'uso del regolo, basta scaricarlo come applicazione per smartphone: una forma accattivante per farlo apprezzare. Stanno inoltre apparendo calcolatrici ibride, dove la precisione digitale incontra la l'intuitività analogica, ma per esercitarsi bastano i regoli di carta che trovate nei miei *Sussidi Didattici*.





Regolo virtuale e calcolatrice ibrida per iPhone: l'analogico torna in veste digitale!

Gli antichi strumenti di calcolo non fornivano direttamente i risultati ma assistevano l'operatore durante il procedimento di calcolo e, sempre coscienti dei passi eseguiti, era difficile sbagliare. Grazie ad una calcolatrice modificata ho potuto osservare come invece oggi in pochi si accorgano di errori palesi e grossolani. Il display digitale non è *Parola Divina* ma va sempre osservato criticamente: non ci sostituisce, ci aiuta.

Ricordiamoci di quanti contribuirono a creare il mondo moderno sfruttando la tecnologia, non appoggiandosi ad essa. Spesso purtroppo la utilizziamo come l'alcolista fa con il lampione, per sorreggerci e non per farci luce.

Fermi e von Braun avevano un regolo meno potente di un qualsiasi telefonino ed il calcolo è ormai alla portata di tutti: quanti riusciranno a fare meglio?

Nicola Marras

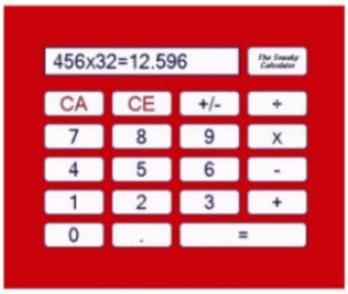
educational solutions Nicola Marras *make learning easier* www.nicolamarras.it

Warsztaty dla Nauczycieli

NAUKI PRZYRODNICZE NA SCENIE SCIENCE ON STAGE POLAND

Unplugged: świat przed ery cyfrowej

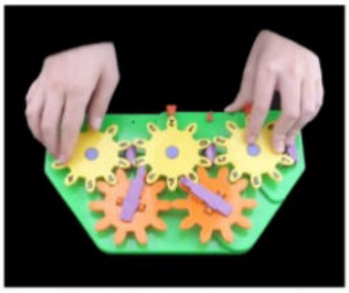
Nowe życie dla starych kalkulatorów: Zapewnienie przyszłości poprzez zachowanie przeszłości



You may have noticed the error ..

.. but not everyone care to check!

The old world was complex. How was it made without computers?



A lesson of old calculators keeps the students sharp and informed

I think teaching mathematics without teaching how calculations were made in the past is useless. This would be comparable to teaching history only from 1970.

Only a few minutes are required to communicate the existence of a world before computers, a world where Man reached the Moon!

- Nicola Marras
- Calcolatoria: educational solutions, exhibits and conferences on the history of calculus
- History of calculating devices, private collector of slide rules and mechanical calculators

Contact Information

www.nicolamarras.it
mail@nicolamarras.it
facebook.com/calcolatoria

The Lost Art of Numeracy

Nowadays calculations are delegated to electronic devices and the results uncritically read on the display, without any idea of how they are produced. People punch numbers into a calculator and expect it to provide the correct answer: the Art of Numeracy is no longer practiced and the world before computers almost forgotten. Now students learn mathematics being illiterate about its history, which is a false start.

Step Back to Move Forward

The electronic aids should not blindly be trusted, with the old calculating devices the operators were always aware of their actions and used to check the results.

Today instead many people think *"I don't need to check, the computer knows better than me"*. Sadly this is the base of the Authority Principle, which leads to mental slavery.

Not by chance democracy was born in the same country in which maths and geometry were born, but Scientific Thinking isn't a natural product of intelligence and must be cultivated steadily. A simple lesson about traditional calculation may help: a rational mind produces better decisions, better citizens and a better world.

With my e-book *"Was There Life Before Computer?"*, complete of educational material and *freely downloadable* from my website, the teachers can easily illustrate this history in their classroom.

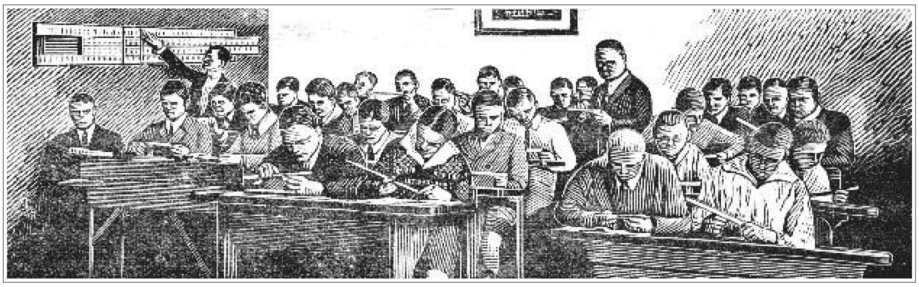
cagliari festivalscienza www.festivalscienzacagliari.it

arc.reglasdecalculo.org ARC

THE OUGHTRED SOCIETY WWW.OUGHTRED.ORG

against mindless use of computers

Presentazione per una fiera internazionale della scienza



Divulgare le antiche tecnologie

Mostre ed esposizioni

Allo scopo di preservare 300 anni di storia del calcolo organizzo mostre e conferenze dove regoli, pascaline ed aritmografi possono essere provati dal pubblico.

Dal 2008 presento annualmente la storia del calcolo nel contesto di *Cagliari Festival Scienza*. La mostra è sia museale che interattiva, in quanto il pubblico può provare gli strumenti; dal 2010 ho aggiunto una sezione dedicata alla navigazione astronomica e della comunicazione prima di Internet.

Nel 2013 e 2015 il mio progetto è stato scelto, insieme ad altri 11, per rappresentare l'Italia a *Science on Stage Europe*, la più importante fiera internazionale della didattica. La mostra è stata inoltre esposta a San Francisco, Londra, Berlino, Poznań, Delft, Trento ecc.

Obbiettivi didattici:

- suscitare curiosità sugli antichi calcolatori ed illustrarne la storia;
- chiarire la differenza fra digitale ed analogico;
- insegnare il funzionamento di aritmometri, pascaline e regoli;
- spiegare le differenze fra i metodi di progettazione antichi e moderni;
- dimostrare come sia indispensabile *utilizzare criticamente* calcolatrici e computer.

Il tempo necessario è di ca. 20 minuti per un gruppo di una decina di visitatori. L'età non è importante in quanto per i più piccoli eseguo un programma ridotto, ma i risultati migliori si ottengono coi ragazzi delle scuole medie e superiori. L'esibizione è anche adatta ad un pubblico adulto.

Credo inoltre che non sia possibile insegnare la matematica a chi ignora come i calcoli venissero eseguiti prima dell'avvento dei computer: sarebbe come insegnare la storia cominciando dalla Rivoluzione Industriale! Con gli ausili didattici, scaricabili gratuitamente dal mio sito www.nicolamarras.it, gli insegnanti possono facilmente illustrare le antiche metodologie di calcolo.

Scheda - Quintino Sella

Nonostante il primo strumento di calcolo analogico sia stato costruito proprio in Italia da Galileo Galilei, il regolo calcolatore rimase a lungo sconosciuto nel nostro paese e vi fu introdotto solo alla fine dell'800 da Quintino Sella, uno studioso ancora oggi apprezzatissimo all'estero e da noi quasi dimenticato.

Scienziato rigoroso, politico accorto, intellettuale raffinato, sportivo appassionato, industriale di successo. Fu grazie a queste poliedriche qualità di Quintino Sella, per tre volte Ministro delle Finanze, che il neonato Regno d'Italia riuscì a raggiungere il pareggio del bilancio acquisendo credibilità nei consessi internazionali.

Prima di dedicarsi alla politica Sella fu docente di geometria, poi professore di matematica e di mineralogia. Fra il 1854 e il 1861 si concentrò nello studio della cristallografia e per questi suoi lavori gli fu dedicato un minerale: la Sellaite.

Appassionato alpinista fu a capo della prima spedizione che raggiunse la vetta del Monviso, a quota 3.841, e promosse la costituzione del Club Alpino Italiano.

La sua opera *"Teorica e pratica del regolo calcolatore"*, del 1859, diede un contributo essenziale all'introduzione di questo strumento nel nostro paese. Considerato un modello didattico il volume ebbe vasta diffusione in Italia ed all'estero.

Sella, membro del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione dal 1859, promosse importanti iniziative scientifiche e culturali, volte ad indirizzare la scuola e la ricerca scientifica del paese verso una prospettiva europea.

Quintino Sella: la sua scrivania è oggi utilizzata dal Ministro dell'Economia

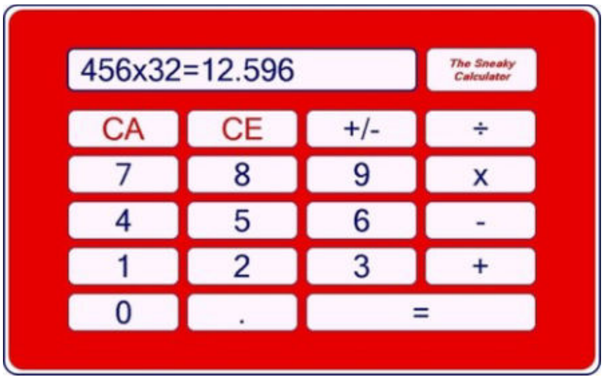
Considerava la scienza un veicolo di comunicazione fra i popoli da porre fuori dall'ingerenza della politica e durante un discorso alla Camera sostenne:

"Bisogna avviare i giovani alle scuole e poi dargli i più alti uffizi che si possano affidare all'umanità. Dunque io dico fuori i lumi! Questo deve essere il nostro intento, né solo a Roma ma in tutto il Paese."

Un programma valido ancora oggi.

Antichi calcolatori e democrazia

Ormai il calcolo è delegato esclusivamente ai computer e i risultati vengono spesso letti acriticamente sul display, senza alcuna idea di come vengano prodotti. E' una cattiva abitudine, il display digitale non è *"ipse dixit":* gli studenti devono imparare a controllare e valutare criticamente il loro lavoro.



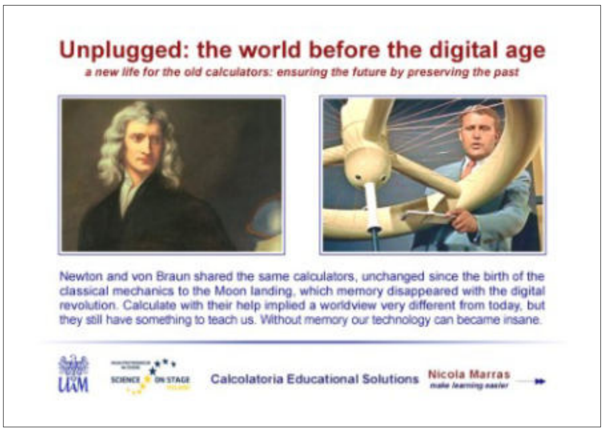
Questo risultato è sbagliato, vi siete accorti? Ma non tutti controllano ...

Con gli antichi strumenti di calcolo l'operatore era sempre cosciente delle varie fasi del procedimento, sviluppando una mentalità di stima e controllo che si estendeva in tutti gli aspetti della vita.

Oggi invece in molti pensano: *se lo dice il computer deve essere giusto, lui sa meglio di me*. Purtroppo credere *"quello che esperti sostengono deve essere vero"* induce alla sudditanza mentale: grazie ad una calcolatrice, modificata per commettere errori, ho notato come in molti credano a risultati palesemente fuori contesto senza porsi domande. Saranno mai futuri scienziati o cittadini consapevoli?

Considerare l'insegnamento dei vecchi calcolatori come fondamento della democrazia può sembrare eccessivo, ma nessuno può essere un cittadino libero senza essere conscio delle sue azioni e pronto a metterle in discussione.

Non a caso la democrazia è nata in Grecia, patria della matematica e della geometria, ma un uso irrazionale di calcolatrici e computer può indurre a premere i tasti senza ragionare. La mentalità scientifica non è un prodotto naturale dell'evoluzione, ma va coltivata costantemente.



Conferenze sulla storia del calcolo

E'utile anche rimarcare come i metodi di progettazione siano cambiati nel tempo: per disegnare il ponte di Brooklin bisognava avere in mente sin dall'inizio il prodotto finito. Tutto doveva essere calcolato a mano e non si poteva disperdere tempo in idee alternative.

Oggi invece possiamo inserire nel computer 1000 proposte diverse e verificare in pochi minuti quale sia fattibile. Al limite inseriremo dati a caso fino ad avere l'OK dal computer per la costruzione. E' molto diverso: prima c'erano numerosi ingegneri esperti, oggi basta un super-programmatore ed una moltitudine di semplici utilizzatori.

OnLine: il World Wide Web prima di Internet

In the 19th Century, the communication revolution began: real time society became an ancient affair!

'Presto una rete di connessioni coprirà il mondo, diffondendo alla velocità del pensiero la conoscenza di tutto ciò che succede, e il nostro pianeta diverrà un piccolo quartiere.'
(Samuel Finley Morse, 1838)

Il mondo interconnesso

e la cultura della condivisione istantanea sono nati nel 1800, quando le notizie viaggiavano in tempo reale sulle linee telegrafiche.

The culture of instant information sharing was born in the 1800s. Back then, news would have already traveled in real time over the telegraph network.

Nel secolo scorso,

si poteva già chattare online con la rete HAM Radio, creata da esperti appassionati.

A lato: *il futuro del Wi-Fi* come era immaginato nel 1930.

In the last century you could chat online by means of HAM Radio, a network entirely built by hobbyists.

Picture: a 'smartphone' as it was imagined in the 1930s.

Oggi,

siamo sempre connessi, ma le comunicazioni centralizzate sono vulnerabili: nelle catastrofi naturali solo l'affidabilità dei vecchi sistemi può assicurare i collegamenti ai soccorritori.

La rete HAM è sempre indispensabile nelle emergenze ma queste tecnologie, un tempo all'avanguardia, sono quasi dimenticate. Come verranno ricordate le nostre nel futuro?

Being connected at all times is now considered a right. However, the systems may eventually fail and leave us isolated. Only the HAM network can provide emergency communication links. When we re-discover these outdated technologies, we should ask ourselves: how our present world will be viewed in the future?

Immagini: *BC*, © & TM Ida Hart Trust; *Indian Smoke*, © HikingArtist.com; *Drahtloses Privattelefon und Fernseher*, Echte Wagner Margarine Album Nr 3, Germania 1930.

In memoria degli operatori IS1EH IS1EHM I1BV Pionieri della HAM Radio

cagliari festivalscienza

E.R.A. European Radioamateurs Association Telecomunicazioni Emergenza Volontari Protezione Civile

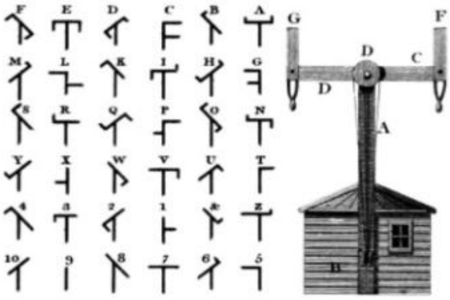
@beforeweb

educational solutions Nicola Marras *make learning easier* www.nicolamarras.it

Manifesto per mostra sulla comunicazione prima di Internet, segue il programma dell'evento illustrato coi poster esposti

Alla ricerca del Tempo Reale

Nell'antichità le comunicazioni rapide a distanza si effettuavano con segnali di fuoco o fumo. I Romani costruirono una *rete* di torri che *copriva* tutto l'Impero: Giulio Cesare riceveva i messaggi da Londra in meno di un giorno e questo sistema rimase in uso per ca 2.000 anni.

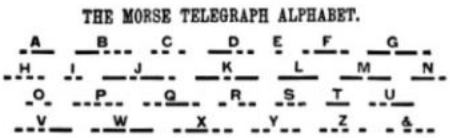


Alla fine del 1700 il francese Claude Chappe inagurò fra Parigi e Lille (200 km) le stazioni del *Sémaphore* (portatore di segnali), posizionate in vista una dell'altra. Alla loro sommità si trovava un lungo asse orizzontale, ai cui estremi erano imperniati 2 bracci. Un codice dava la corrispondenza tra le posizioni e le lettere dell' alfabeto. Napoleone costruì centinaia di postazioni facendone il sistema di comunicazione ufficiale dell'Impero.

Dal 1850 il sistema venne disattivato, ma i *Sémaphore* costieri sono rimasti attivi, anche in Italia, fino al 1965 circa.

Fuochi e *Sémaphore* sono utilizzabili solo da enti statali o militari e da sempre si cercavano alternative. Galileo e altri scienziati ipotizzarono sistemi ad aghi magnetici, *'per parlare lontano due o tre miglia'*, ma solo nel 1820 Andrè Marie Ampère riuscì a far ruotare elettricamente una calamita. Basandosi su queste teorie vennero subito costruiti apparecchi ad aghi o a quadrante, troppo complessi per avere successo.

'What hath God wrought'



Nel 1844 Samuel Morse riuscì a trasmettere da Washington a Baltimora la frase: *questo è un dono di Dio*. La comunicazione in tempo reale sembrava uno strumento di pace inviato dal Cielo: *'Non c'è più nulla da inventare'* si disse, *'solo come conoscere le notizie prima ancora che accadano'*.

Il suo *'Telegrafo'* (scrittore a distanza) era semplice: l'impulso elettrico comandato da un tasto attivava un elettromagnete, che attirando una barretta metallica produceva un suono o lo marcava su un nastro di carta. A fianco un apparecchio sonoro del 1870.

Morse elaborò un codice in cui le lettere sono rappresentate da gruppi di punti e linee, o suoni brevi e lunghi che potevano anche essere scritti da una penna collegata al magnete. La rivoluzione delle comunicazioni è cominciata con una calamita.

I continenti vennero ricoperti da una rete di cavi telegrafici e i messaggi viaggiavano in secondi invece di impiegare settimane. Questo dipinto di George Ottinger raffigura l'ultima corsa del *Pony Express* nel 1861: la posta inviata a cavallo apparteneva ormai al passato e la comunicazione era diventata accessibile a tutti.

Nel 1857 si collegarono gli USA e la Gran Bretagna con un cavo sottomarino, poi si arrivò in Australia e i tempi di comunicazione con Sydney passarono da 6 mesi a 6 minuti. La madre di tutte le reti moderne era terminata: iniziava il *World Wide Web*.

I frutti del telegrafo

Nel 1860 fu introdotto lo *Stock Ticker*, che trasmetteva in diretta le quotazioni azionarie consentendo operazioni fra le borse dei vari continenti e lo sviluppo della globalizzazione. Cambiò il concetto di privacy: i messaggi venivano distribuiti passando per molte mani e la riservatezza non era più garantita.

La storia continua con il telefono, la radio e le moderne tecnologie, ma poche innovazioni hanno avuto lo stesso impatto della telegrafia sulla società. La nostra percezione di tempo e distanza è nata nel 1800.

Immagini: *Chappe's Telegraph*, litografia di J. Farey Jr. pubblicata nella nella *Rees's Cyclopædia* Vol. IV, London 1804; *Bunnel Telegraph*, Bullock Texas State History Museum; *The Morse Code*, Manual of Telegraphy, J.H. Bunnell & Company, New York 1900; *The Last Ride of the Pony Express of 1861*, George M. Ottinger 1873, private collection.

La nascita della rete

Per creare una rete mondiale era necessario collegare i continenti. Nel 1857 si cominciarono ad unire Europa e America con un cavo di 2.600 tonnellate, diviso in due parti caricate sulla US Niagara e sulla HMS Agamemnon (a sx). Questa linea, posata ad oltre 4.000 metri, si rompeva spesso a causa del suo peso e doveva essere ogni volta recuperata e riparata. L'impresa riuscì nel 1858, al terzo tentativo.

I segnali impiegavano diciassette ore ad arrivare, all'epoca erano sconosciuti i problemi causati dall'impedenza in un cavo immerso nell'acqua. La inesperta gestione del sistema causò la rottura dell' isolamento dopo appena un mese.

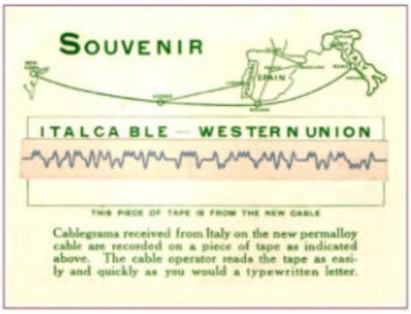
Il Governo Britannico incaricò Lord Kelvin di studiare le basi della conduttività elettrica. Venne costruito un nuovo cavo: l'isolante era in gomma naturale o *guttaperca* e la matassa, lunga ben 4.300 km doveva essere conservata in una stiva piena d'acqua per evitarne il deterioramento con l'aria.

L'unica nave capace di trasportarlo fu il *Great Eastern* (a sx), le cui caldaie a vapore sviluppavano ca 6 megawatt: quanto una nave moderna. Qui a sinistra è ritratto mentre recupera un cavo danneggiato.

Il nuovo cavo, terminato nel '66, fu celebrato come *l'Ottava Meraviglia*. L'impresa era durata 9 anni, al costo di ca 17 miliardi in dollari attuali; nel '72 la linea arrivò a Sidney, tagliando i tempi di comunicazione con Londra da 6 mesi a 6 minuti.

I cavi italiani

L'Italcable, oggi Telecom, venne fondata con capitali raccolti fra la comunità italiana in Argentina nel 1921. In 4 anni furono completate le linee *Anzio - Malaga - Azzorre - New York* e *Malaga - Las Palmas - Rio de Janeiro - Montevideo - Buenos Aires*. L'Italia aveva una delle più estese reti telegrafiche del mondo.



Le linee italiane nel 1925, sezioni del cavo originale e di un modello del 1970; cartolina ricordo, il testo del nastro è: italcable - western union. I punti e linee del Codice Morse sono rappresentati come picchi e cavi di una sinusoide.

I cavi erano in parte forniti dalla Pirelli, leader nel settore dal 1887. Posarli attraverso l'Atlantico fu anche compito della nave *Città di Milano II*, nota per aver assistito il dirigibile *Italia* di Umberto Nobile nell'Artico. Abbiamo sempre un posto prominente in questo settore e produciamo i migliori cavi sottomarini in fibra ottica. La velocità di trasmissione non è più di 8 parole al minuto, ma di 13 terabits per secondo.

Le linee transoceaniche oggi

I cavi sottomarini gestiscono ancora il 99% dei dati. I satelliti di comunicazione orbitano a oltre 36 mila km di altezza e un segnale inviato da Roma e New York deve percorrere 70.000 chilometri in più della distanza reale, perdendo ca. ¼ di secondo: un ritardo, o *latenza*, accettabile per la fonia ma eccessivo per i servizi online. La trasmissione è invece quasi istantanea via cavo ottico. I vecchi sistemi sono duri a morire.

Immagini: *HMS Agamennon layng the Atlantic telegraph cable - Great Eastern launching buoy*, litografie di R.M. Bryson da disegni di R. Dudley, dal libro di W.H. Russsell *The Atlantic telegraph*, Day & Sons Ltd, London, 1865; *Cartoline Italcable*, 1950 - *Cavo Pirelli, 1925*, collezione N. Marras; *Cavo SIRTI, 1970, collezione* E.R.A.; *Say It By Cable*, Him e Le Witt, 1951, da atlantic-cable.com.

Il telegrafo in Italia

Carlo Matteucci introdusse il telegrafo tra Pisa e Livorno nel 1847 e le reti telegrafiche si svilupparono rapidamente negli Stati Preunitari: nel 1857 c'erano già oltre 12.000 chilometri di linee. Gli impianti però differivano per tecnica e procedure: un telegramma spedito da Napoli a Milano passava ben 5 frontiere venendo ogni volta letto, riscritto su nuovi moduli e inviato al prossimo confine dove ricominciava la trafila. Se non veniva bloccato dalla censura impiegava circa 50 ore.

'Obbedisco'

fu la laconica risposta inviata da Garibaldi il 9 agosto 1866 per telegrafo al Generale La Marmora, che gli aveva intimato di fermare l'avanzata su Trento nella terza guerra di indipendenza.

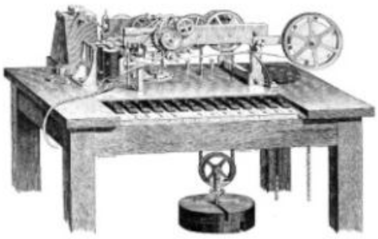
Garibaldi apprezzava questo sistema di comunicazione, molto simile ai moderni *tweet*, di cui diceva:

'Non parvi che il telegrafo abbia anch'esso la sua poesia?

Quello stile reciso, a spinte, anelante, è veramente quello che conviene a questa spedizione (dei Mille).

Colui che non la descrive coi telegrammi non sa proprio quel che noi si fa'.

L'Eroe fu uno dei primi ad utilizzare il telegrafo in combattimento, comunicando tramite messaggi cifrati ed inviando notizie fuorvianti sull'esito degli scontri. Con lui comincia la moderna guerra dell'informazione.



Tariffa Telegrafica per l'Interno

Telegramma	ordinario di 8 parole . .	L.	2.10
»	ogni parola in più . .	»	0.25
»	con risposta pagata di 10 parole	»	4.60
»	ogni parola in più . .	»	0.25
»	urgente di 8 parole . .	»	6 10
»	ogni parola in più . .	»	0.75
»	per vaglia telegrafico. .	»	3.—
»	» » » urgente	»	9.—

Telegrafo Hughes utilizzato a Torino,1857; Tariffa Telegrafica del 1920; il Multiplex a Milano, 1886.

Il telegrafo, cemento dell'unità di Italia

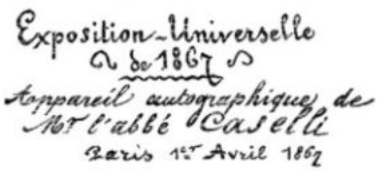
Alla nascita dello Stato Italiano si unificarono le attrezzature, adottando il sistema Morse e sostituendo il materiale preesistente. Un lavoro titanico affidato dal 1889 al Ministero delle Poste e Telegrafi. Alla fine dell'800 vi erano 50.000 Km di linee con oltre 4.200 uffici e 6.000 apparati, raddoppiati già nel 1905.

Il servizio telegrafico non era economico, 2 lire del 1920 equivalgono a ca. 4 euro attuali, ma un operaio guadagnava 300 lire al mese, un impiegato 650 e un professore 850.

Tecnologie d'avanguardia

Nel 1800 il nostro Paese era estremamente ricettivo alle nuove tecnologie, le ristrettezze economiche impedirono purtroppo lo sviluppo di molte scoperte. Ecco le principali.

La Sardegna fu collegata dal 1855 col secondo cavo sottomarino realizzato al mondo, subito seguita da Sicilia, Elba e la Pirelli cominciò già in quegli anni la costruzione di suoi cavi telegrafici subacquei.



Nel 1856 si testò in Toscana il *pantelegrafo* di padre Giovanni Caselli, che convertiva la grafica in impulsi elettrici inviabili sulla linea telegrafica. Gioacchino Rossini trasmise con questo primordiale *fax* alcuni spartiti, ma per mancanza di fondi l'apparecchio fu venduto in Francia nel 1862. A sinistra un *pantelegramma*.

La banda larga fu inaugurata nel 1877, collegandosi con la Francia tramite il telegrafo Multiplex, che pochi anni dopo permise le operazioni istantanee fra le borse di Milano e Parigi.

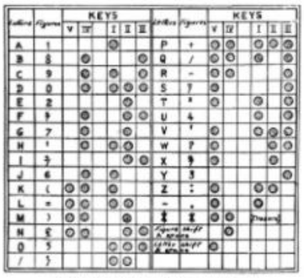
Immagini: *The Hughes telegraph*, Popular Science Monthly, 1873, Vol. 3; *5 needles telegraph*, Cooke & Wheatstone, fonte sconosciuta; *Tariffa Telegrafica*, cartolina stampata ella C. Poggi, Genova 1920; *Apparecchio Baudot*, E. Ximenes, L'Illustrazione Italiana, 1893; *Exemple d'écriture du pantélégraphe Caselli*, L. Figuier, Les Merveilles de la Science, Tome 2, Jouvet, Paris, 1867-91.

La banda larga digitale

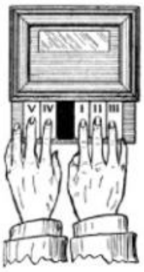
La banda larga nasce nel 1874 col telegrafo Multiplex, inventato dal francese Emile Baudot, che utilizza il primo codice digitale a 5 bit poi evolutosi nella moderna codifica ASCII tuttora in uso.

Con questo sistema diversi operatori possono trasmettere contemporaneamente sulla stessa linea. Il termine *baud*, coniato in onore *di Baudot,* indica oggi il numero di *dati/sec* trasmessi sui canali digitali.

Il messaggio veniva battuto con una speciale tastiera, che lo trasformava nel codice perforandolo su nastro su nastro prima di inviarlo. L'apparato ricevitore lo decodificava automaticamente, stampandolo su una striscia di carta che veniva poi incollata al modulo telegramma. E' il prototipo della telescrivente.



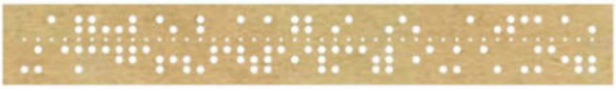
Il Codice Baudot

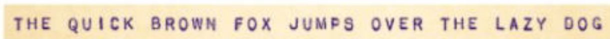


La tastiera

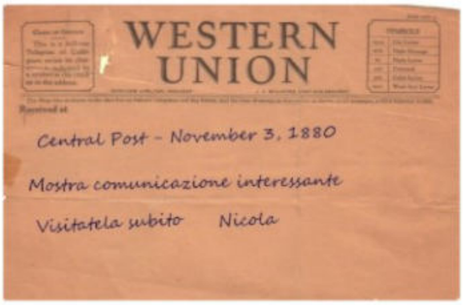
Fu impiegato per il primo collegamento internazionale italiano del 1877 con la Francia e alla fine del secolo nelle operazioni in tempo reale fra le borse di Milano e Parigi.

E' rimasto in servizio 90 anni, scrivendo i messaggi alla velocità di 2.000 *parole/ora.* Non si inceppava neppure col *pangramma* (frase contenente tutte le lettere dell'alfabeto) usato per testare le telescriventi, che negli esempi qui sotto vediamo perforato in codice sul nastro di trasmissione e come appare stampato sul nastro ricevente.





Il telegramma



Non basta che i messaggi viaggino rapidi, devono anche poter raggiungere subito il destinatario. Il testo, inviato in Morse, all' arrivo era decodificato e trascritto sul modulo del *telegramma* che il postino recapitava immediatamente. Spesso arrivava dopo soli 15 minuti dall'invio.

Dal 1861 infatti, presso gli uffici postali italiani, venne istallata una stazione telegrafica e in pochi anni diventarono oltre 10.000, in altri paesi la consegna era effettuata da corrieri in bicicletta.

I telegrammi vengono denominati *cablogrammi* se inviati via cavo sottomarino, *marconigrammi* se via radio, *fonogrammi* se dettati al telefono e *lettere radiomarittime* se trasmessi da una nave. A fianco un telegramma del 1880 in facsimile e corrieri a Norfolk, in Virginia, nel 1911.

Si pagava a parola inviata, ma esistevano codici per scrivere intere frasi usandone molto poche. Per esempio: *'belab sal plain granmatin pass 095'* significava: *'arriveremo il 9 maggio dopo le 22, riservateci 2 doppie standard con bagno per una notte'.* Un bel risparmio, ma il testo più breve fu scritto da Victor Hugo per chiedere all'editore come andavano le vendite del suo libro: "?" e la risposta fu "!". Telegrafare era caro ...

L'ultimo telegramma degli Stati Uniti fu spedito nel 2006 ed oggi il servizio telegrafico è sospeso quasi ovunque. Rimane attivo solo in Italia e pochi altri paesi, ma è sempre possibile inviare un iTelegram via internet: sarà consegnato a mano come una volta, quando l'unico *tweet* era il campanello del postino.

Immagini: *The Baudôt Printing Telegraph System*, H. W. Pendry, Sir Isaac Pitman and Sons Ltd, London, 1919; *Nastri telegrafo e telegramma*, collezione N. Marras; *Child messengers*, Library of Congress.

Il nuovo Olimpo della modernità

Nel 1800 la tecnologia trasformò il mondo e si pensava che inventori e scienziati fossero ispirati da Dio per diffondere pace e prosperità. *L'Apoteosi di Washington*, grandioso affresco nel Palazzo del Congresso USA, è un esempio di come venivano rappresentati.

L'opera fu eseguita in 25 anni da Costantino Brumidi (1805-1880), che aveva lavorato per Gregorio XVI e i principi Torlonia. Il suo affresco, di 400 metri quadri, è ispirato ad immagini classiche dipinte in modo molto realistico. Brumidi, soprannominato *il Michelangelo d'America*, era maestro nel creare l'illusione della tridimensionalità.



Costantino Brumidi: Minerva con Benjamin Franklin, Robert Fulton e Samuel Morse; visuale generale della cupola, alta 90 metri, dipinta fra il 1835 e il 1860; Nettuno e Venere posano il cavo telegrafico transatlantico.

Gli uomini che rivoluzionarono il modo di comunicare erano quasi venerati. Una vetrata della chiesa di *All Saints* a East Budleigh, Inghilterra, commemora il comandante della nave *Agamennon* che posò il cavo telegrafico intercontinentale nel 1858. Vi è raffigurato Gesù che placa le acque mentre viene steso il primo filo del WEB, l'iscrizione ricorda: *primo unì Europa e America*. Un'impresa titanica per quei tempi, come verranno ricordati gli attuali giganti della tecnologia?

'Arte e Scienza non si oppongono'

Era l'opinione di Samuel Morse, inventore del telegrafo, pittore e fondatore della National Academy of Design di New York. Visitò a lungo l'Italia, dove prese ispirazione dai maestri del Rinascimento, ma smise di dipingere nel 1840. Sosteneva infatti: *l''arte, crudele, mi ha lasciato'*.

Per il resto della vita si dedicò alla comunicazione. Desiderava coprire il mondo con '*una rete di nervi che possano diffondere, alla velocità del pensiero, la conoscenza di tutto ciò che succede sulla terra per rendere il nostro pianeta un solo quartiere'*. L'ispirazione non lo aveva abbandonato del tutto: il moderno villaggio globale è nato con lui.



Costantino Brumidi: Il telegrafo unisce America ed Europa,1862; Daniel Huntington: Ritratto di Morse, ca. 1865; John Gast: America porta il progresso stendendo i fili del telegrafo, 1872.

Immagini: *The Apotheosis of Washington*, Costantino Brumidi, foto da USCapitol; *Cupola del Congresso*, foto da www.japantimes.co.jp; *Telegraph*, Costantino Brumidi, foto da www.learnnc.org; *Portrait of Samuel Morse*, Daniel Huntington, foto scaricata da Wikipedia; *American Progress*, John Gast, foto di Jared Farmer scaricata da Wikipedia.

Ham Radio: il primo Social Network

FRIENDS THEY NEVER MEET

ACQUAINTANCES MADE BY THE TELEGRAPH KEY.

CONFIDENCES EXCHANGED BETWEEN MEN WHO HAVE NEVER SEEN EACH OTHER—THEIR PECULIAR CONVERSATIONAL ABBREVIATIONS.

Con l'invenzione del telegrafo gli operatori cominciarono a *chattare*, creando la prima rete virtuale. Le emozioni erano comunicate dallo stile nel trasmettere, chiamato *polso*, allora riconoscibile come oggi la voce. I *tweet* sono forse più anonimi.

A fianco un titolo dal New York Times del 1890, che parla di questa moda di connettersi con sconosciuti, la condivisione immediata delle emozioni non è nata oggi.

Amici di tasto

Dal 1930 si sviluppò una rete informale di appassionati, chiamati HAM (amatori), che si connettevano via radio creando dei circoli di chat. I regolamenti consentivano solo discussioni di carattere tecnico, ma per la prima volta si poteva comunicare liberamente in un mondo allora diviso da impenetrabili barriere politiche. Si crearono forti amicizie virtuali e spesso i radioamatori viaggiavano per incontrarsi.



Radioamatori degli anni '50: Maria Marras, presidente della sezione radioamatoriale di Cagliari, al centro col fratello Giovanni ed un ospite inglese in visita; a dx i loro amici Elias Raffoul e Youssef Shkeir trasmettono dalla Palestina.

Macchinari giganteschi

Le apparecchiature erano costose e si costruivano spesso in casa, A destra il Dott. Giovanni Marras nel 1948, con la sua stazione radio quasi interamente autocostruita. Gli appassionati più esperti venivano chiamati OM (old man).

I radioamatori sono sempre al top della tecnologia ed associandosi inviano regolarmente in orbita i loro satelliti di comunicazione già dal 1961. Nonostante Internet la rete HAM continua a crescere e fornisce le comunicazioni di emergenza alla Protezione Civile.

Radioamori

INFINITE LE STRADE DELL'AMORE

Ha trovato il principe azzurro attraverso le onde dell'etere

Il Giornale d'Italia, 21/08/1952

IL PRINCIPE ARABO E LA STUDENTESSA ITALIANA

DUEMILA CHILOMETRI DI VOLO per conoscere una radiodilettante

Il Corriere della Sera, 21/08/1952

'Si ha un bel dire che il romanticismo è morto' scrivevano i giornali nel 1952*' ma cosa c'è di più romantico di questi radioamatori che si cercano e si innamorano attraverso le vie dell'etere?'*

Gli articoli si riferivano al sentimento nato via radio fra un principe arabo e la radio operatrice Maria Marras, una storia al tempo molto nota ma purtroppo ostacolata dalle differenze di religione.

La radio unì il mondo, non solo con la diffusione delle le notizie ma consentendo il dialogo fra gente di culture diverse. In questo modo si formò la prima rete di informazione ed opinione, oggi Internet.

New York Times, 30 novembre 1890; foto dalle collezioni di Nicola Marras, www.nicolamarras.it, e Antoine Raffoul; Il Giornale dItalia , 21 agosto 1952; Il Corriere della Sera , 21 agosto 1952.

La condivisione delle emozioni

L'abilità nel collegarsi con stazioni lontane è un punto di orgoglio e i radioamatori si scambiano conferme dei loro contatti tramite una cartolina, chiamata QSL. Il termine è una dicitura del *codice Q*, utilizzato nelle trasmissioni radio, che significa: *confermo il collegamento*. Non molto diverso dal *like* che si usa oggi.

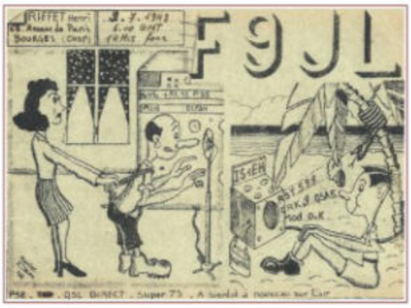
Per compilare correttamente la cartolina bisogna annotarvi:

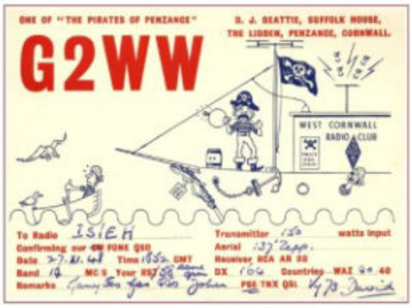
- codice alfanumerico della stazione radiofonica (es. IS1XAB) e i propri dati anagrafici;
- luogo, data e ora del collegamento;
- frequenza o banda d'ascolto e qualità del segnale;
- caratteristiche del trasmettitore, del ricevitore e dell'antenna.

La conferma permette di ottenere diplomi che certificano la bravura nel collegarsi con particolari località.

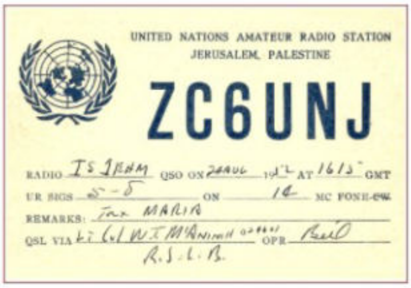
Le cartoline QSL sono una espressione della creatività del mittente, raccogliere le più interessanti è un hobby anche fuori dalla cerchia dei radioamatori.

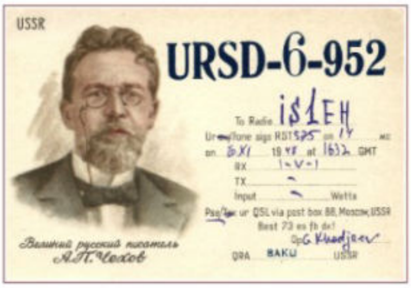
Sardegna; Nuova Amsterdam, una delle isole più sperdute al mondo; Stato dell'Indiana.





Molte cartoline hanno temi divertenti o scherzosi. Il political correct una volta non esisteva.



Arabia Saudita; Palestina; Unione Sovietica: non era facile avere contatti con questi paesi ed oltre la cortina di ferro.

Oggi è anche possibile confermare il collegamento via internet ma le vecchie QSL, che si attendono con ansia da paesi lontani, sono i migliori ricordi di una piacevole conversazione con un nuovo radio amico. I social media non hanno inventato nulla.

Immagini: *Cartoline QSL inviate a Maria Marras*, dalla collezione Nicola Marras, www.nicolamarras.it.

Le amicizie virtuali nel '900

Maria Marras IS1EHM di Cagliari ed Elias Raffoul, OD5AJ di Haifa, si collegavano spesso durante gli anni '50 del novecento. All'epoca non era facile comunicare con il Libano, dove si era rifugiata la famiglia Raffoul esule dalla Palestina occupata, ma la radio univa il mondo passando sopra reticolati e frontiere.

Le loro famiglie sono sempre in contatto: i rapporti virtuali non sono secondi a nessuno!


Foto e cartoline QSL coi nominativi radio scambiate fra Maria ed Elias nel 1955: Facebook ante litteram!

Nel 1952 il principe Talal Aziz Al Saud venne a Cagliari col suo aereo privato per conoscere la Dott.ssa Maria Marras, amica di radio, portando in dono un'antenna più costosa di una Ferrari.

L'incontro fece molto scalpore, gli *amori elettronici* erano una novità ed alla storia venne dato risalto in tutto il mondo. Fra i due ci fu più che una simpatia, ma le differenze di religione non permisero lo sviluppo dei loro sentimenti.

Oggi le cose sarebbero più facili, ma interessante notare come Maria potesse essere amica di arabi e palestinesi, un fatto al tempo inconcepibile. Questo articolo dell'epoca ci mostra in che luce venivano visti i radioamatori:

Cosa c'è di più romantico di questi radioamatori, che si cercano, si parlano e si innamorano attraverso le vie dell'etere? il principe Talal è venuto dall'Arabia in Sardegna per vedere la sua corrispondente, di cui conosceva solo la voce.

Come andrà a finire non sappiamo. Ciò che importa è che, in questi tempi di macchine, di dollari, di scetticismo, sia proprio la radio, prodigio tanto calunniato, a far rinascere un po' di romanticismo.



Maria con un vestito arabo dono del principe, il suo ritratto accanto alla radio e Talal Aziz a Cagliari.

L'amore elettronico farà strada: i radioamatori, poeti che vegliano per captare le voci vaganti nell'etere e intrecciare le poche conversazioni permesse dai governi sospettosi, cercheranno le loro anime gemelle o almeno sintonizzate. E naturalmente si moltiplicheranno le radioamatrici, che non sogneranno i provini e le scritture di Hollywood ma il nuovo eroe del futuro: il Radioamatore Azzurro!"

Il testo riportato in alto è una libera riduzione ed interpretazione dell'articolo intitolato *'Amori Elettronici'*, pubblicato sulla *Domenica del Corriere* il 7 settembre 1952 e firmato *'Il Maldicente'*. Foto dalle collezioni di Nicola Marras e Antoine Raffoul, ritratto di O. Calderisi che illustra il racconto *'Due voci attraverso l'etere'*, pubblicato su *La Tribuna Illustrata* il 7 ottobre 1956.

L'era dei Makers

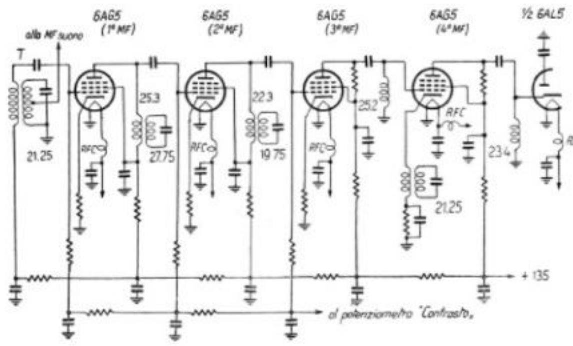
Un tempo l'elettronica non era disponibile sul mercato a prezzi economici, cominciava l'epoca dei *Makers*, in grado di costruirsi da soli in casa i prodotti tecnologici spesso modificandoli secondo le proprie esigenze, e di capire la base teorica del loro funzionamento.

Le riviste pubblicavano gli schemi degli ultimi ritrovati e i componenti per realizzarli si reperivano facilmente. Il livello di finitura era alto, superiore ai prodotti industriali: i *makers* avevano una grande manualità.

All'estero il fenomeno coinvolse moltissime donne, in Italia la competenza tecnica fu invece considerata a lungo inadatta per le ragazze.

Le apparecchiature del tempo potevano essere pericolose: la tensione di una radio poteva superare i 9.000 volt ed era rischioso avvicinarvi la mano. Un'altra epoca, i moderni oggetti di uso quotidiano non richiedono cautele per essere utilizzati.

Dal 1961 i *makers*, associandosi, hanno progettato e costruito i loro satelliti di comunicazione, pagando la messa in orbita con collette fra i soci. La loro associazione AMSAT ha effettuato oltre 30 lanci.



Avviso di pericolo e schema per la costruzione di un apparato video, 1951; il presidente degli USA Gerard Ford presenta il satellite amatoriale OSCAR 7, lanciato nel 1976.

Questo mondo è tramontato, oggi viviamo nella *customer era*: le persone sono ignare delle tecnologie che utilizzano, limitandosi a conoscerne le modalità d'uso. Il recente movimento dei *new makers,* costituto da inventori e artigiani digitali, è più elitario dell'originale. I *makers* del secolo scorso erano milioni e senza finalità commerciali: avevano solo il piacere di capire le cose ed essere indipendenti.

Il popolo della CB

Dal 1945 si diffuse la CB radio, o *Banda Cittadina*, il cui raggio di azione era limitato a circa 15 chilometri. Semplice da utilizzare ebbe grande successo. Si formarono *ruote* di chat i cui partecipanti si incontravano di persona.

In Italia fu illegale fino al 1973 e le trasmissioni erano illegali. Per confondere la Polizia si utilizzava un ingenuo gergo, dove i *baracchini* erano le radio e i poliziotti *puffi.* Si chiedeva la *bassa* per avere il numero di telefono, la *verticale* per darsi un appuntamento.

Tutti gli autotrasportatori ne avevano una, per chiacchierare ed avvisare i colleghi dei posti di blocco. Dal 1990, con la rete cellulare ed Internet, è iniziata la decadenza della Banda Cittadina ma camion e radio CB rimangono un binomio indissolubile, nonostante smartphone, facebook e whatsapp.

Immagini: *Copertina*, da Radio Giornale, maggio 1948; *Schema Elettronico*, da Radio Rivista, maggio 1951; *AMSAT OSCAR 7*, da AMSAT Newsletter, settembre 1976. *Truckdriver*, da hackaday.com.

HAM Radio e telegrafia oggi

Comunicare ovunque e immediatamente sembra ormai un diritto acquisito. L'evolvere dei sistemi rende meno probabile il loro completo default, ma in caso di calamità naturali gli apparati di telecomunicazione possono collassare. I ripetitori telefonici sono infatti vulnerabili ad inondazioni, terremoti o frane e spesso vengono resi inutilizzabili dal sovraccarico di accessi dovuto all'emergenza.

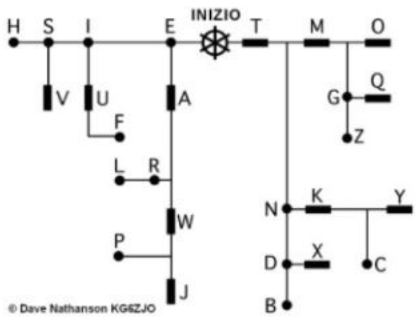
La rete HAM radio è però sempre attiva, in Italia si contano migliaia di appassionati, e i radioamatori sono un punto di riferimento per le emergenze sul territorio. Dal 1985 le Prefetture, il Ministero dell'Interno e il Dipartimento della Protezione Civile possono collegarsi tramite i servizi gestiti da diversi gruppi di volontari che dispongono di centrale operativa e mezzi propri.


Squadra di intervento, stazione radiomobile di Onda Telematica e centrale operativa E.R.A.

La comunicazione è l'asse portante delle operazioni di soccorso e i volontari operano nelle unità di crisi coordinando tutti i livelli. Per esempio, in occasione dei recente sismi avvenuti in centro Italia, sono state garantite la connettività Internet e la telefonia.

Nell'era dello smartphone le vecchie radio possono sembrare fuori dal tempo, ricordiamone i principali vantaggi: indipendenti da sistemi pubblici, sempre in linea, azzerano i tempi di collegamento, permettono la comunicazione circolare e la condivisione immediata delle informazioni fra tutti i soccorritori.

Dopo un terremoto non funziona più nulla, solo le radio a cui bastano una batteria e un pezzo di filo per antenna: in emergenza le soluzioni più semplici sono sempre le migliori.



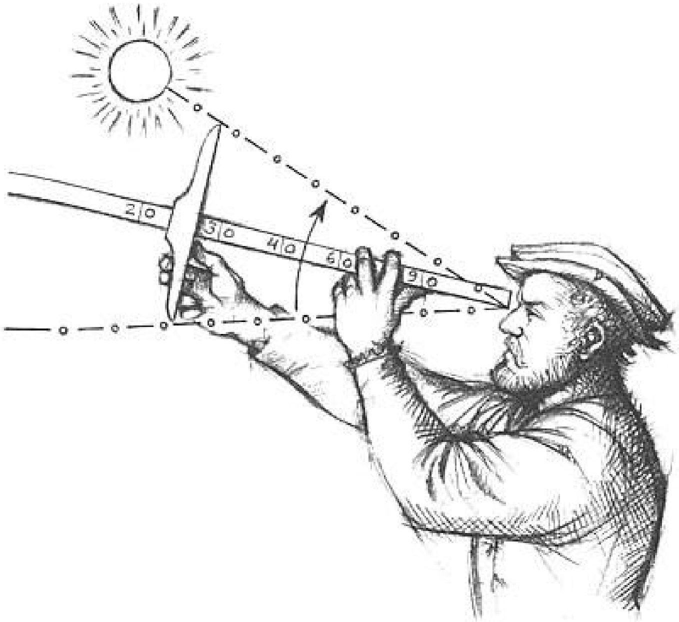
Open Day all'Istituto M.E. Scauro (LT), innovativo programma per apprendere il Codice Morse e radio da campo.

Le associazioni radioamatoriali hanno il compito di formare gli operatori radio della Protezione Civile ed organizzano corsi nelle scuole per diffondere la cultura radiantistica. Dal 31 gennaio 1997 il codice Morse non è più utilizzato ufficialmente, ma è ancora utile per aiutare i ragazzi con gravi disabilità a rapportarsi col mondo esterno. Manipolare il tasto telegrafico aiuta concentrazione e coordinazione ed impadronirsi della sua *'metrica'* favorisce lo sviluppo delle facoltà cognitive.

La radio e i suoi operatori sono ancora una realtà radicata ed utile nella società. La comunicazione è oggi fortemente centralizzata, ma l'indipendenza operativa è insostituibile in tutte le emergenze.

Immagini: *Squadra di Intervento*, non attribuibile; *Stazione Radiomobile*, Onda Telematica; *Sala Operativa*, ERA; *Open Day*, Antonino Grimaldi; *Morse Table*, Dave Nathanson; *Hand Radios*, RCR Wireless.

Pochi sanno che in questa era tecnologica le navette spaziali utilizzano ancora la navigazione astronomica, come si usava ai tempi di Colombo



Breve storia della navigazione

L'avventura della posizione

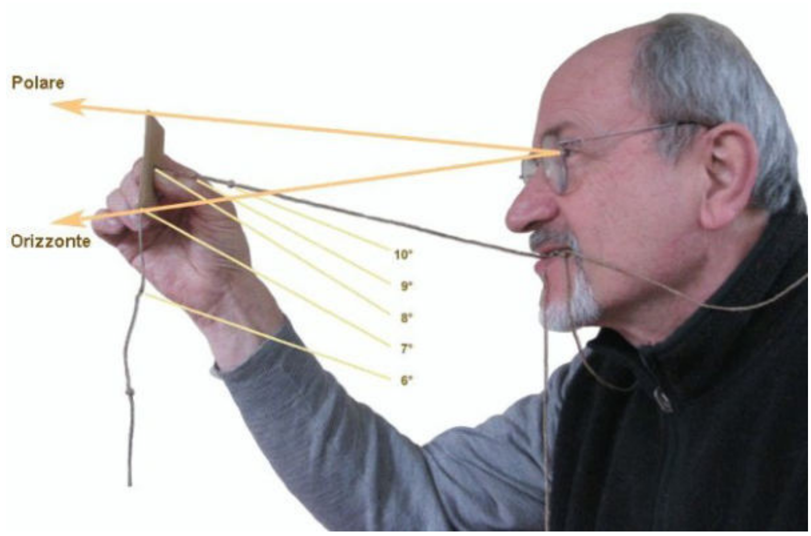
Il 21 luglio 2009 la navetta *Endeavour* rientrava dalla sua 23° missione nello spazio. A bordo c'era un astrolabio, strumento inventato da Ipparco nel 200 a.C. e sempre attuale. Non dimentichiamo che il sestante veniva ancora usato a bordo del Jumbo Jet e che sull'Apollo 11 si navigava verso la Luna misurando l'altezza delle stelle, non diversamente da James Cook sulla nave *Endeavour****.

Dall'avvento del GPS tutto questo sembrerebbe essere ormai alle nostre spalle, ma proprio i mezzi più tecnologici continuano ad utilizzare i sistemi tradizionali. Le navette spaziali hanno orbite più alte di quelle dei satelliti GPS e non ricevono il segnale, rivolto verso la terra: per loro si ricorre ancora alla navigazione astronomica e, pur disponendo di sestanti automatizzati che rilevano la posizione in pochi secondi, il principio rimane lo stesso usato da Cristoforo Colombo.

L'antica arte di navigare non è ancora perduta ed è importante per la storia del calcolo e lo sviluppo degli strumenti di misura: i primi computer servivano proprio per calcolare le tavole logaritmiche e le effemeridi nautiche, indispensabili per le osservazioni degli astri. Vediamone brevemente la storia.

Gli antichi marinai navigavano sempre sottocosta, aiutandosi spesso con lo scandaglio: *"Quando trovate 11 braccia siete ad un giorno da Alessandria"* scriveva Erodoto, ma per avventurarsi in mare aperto era necessario osservare il Sole. La direzione da cui sorgeva era il riferimento principale ed ancora oggi ci si "orienta" per ritrovare la strada, mentre i nomi Asia ed Europa derivano dalle denominazioni fenicie dell'Est (Asu) e dell'Ovest (Ereb). Di notte ci si affidava alle stelle: per raggiungere un porto basta navigare sopra il suo parallelo e si otteneva la latitudine misurando col braccio teso l'altezza della Polare. I Romani chiamavano le stelle dell' Orsa Minore "Septem Triones" e da qui viene la parola "Settentrione" per indicare il Nord.

In seguito gli Arabi inventarono il Kamal, un rettangolo di legno dal quale pendeva una cordicella con dei nodi, ciascuno corrispondente alla latitudine di un porto. Il capitano prendeva fra i denti il nodo relativo alla sua destinazione, allineando il Kamal con l'orizzonte: se la Polare si trovava più in alto bisognava correggere la rotta verso Nord, se al di sotto verso Sud.



Il funzionamento del Kamal (© J.M. Kalouguine)

Come tutti sanno la latitudine di un luogo è la distanza angolare dall'equatore, facilmente determinabile osservando l'ombra proiettata a terra da uno stilo; la longitudine è invece la distanza angolare da un meridiano convenzionale detto "primo meridiano", dal 1884 quello di Greenwich, ed è molto difficile da misurare.

Ipparco risolse il problema nel 200 a.C. con calcoli astronomici, ma bisognerà attendere duemila anni per poterla calcolare sul mare. Ipparco inventò inoltre l'astrolabio, divise i circoli massimi della terra in 360 gradi e determinò la posizione di tutte le stelle.

Sfericità e dimensioni della terra erano già note ai Greci sin dall' epoca classica (vedere a pagina 58), assai prima dei tempi di Colombo, e la navigazione era un'arte basata sull'interpretazione dell'ambiente e sulla sensibilità personale. Nondimeno già nel 2000 a.C. tutto il mondo era esplorato ed abitato.

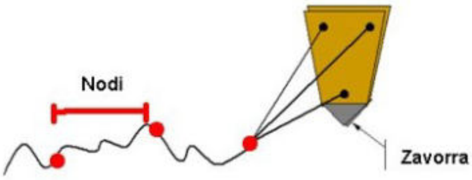
***** L'*Endeavour* fu l'ammiraglia di Cook durante la circumnavigazione del 1768-71, nel corso della quale vennero cartografate la Nuova Zelanda e la costa est dell'Australia. Per ricordarla vennero battezzati col suo nome il modulo dell'Apollo 15 e uno Shuttle. Il viaggio attorno al mondo era stato estremamente difficile ma Cook era un uomo risoluto, sue le parole *"Ho l'ambizione di andare non solo più in là di dove nessuno sia mai giunto, ma tanto in là sia mai possibile giungere",* e chiamerà proprio *Resolution* la nave utilizzata nei successivi viaggi.

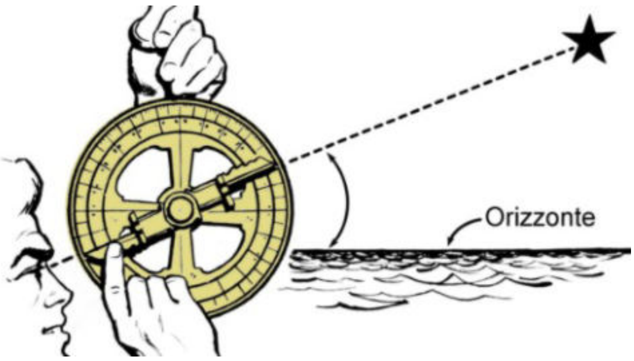
Nel secolo XIII° si diffuse in Europa l'uso della bussola cinese, che impiegò diversi decenni per affermarsi: la si credeva animata dalla magia ed a quei tempi i marinai utilizzavano solo strumenti facilmente comprensibili. Nel 1400 gli Italiani introdussero la rosa dei venti, prima graduata in rombi o quarte ed oggi in 360°.

Si era notato che l'ago non puntava esattamente il Nord, ma si pensava che l'angolo così formato fosse immutabile. Colombo vide invece che, spostandosi verso Ponente, diminuiva fino a zero per poi aumentare in senso opposto. Credette di aver trovato un sistema per calcolare la longitudine ma in realtà aveva scoperto la declinazione magnetica, differenza fra la direzione del Nord geografico e quella del Nord magnetico, che varia annualmente da luogo a luogo.

Le antiche tecniche di navigazione cambiarono poco nel Medio Evo e, anche se la diffusione della bussola permise di mantenere meglio la rotta, il punto nave si effettuava sempre stimando direzione e velocità. Le osservazioni erano molto imprecise ed esistevano diversi grafici, simili ai moderni regoli aeronautici, che aiutavano a tener conto del cammino percorso.

Per conoscere la velocità si lanciava in mare una tavoletta, legata a una corda provvista di nodi a distanze regolari, contando poi i nodi che passavano nella mano in un dato tempo. Questo sistema fu sostituito nell'800 dai solcometri ad elica ma la velocità in mare si esprime ancora in nodi (1 nodo = 1.853 metri/h).



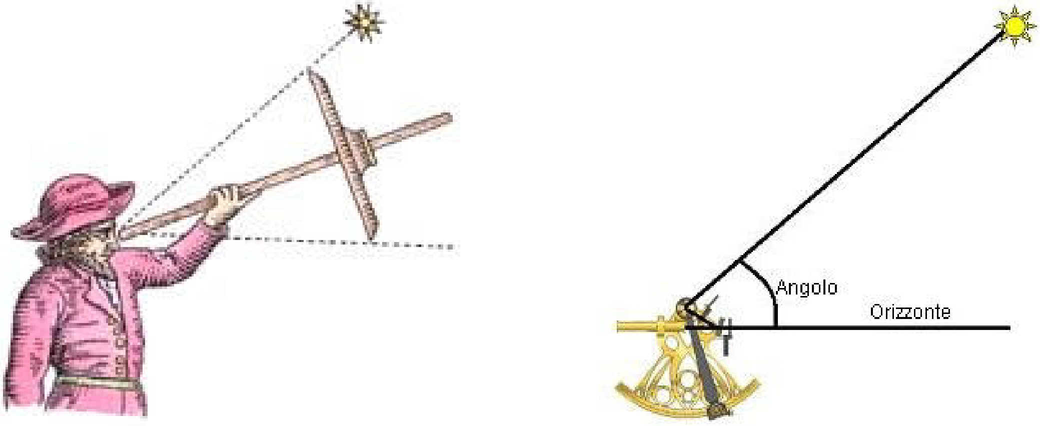


Verso il 1300 arrivò dal mondo islamico l'astrolabio, derivato da un invenzione di Ipparco. E' un vero computer analogico che permette di determinare la posizione con le stelle, ma era difficile da usare a bordo e i marinai ne preferivano una versione semplificata, utile per trovare la latitudine con osservazioni di sole.

Gli astrolabi forniscono soluzioni ragionevolmente approssimate e sono ancora in uso fra gli astronomi: basta comprare un semplice modello in cartoncino per rendersi conto delle sue potenzialità.

Astrolabio stellare e modello semplificato per osservazioni di sole

Con l'inizio delle navigazioni oceaniche apparvero l'Almanacco Nautico, col quale è possibile determinare la latitudine misurando l'altezza meridiana del sole, ed il quadrante e la balestriglia per effettuare le osservazioni. Nel 1595 Davis costruì il backstaff, che evitava di traguardare direttamente l'astro, ma gli strumenti dell'epoca erano tutti poco affidabili e la ricerca di precisione e praticità portò Hadley, nel 1731, a sfruttare un' idea di Newton inventando l'ottante a specchi con la scala di 1/8 di circonferenza, trasformatosi pochi anni dopo nel moderno sestante con la scala di 1/6 di circonferenza.

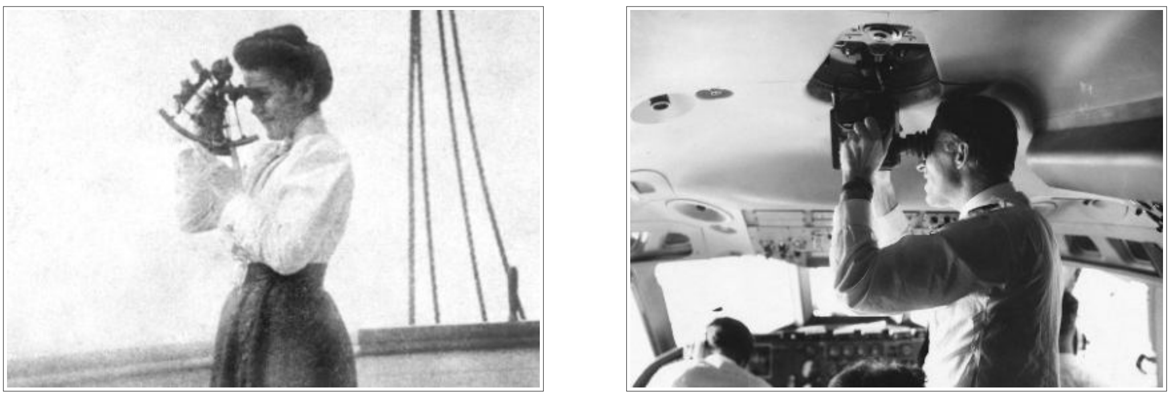


Balestriglia medioevale e moderno sestante

L'ottante rivoluzionò le misurazioni, Lacaille battezzò una costellazione in suo onore, ma per trovare l'ora esatta e determinare la longitudine c'era solo il metodo delle distanze lunari, soggetto a notevoli errori. Il problema era così importante che il Governo Inglese istituì un premio di ben 20.000 sterline per chi l'avesse risolto. Il premio fu vinto nel 1776 da Harrison con un precisissimo cronometro che testato da James Cook fece esclamare al celebre capitano: *"Ormai la navigazione è diventata semplicissima!"*. Con un cronometro regolato sul tempo del primo meridiano si può, osservando il Sole a mezzogiorno, trovare l'ora locale e risalire con discreta approssimazione alla longitudine.

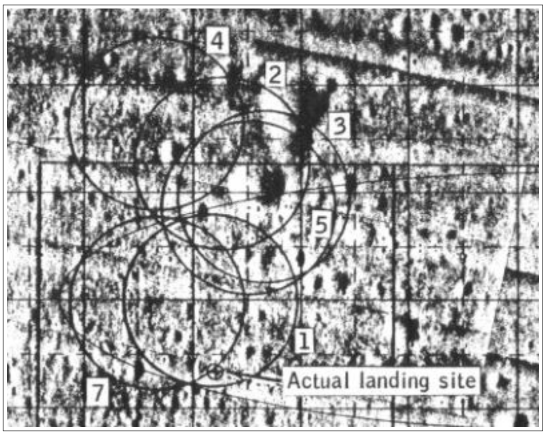
Nel 1837 il capitano Sumner, sospinto dalla tempesta in una zona pericolosa, segnò sulla carta il risultato di tre frettolose osservazioni di Sole ed unendole con una retta intuì che la nave doveva trovarsi in un punto qualsiasi della stessa. Pubblicò le sue riflessioni e nel 1875 l'ammiraglio Marcq de St.Hilaire perfezionò questo metodo, che permette di trovare rapidamente l'esatta latitudine e longitudine con due sole misure di altezza e di tempo di un astro qualsiasi.

Nasceva la navigazione astronomica moderna, così precisa da essere utilizzata anche sugli aerei e nei voli spaziali. I calcoli da eseguire sono però estremamente complicati e l'errore massimo accettabile è dello 0,02%. Tanta precisione è superiore alle possibilità dei regoli ed i naviganti usavano le tavole logaritmiche: prima delle calcolatrici e del GPS la navigazione era un lavoro da matematici, svolto dagli Ufficiali di Rotta. Sugli aerei le osservazioni venivano effettuate attraverso una cupola chiamata *astrodome* e grazie a tavole semplificate i calcoli venivano risolti in meno di 5 minuti.



Due epoche stessi gesti: osservazioni col sestante a bordo di un veliero e di un DC8

Alla fine dell'800 Guglielmo Marconi aveva inventato la radio e già nel 1901 John Stone-Stone brevettò il primo sistema di navigazione radioassistita, subito migliorato da Ettore Bellini e Alessandro Tosi.



Il sestante dell'Apollo 11 e la posizione astronomica tracciata per l'atterraggio sulla Luna

A bordo vi era una ricevente con una antenna direzionale girevole (radiogoniometro) che rilevava la provenienza (azimut) dei segnali e la navigazione si effettuava come se il trasmettitore fosse un faro e il segnale un fascio di luce. Nella prima metà del '900 fu quindi installata una rete di stazioni che emettevano segnali direzionali, ma la propagazione delle onde radio sulle lunghe distanze è limitata dalle condizioni atmosferiche e, per migliorare la sicurezza, venne fatto lo sforzo tecnologico forse più grande della storia.

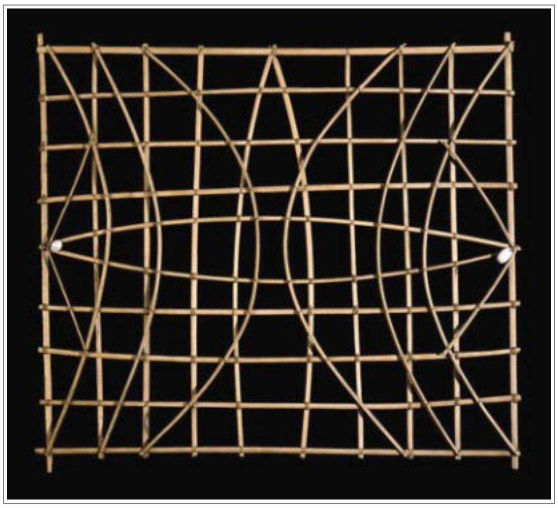
Nel 1959 gli Stati Uniti misero in orbita i 6 satelliti del sistema Transit, in grado di fornire il punto ogni 90 minuti. Ancora poco pratico per la navigazione aerea fu sostituito nel 1991 dal NAVSTAR-GPS, 24 satelliti e diverse stazioni a terra, che calcola il tempo impiegato da un segnale a percorrere la distanza satellite-ricevitore determinando continuamente posizione, altitudine, rotta e velocità con uno scarto minimo. L'antico sogno di tutti i naviganti si era finalmente avverato.

Il sistema è di una complessità estrema, basti pensare che il ricevitore della nostra auto, per trovare l'indirizzo cercato, deve considerare anche gli errori relativistici e la curvatura dello spazio-tempo. Abbiamo un gioiello tecnologico nel cruscotto ma talvolta ci comportiamo come la caricatura del selvaggio con la sveglia al collo: sappiamo leggerlo senza avere idea di come funzioni.

L'utilissimo GPS è però fuori dal controllo degli utenti: può guastarsi, essere disattivato dal gestore o fornire dati falsati, anche volutamente. Finito il tempo in cui si diffidava della bussola quale strumento misterioso oggi si leggono acriticamente i dati del display. Questa tecnologia non si è affiancata alle vecchie conoscenze ma le ha cancellate, ormai pochi sanno “orientarsi” senza elettronica, e qualora il servizio venisse meno si navigherebbe con minor sicurezza di una nave fenicia.

La navigazione astronomica insegnava ad essere autosufficienti ed a compenetrarsi col mondo, in contatto con le bellezze del firmamento. Oggi non è più così, come già diceva agli inizi del '900 l' astronomo Flammarion:

”La mente si smarrisce quando realizzo che la maggior parte degli uomini non ha mai alzato lo sguardo al cielo”



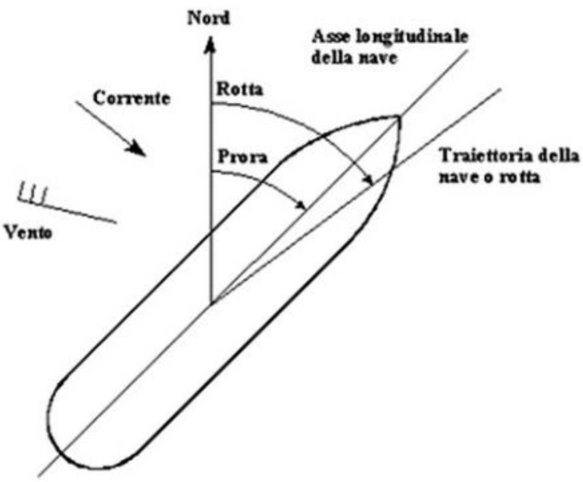
Schema polinesiano per la navigazione astronomica e rete GPS

Il cronometro di Harrison, 1776, ed ottante della stessa epoca

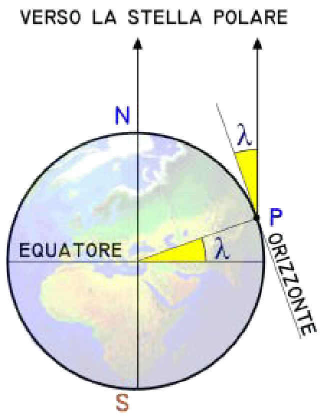
Backstaff (© J.M. Kalouguine)

Sestante marittimo e modello aeronautico, ca. 1975

Scheda - Navigazione essenziale



Al navigante occorrono due strumenti: la bussola per conoscere la direzione ed il solcometro per la velocità. La bussola consente di determinare la prora, ossia l'angolo fra la direzione del Nord e della prua. Tuttavia vento, correnti e moto ondoso tendono a deviare la nave: questa differenza si chiama scarroccio se causata dal vento e deriva se causata dalla corrente. L'angolo fra la effettiva direzione della nave e quella del Nord prende il nome di rotta, che viene rappresentata sulla carta nautica con una linea retta. Conoscendo grazie al solcometro la velocità è facile calcolare lo spazio percorso dal punto di partenza e determinare così il punto nave stimato. Dopo poco tempo però questa stima diventa imprecisa e bisogna correggerla con una osservazione astronomica.



I primi marinai utilizzavano la stella polare, la sua altezza è infatti pari alla latitudine λ del luogo di osservazione (punto P). In realtà essa si trova a circa 44' di distanza dal vero Polo Nord celeste e descrive quindi un piccolo cerchio di circa 1.5° di diametro. Dato che 1' di grado corrisponde ad un miglio sulla carta, l'errore non può superare le 88 miglia e riusciremo ad arrivare in prossimità della meta. Potendo conoscere la latitudine possiamo fare come Colombo che, partendo dalle Canarie (ca. 28° Lat. N) per Santo Domingo (ca.18° Lat. N), si limitava a fare rotta verso Sud sino ad incrociare il 18° parallelo e quindi proseguiva per Ovest seguendolo fino a destinazione. Un metodo che allunga il percorso ma da la certezza di arrivare: non poco, a quei tempi. Oggi con l'Almanacco Nautico si possono effettuare le correzioni necessarie ma la Polare, poco luminosa, viene utilizzata solo in mancanza di alternative.

La latitudine si può determinare anche con l'osservazione meridiana del Sole. Sappiamo infatti che sorge ad Est e tramonta ad Ovest: a metà della sua corsa, il mezzogiorno, sarà quindi esattamente a Sud (nel nostro emisfero) ed alla massima altezza della giornata. E' come dire che sta passando sopra il meridiano che si trova sotto i nostri piedi e l'altezza massima che raggiunge ha un valore diverso a seconda della nostra latitudine. L'altezza del Sole a mezzogiorno è quindi una misura diretta della latitudine. Tutto qui? No, in realtà questo vale solo per due giorni particolari dell'anno: gli equinozi. In tutti gli altri giorni l´asse terrestre non è perpendicolare ai raggi del Sole ma inclinato di un certo angolo: si dice allora che il Sole ha una declinazione positiva (Nord) o negativa (Sud). I dati si correggono con l'Almanacco Nautico ed avremo calcolato la nostra latitudine. Per strano possa sembrare questo sistema è stato utilizzato dall'equipaggio dell'Apollo 13 per ritornare sulla terra: dopo il famoso guasto al sistema elettrico non disponevano del calcolatore per effettuare le complesse osservazioni stellari e traguardarono il Sole. Un colpo di genio, non a caso la navicella portava il nome del dio protettore degli esploratori.

Se, in possesso di un cronometro che misuri esattamente l´ora di Greenwich, identifichiamo il momento preciso in cui il Sole passa sul nostro meridiano alla sua massima altezza possiamo calcolare anche la longitudine. La differenza oraria fra il mezzogiorno di Greenwich ed il mezzogiorno osservato da noi dà infatti la longitudine espressa in tempo, convertibile in gradi essendo 1° uguale a 4 minuti

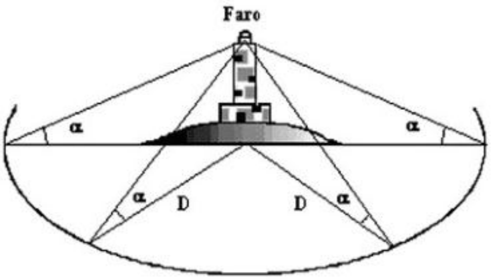
L'operazione è semplice: il Sole, al suo culmine, sembra fermarsi per qualche minuto ed il suo movimento è impercettibile. Ne misureremo quindi l'altezza un po' prima di mezzogiorno, quando sta ancora salendo, annotando l'ora. Mantenendo il sestante sull'altezza segnata aspetteremo che l'astro, scendendo, la raggiunga di nuovo sempre annotando l'ora. La media tra i due orari sarà l'istante esatto della massima altezza. La cosa è complicata da alcune anomalie dell'orbita terrestre per cui sul meridiano dei Greenwich il Sole non passa sempre a mezzogiorno esatto e bisogna fare diverse correzioni con il nostro Almanacco Nautico. E' necessario un ottimo orologio e i risultati sono poco attendibili, ma si è dovuto attendere il 1875 per disporre del precisissimo metodo delle rette di altezza.

Retta di sole durante il giro del mondo del dirigibile Zeppelin LZ-17 nel 1929

Sestante inserito nel periscopio per la circumnavigazione sottomarina senza mai emergere del sommergibile USS Triton (SSRN-586) nel 1960

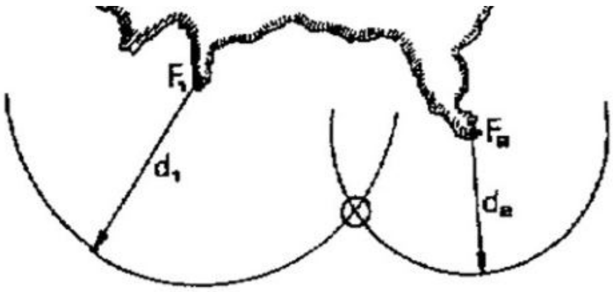
Manifesti per mostre sulla navigazione

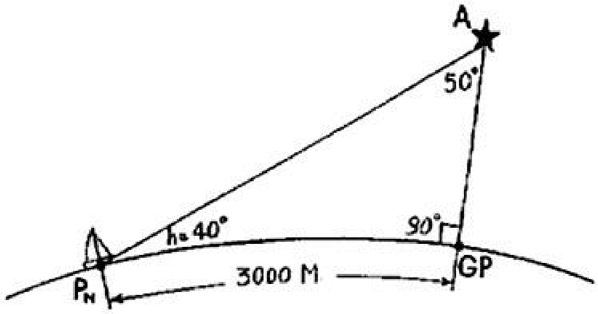
Scheda - Le rette di altezza



La teoria delle rette, o cerchi, di altezza non si può approfondire senza introdurre nozioni di astronomia e geometria sferica che esulano da questo tema. In estrema sintesi: per osservare la sommità di un faro dovremo alzare lo sguardo di un certo angolo "α", allontanandoci dovremo abbassarlo ed avvicinandoci sollevarlo. Tutti gli osservatori che si trovano alla medesima distanza dovranno sollevare lo sguardo dello stesso angolo “α": sono infatti su una circonferenza avente per centro la base del faro.

Ripetiamo l'operazione con un secondo faro e ci troveremo nell'incrocio delle due circonferenze: utilizzando gli astri come fari è possibile determinare la posizione anche lontano dalla costa.

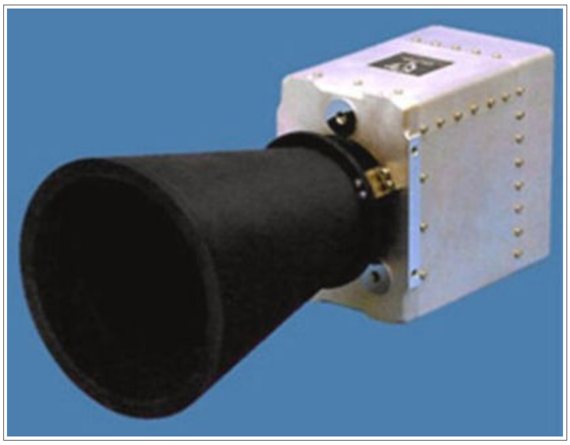


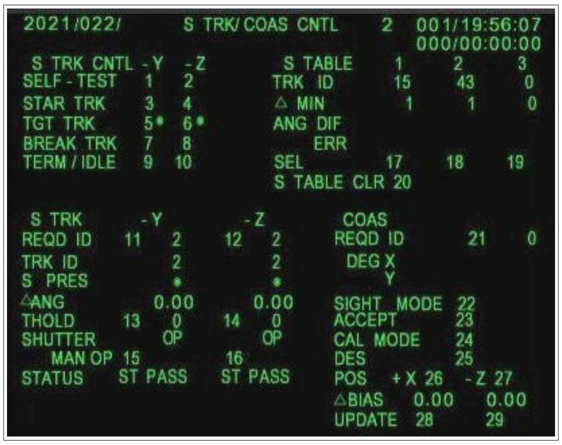


Si opera “al contrario”, assumendo cioè un punto stimato e calcolando che altezza ed azimut avrebbero alcune stelle qualora ci trovassimo realmente in quella posizione. Eseguiamo ora l'osservazione: se i dati saranno diversi saremo proporzionalmente più vicino o più lontano rispetto al punto della loro proiezione sulla terra che abbiamo calcolato, chiamato “GP” ed equivalente alla base del nostro faro.

Per poter fare questa differenza dobbiamo conoscere esattamente la posizione degli astri osservati e del punto “GP”. Per il sole è sufficiente consultare l'Almanacco Nautico, pubblicato annualmente dal 1767, mentre per le stelle erano necessari laboriosissimi calcoli fino alla nascita, nel 1936, di tavole precompilate che forniscono la posizione degli astri principali in qualsiasi istante. Le osservazioni delle stelle sono possibili solo in due brevi momenti dell'alba e del tramonto, chiamati crepuscoli nautici, quando sono visibili insieme all'orizzonte. Per il resto della giornata ci accontenteremo della navigazione stimata, eventualmente prendendo una altezza di Sole per verifica.

Questo sistema permette di ottenere osservazioni precisissime e molte carte rilevate col sestante nel 1800 sono ancora a bordo delle navi, ma non c'è più il sestante: oggi la navigazione astronomica viene utilizzata solo dalle navette spaziali, che dispongono di sestanti computerizzati in grado di riconoscere e puntare automaticamente le stelle rilevando la posizione in pochi secondi.





Sestante elettronico “Star Tracker” dello Shuttle Columbia col suo pannello di controllo

Una mano per i calcoli ed una per pilotare sul Wildcat (notare il sestante a periscopio e i regoli), ma la cloche è nascosta sotto il tavolino estraibile

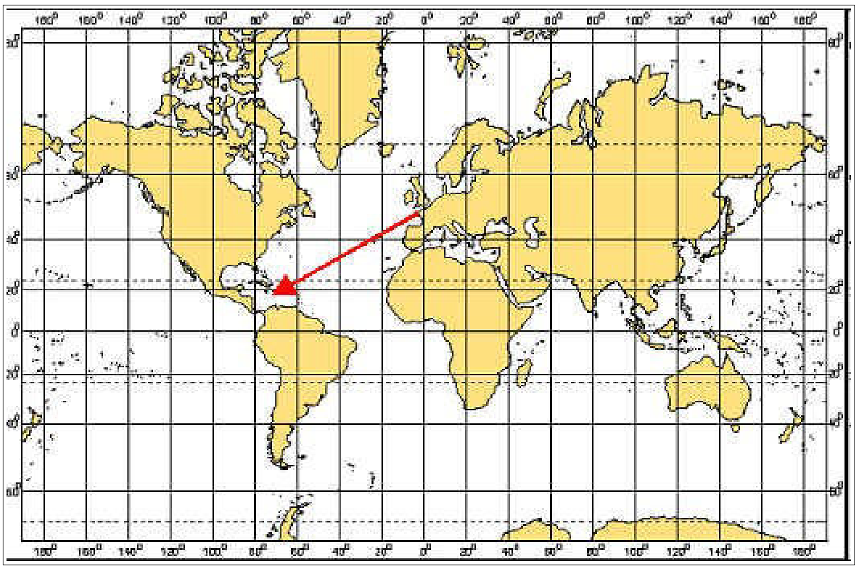
Più facile la vita sul modernissimo Dessault Rafale, tutto automatico

Scheda - Le carte nautiche

Anticamente si utilizzavano delle raccolte scritte di informazioni nautiche, chiamate Peripli, poi evolutesi nei bellissimi portolani rinascimentali. Le prime carte furono tracciate nel II° secolo d.C. da Tolomeo che, basandosi su empirici rapporti come *"Navigando dieci giorni verso Nord abbiamo raggiunto..."*, riuscì a calcolare le latitudini e le longitudini, sia pure approssimate, di tutto il mondo conosciuto. La sua proiezione conica è tuttora in uso per le mappe terrestri, ma nel 1569 Mercatore rivoluzionò la cartografia introducendo la proiezione cilindrica. Le rotte potevano essere finalmente tracciate con una semplice retta che incrocia i meridiani con angolo costante, permettendo un facile uso della bussola.

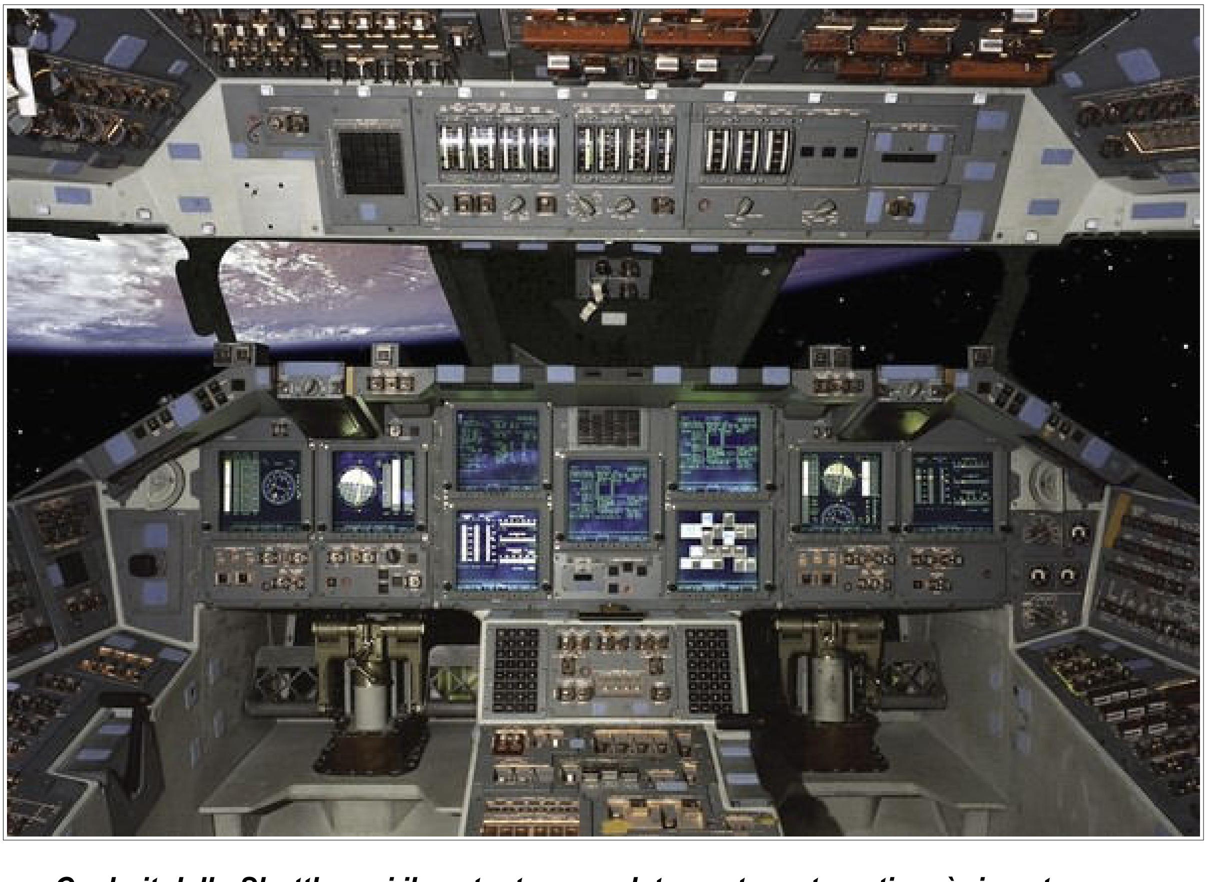
Da quella data le coste sono state riportate sempre più fedelmente con rilevamenti astronomici e molte carte del 1800 sono così precise da essere sempre in commercio, ancora valide nell'era del GPS. Oggi per maggior precisione si utilizzano i gradi decimali DD al posto dei tradizionali DMS (gradi-minuti-secondi), e per esempio il punto: Lat 41°53´27" N, Long 12°29´26" E diventa: 41.8907559, 12.4906826, ma il principio resta lo stesso.

Carta di derivazione tolemaica, Enrico Martello ca.1494



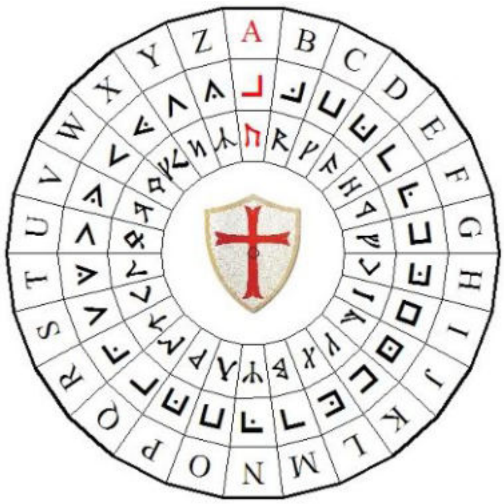
Nella proiezione di Mercatore la rotta incrocia i meridiani con angolo costante

Plancia di una moderna nave a vela: niente più sestanti o regoli calcolatori



Cockpit dello Shuttle: qui il sestante, completamente, automatico, è rimasto: sono passati solo 150 anni dall'invenzione del cronometro e 85 dal volo di Wright!

La crittografia è indispensabile per mantenere il segreto: da minuscoli brandelli di informazione il nemico può infatti ricostruire le nostre mosse!



Note di crittografia

La crittografia e i regoli cifranti

La crittografia sembra un tema estraneo alla storia del calcolo ma ebbe una grande importanza nello sviluppo dei calcolatori. Il primo computer moderno fu inventato da AlanTuring, il padre dell' informatica, per decifrare le comunicazioni tedesche nel centro di *Bletchley Park* in Inghilterra ed oggi si studiano i calcolatori quantistici proprio per disporre della potenza di calcolo indispensabile a garantire la riservatezza nelle transazioni su internet. Nessuno darebbe il suo numero di carta di credito ad un sistema non a *"prova di bomba"*. *"Bombe"* era il soprannome dei primi computer meccanici costruiti per decifrare i messaggi criptati tedeschi e da qui deriva questo modo di dire.

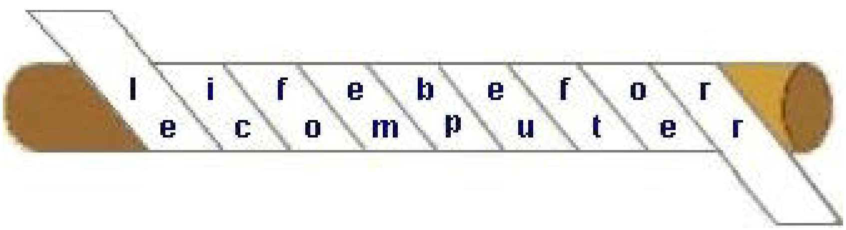
E' chiaramente impossibile parlare di crittografia in poche pagine, una trattazione breve ne richiederebbe almeno 400, ma cercherò comunque di dare una idea sommaria del suo sviluppo e delle sue problematiche.

Un primo esempio di messaggio segreto si trova nelle storie di Erodoto che riporta come un tal Demarato, accortosi che Serse costituiva una grande flotta per conquistare la Grecia, tolse la cera ad una tavoletta di scrittura, marcò il messaggio sul legno e rimise la cera scrivendovi sopra una lettera poco importante. La inviò quindi agli ateniesi, questi capirono dal contesto che era necessario leggere il fondo ed ebbero il tempo di prepararsi: nel 480 Serse fu sicuro di aver imbottigliato le forze greche nella baia di Salamina senza rendersi conto di essere caduto in una trappola.

La tecnica di scrittura segreta usata da Demarato si chiama *steganografia*, dalle parole greche *steganós* (coperto) e *gráphein* (scrivere). Fu un sistema molto usato nell'antichità, i cinesi per esempio scrivevano i messaggi su strisce di seta finissime che ricoprivano di cera e facevano mangiare al messaggero. Nel XVI° secolo Giambattista della Porta spiegò come comunicare con un uovo sodo: si prepara un inchiostro con 30 grammi di allume e mezzo litro di aceto e si scrive sul guscio, che è poroso, senza lasciare tracce mentre il testo rimarrà impresso sull'albume solidificato e si potrà leggere sbucciando l'uovo. Il punto debole della *steganografia* è però evidente: se il testo viene scoperto il nemico viene subito a conoscenza del suo significato. Questo sistema è comunque ancora in uso, per esempio inserendo messaggi nascosti all'interno di immagini digitali, ma il livello di protezione è molto basso.

Per ovviare a questo inconveniente nacque la *crittografia*, dal greco *kriptos* che significa nascosto, che intende rendere incomprensibile il messaggio modificandolo con un procedimento concordato fra mittente e destinatario. I metodi utilizzati furono principalmente la *trasposizione* e la *sostituzione.*

La *trasposizione* consiste nel rimescolare i caratteri del testo chiaro secondo una qualche regola reversibile. Le più antiche notizie sono quelle sulla *scitala lacedemonica*, data da Plutarco come in uso presso gli spartani. I messaggi venivano criptati utilizzando lo *scitale*, un cilindro di legno (in greco skutale significa bastone) di un diametro dato: vi si avvolgeva il nastro attorno e si scriveva sopra; una volta sciolto il nastro il testo era *trasposto* e non era leggibile senza disporre di un cilindro di uguale diametro. Erano tempi più ingenui dei nostri.



"life before computer" sulla scitala, sciogliendo il nastro si leggerà: LEICFOEMBPEUFTOERR

Questa striscia di cuoio veniva spesso indossata come una cintura aggiungendo così un trucco *stenografico*, ma la *trasposizione* è facile da decifrare e fu usata molto poco.

La *sostituzione* consiste invece nel cifrare ogni lettera con una diversa utilizzando un *alfabeto cifrante* concordato tra mittente e destinatario. Nel Libro di Geremia alcuni nomi sono cifrati sostituendo la prima lettera dell'alfabeto ebraico (Aleph) con l'ultima (Taw), la seconda (Beth) con la penultima (Shin) e così via. In pratica si utilizzava l'alfabeto al contrario e da queste prime quattro lettere è derivato il nome di Atbash per questo sistema, ma la moderna *sostituzione* fu inventata da Giulio Cesare che riprese quanto consigliato nel Kāma Sūtra (ca. 400 a.C.) per inviare messaggi agli amanti.

Vediamo come funziona la *sostituzione* di Giulio Cesare: supponiamo di avere due righelli come questi, molto utilizzati durante la seconda guerra. In alto troviamo l'alfabeto *chiaro*, in basso quello *cifrante*.

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

L'ordine da inviare è “attaccate immediatamente”: sgrammatichiamo e nascondiamo la lunghezza delle parole, dividendolo in *gruppi* di 5 lettere senza punteggiatura o spazi: “attik catei nxmed iotem xente”. La **x** è una lettera *nulla*, inserita per completare i gruppi. Ora decidiamo la lettera chiave, per esempio “**F**”, e spostiamo il righello superiore (*chiaro*) fino a far combaciare la “**A**” con la “**F**” dell' inferiore (*cifrante*).

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Scambiamo quindi le lettere del righello in chiaro con quelle del cifrante, si usa scrivere i messaggi in chiaro in minuscolo blu e quelli cifrati in maiuscolo rosso.

a t t i x   c a t e i   n x m e d   i o t e m   x e n t e

F Y Y N C   H F Y J N   S C R J I   N T Y J R   C J S Y J

Il destinatario deve solo conoscere la chiave ed effettuare il procedimento inverso coi suoi righelli. La sgrammaticatura non gli impedirà di comprendere il significato del messaggio, ma renderà più difficile il lavoro di chi proverà a decifrarlo analizzandone le frequenze, come vedremo nella prossima pagina.

Decifrazione dei dispacci radio, notare i righelli in mano all'operatore

Ovviamente non è un cifrario a *“prova di bomba”,* ma ha il vantaggio di avere una chiave semplice da comunicare e ricordare. Ai computer moderni basta poco tempo per *forzarlo*, però fino alla seconda guerra mondiale il lavoro doveva essere svolto manualmente dai pochi specialisti disponibili, sovrac-caricati di dispacci da decifrare, e i nostri soldati avrebbero avuto il tempo di compiere l'attacco sorprendendo il nemico. Giulio Cesare utilizzava solo la chiave “D”, ma con l'alfabeto internazionale sono disponibili 26 chiavi. Le buone idee durano a lungo: oggi questo cifrario si chiama ROT (rotation) ed è abbastanza diffuso nei newsgroup, dove si "*rotta*" il testo sempre in chiave “N” (ROT13). Una curiosità: decifrate HAL, il nome del supercomputer di *2001 Odissea nello spazio*, con la chiave ”B”!

Questi esempi mettono in evidenza le basi dei sistemi tradizionali di crittografia: il *metodo* e la *chiave*. Nel primo caso il metodo è il cilindro che costituisce la scitala, la chiave la misura del suo diametro; nel secondo il metodo è la traslazione lineare delle lettere, la chiave l'entità della traslazione (una “a” che cifrata diventa “F” significa una traslazione di 5 a sinistra, chiave “F” o “5S”). E' ininfluente che il nemico conosca il metodo: anche sapendo che abbiamo usato il Codice di Cesare, dovrà comunque conoscerne la chiave per decifrare il crittogramma.

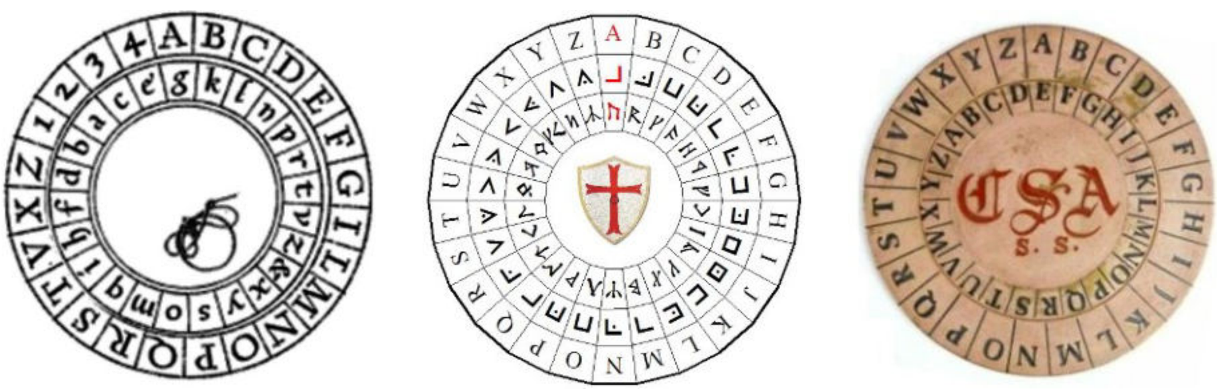
Esiste però il metodo dell'analisi delle frequenze, che permette di decifrare qualunque messaggio così cifrato. Sentiamolo direttamente dal suo inventore Abū Yūsuf Yaʿqūb ibn Ishāq al-Kindī, conosciuto in Occidente col nome latinizzato di Alchindus, eclettico filosofo e matematico arabo del IX° secolo:

"Un modo di svelare un messaggio cifrato consiste nel trovare un testo chiaro nella stessa lingua e calcolare la frequenza con cui appare ciascuna lettera. Chiamiamo "prima" quella che appare più spesso, "seconda" quella che la segue per frequenza e così via fino ad esaurire tutte le lettere. Esaminiamo poi il testo in cifra che vogliamo interpretare ordinando in base alla frequenza anche i suoi simboli: troviamo il simbolo più comune e rimpiazziamolo con la "prima" lettera dell'esempio chiaro, il simbolo che lo segue per sequenza con la "seconda" e così via fino alla fine".

In realtà le frequenze rappresentano valori medi che non sempre corrispondono a quelli riscontrabili in un brano specifico, specie se molto corto. Esaminiamo il testo di Alchindus: le frequenze delle principali lettere sono E=13% - A=12% - I=10% - O=9%, contro i valori considerati standard per la lingua italiana di E=11,8 %, A=11,7 %, I=11,2 %, O=9,8 %. Vi è una piccola differenza percentuale ma le lettere mantengono sempre la loro posizione relativa come *"prima"*, *"seconda"* ecc. e se avessimo criptato il brano le lettere in cifra che sostituiscono le originali apparirebbero con la stessa frequenza, permettendo ad un analista di risalire facilmente al significato. Una volta scoperto il 60% dell'alfabeto è intuitivo ricostruire le parole *"cote nai cvutivepba"*.

Dagli studi di Leon Battista Alberti si sono poi sviluppate tecniche che semplificano il lavoro in quanto ogni lettera ha una identità che consiste sia nella frequenza media sia nella tendenza a prediligere la vicinanza di altre lettere: la *"q"* è sempre seguita alla *"u"*, le doppie più usate sono *"tt"*, *"pp"*, *"nn"* e *"ll"*, mentre le vocali non sono mai doppie. Un individuo che cambiasse nome e aspetto continuando a frequentare gli stessi luoghi ed amicizie prima o poi verrebbe certamente scoperto.

Per il nostro esempio abbiamo usato il Codice di Cesare, chiamato *sostituzione monoalfabetica* in quanto l'alfabeto utilizzato per tutto il messaggio è sempre lo stesso, ma l'Alberti propose di usare più alfabeti cifranti (*sostituzione polialfabetica*) utilizzando il suo regolo. Si tratta di un disco composto di due cerchi concentrici: uno esterno per il testo chiaro, detto *stabile,* con 24 caselle contenenti 20 lettere latine maiuscole messe in ordine alfabetico ed i numeri 1, 2, 3, 4 (sono escluse le lettere J, K, Y, W, Q, H, che hanno una bassa frequenza) ed uno interno, detto *mobile*, con tutte le 24 lettere latine minuscole e in disordine (esclusa W e U=V) per il testo cifrato.



Il disco cifrante di Alberti, la versione templare e un modello americano dell'800

E' un metodo complesso: decisa una lettera maiuscola come chiave (ad es. *"A"* nel disco in alto a sinistra) si deve spostare il disco mobile interno e scrivere, come prima lettera del crittogramma, la lettera minuscola (nel nostro caso "*g"*) che corrisponde alla *"A"*; quindi cifrare come nel precedente esempio col regolo. Sembrerebbe un semplice Codice di Cesare ma l'Alberti suggerisce di usare uno dei quattro numeri per segnalare nel messaggio il cambio di alfabeto; la lettera minuscola corrispondente al numero sarà la nuova chiave e la stessa lettera in chiaro sarà cifrata con diverse lettere ogni volta che si cambia alfabeto. Il risultato è molto più difficile da decifrare e l'Alberti scriveva: "*Ma nessuno, se non chi è consapevole dell'accordo, potrà riuscire da sé a comprendere qualche cosa di quelle che si trovino scritte con questa cifra".*

Alberti disegnò anche un disco per l'alfabeto templare ed il suo regolo fu utilizzato per centinaia di anni, spesso nella versione semplificata da Vigenère.

Le scoperte di Alberti passarono inosservate per la sua decisione di non pubblicare il manoscritto, che fu stampato solo nel 1568 a Venezia con il titolo "*La Cifra*". Da quel momento ne vennero a conoscenza vari studiosi, come Johannes Tritemius e Giambattista della Porta, ma fu il diplomatico francese Blaise de Vigenère che nel 1586 ne propose una versione più semplice anche se meno sicura.
Si basa sul Codice di Cesare, migliorando la sicurezza con l'uso di più *alfabeti cifranti* stampati su di una tavola. Cifriamo di nuovo "attix catei nxmed iotem xente" usando come chiave "DUX" ed evidenziando gli alfabeti che cominciano con queste lettere: la "a" di attix sarà criptata con la chiave "D", la "t" con la chiave "U", la seconda "t" con la chiave "X" e ricominceremo daccapo fino alla fine. Il risultato è: DNQHR ZDNBL HUPYA LIQHG UHHQL.

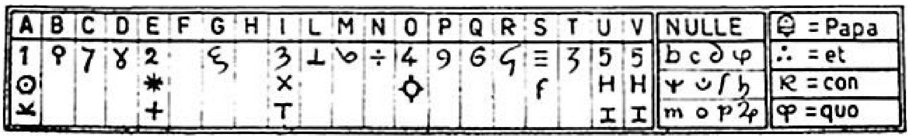
Chiave	Testo chiaro	Testo in cifra
	a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z	
A		A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z
B		B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A
C		C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B
D		**D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C**
E		E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D
F		F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E
G		G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F
H		H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G
I		I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H
J		J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H I
K		K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H I J
L		L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H I J K
M		M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H I J K L
N		N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H I J K L M
O		O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H I J K L M N
P		P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H I J K L M N O
Q		Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H I J K L M N O P
R		R S T U V W X Y Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q
S		S T U V W X Y Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q R
T		T U V W X Y Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S
U		**U V W X Y Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T**
V		V W X Y Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U
W		W X Y Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V
X		**X Y Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W**
Y		Y Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X
Z		Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y

Il messaggio così criptato nasconde meglio le frequenze, per esempio la doppia "t" è cifrata con due lettere diverse, ma ancora si può decifrarlo in quanto ogni 3 lettere la sequenza ricomincia riformando degli schemi. L'unica soluzione è avere una parola chiave lunga come il messaggio da usare una sola volta: in questo caso la cifra è assolutamente inviolabile ed ancora serve per le comunicazioni fra i presidenti degli USA e della Russia, ma non è certo praticabile sul campo di battaglia dove si possono scambiare centinaia di messaggi al giorno.

Questo sistema fu ampiamente utilizzato in quasi tutti i conflitti, talvolta impiegando un disco cifrante simile a quello dell'Alberti al posto della tavola. Spesso comunque si preferiva per semplicità la vecchia sostituzione *monoalfabetica,* ed i Rossignol, padre e figlio, riuscirono ad elaborarne una versione quasi inattaccabile. Il sistema, chiamato *omofonico*, fu utilizzato da Re Sole per la sua corrispondenza di stato. Alla sua morte si persero le chiavi e le lettere di Luigi rimasero inaccessibili agli storici per oltre 2 secoli, fino a quando il crittografo Étienne Bazeries riuscì venirne a capo nel 1889.

Fra i tanti documenti finalmente *in chiaro* uno sembra svelare il mistero della Maschera di Ferro, la cui identità fu attribuita ad un gemello del Re tenuto nascosto per evitare pretese al trono. Una lettera indica che potesse invece trattarsi del generale Vivien de Bulonde, accusato di codardia durante l'assedio di Cuneo. La missiva riporta infatti: *"Sua Maestà desidera che arrestiate subito il generale Bulonde e lo facciate condurre alla fortezza di Pinerolo, dove di notte resterà chiuso in una cella mentre di giorno potrà passeggiare sugli spalti portando una maschera"*. Data e luogo corrispondono anche se i romantici preferiscono ancora oggi versioni più fantasiose.

Intorno al 1400 si diffuse anche l'uso del *nomenclatore*, sistema nel quale si utilizza un alfabeto di fantasia concordato fra mittente e destinatario. Il nome deriva dall'addetto che presentava i nobili e i dignitari al Re: all'inizio si cifravano infatti solo i nomi dei personaggi importanti ma in seguito, per rendere difficoltosa l'analisi delle frequenze, anche le vocali e le consonanti più ricorrenti. Alcune parole venivano sostituite con un solo simbolo, diventando più propriamente dei nomi in codice, ma neanche con queste complicazioni aggiuntive il *nomenclatore* resiste all'analisi delle frequenze.



Il nomenclatore dell'ambasciatore veneziano Michele Steno, 1411

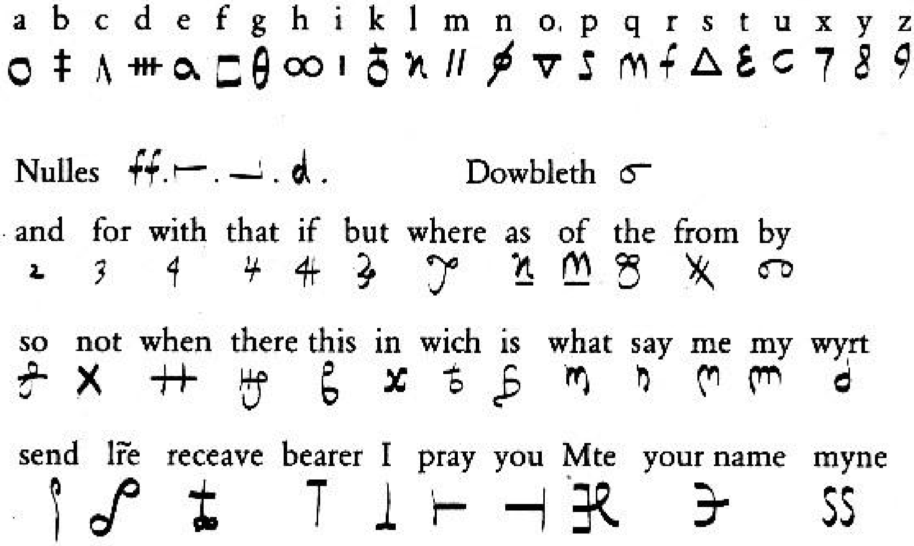
Il codice non è una vera forma di crittografia, ma piuttosto una lingua in cui le parole hanno un significato diverso da quello usuale. In pratica cifrando sostituiamo le lettere, codificando le parole. Se nel nostro codice "attaccare" = "sole" e "immediatamente" = "nero" il messaggio diverrà "SOLE NERO", indecifrabile senza consultare il *nomenclatore* corrispondente. Sembrerebbe un vantaggio, ma bisogna distribuire voluminosi *nomenclatori* e se uno solo fosse scoperto bisognerebbe riscriverlo e ridistribuirlo.

Solo gli agenti segreti, come James Bond = 007, hanno quindi nomi in codice in quanto questo metodo è utilizzato principalmente per nascondere le identità o per aumentare la sicurezza di altri sistemi: criptando per *sostituzione* di lettere possiamo inserire delle parole in *codice* per confondere gli analisti.

Scheda - Il nomenclatore di Maria Stuarda

Durante la sua lunga prigionia Maria Stuarda criptava tutta la corrispondenza con i suoi alleati, capeggiati da Anthony Babington, che la volevano porre sul trono d'Inghilterra uccidendo Elisabetta I.

La Regina di Scozia utilizzava un misto di *nomenclatore*, *codice* e cifratura per *sostituzione* inserendo inoltre svariate lettere *nulle*, ma il crittoanalista di corte Thomas Phellipes usò con destrezza l'analisi delle frequenze riuscendo a decifrare le sue missive. Non vi erano però mai accenni diretti all'assassinio di Elisabetta, e quindi Phelippes aggiunse un poscritto compromettente prima di consegnare l'ultima lettera decifrata agli inquisitori. Pochi giorni dopo Babington fu arrestato e condotto nella Torre di Londra dove confessò l'intero piano. L'esecuzione della cospiratrice avvenne l'8 febbraio 1587, ma Elisabetta morì senza eredi e il figlio di Maria divenne il primo Re Stuart d'Inghilterra, avverandosi così il motto della madre: *En ma Fin gît mon Commencement* (Nella mia Fine è il mio Principio).



La complicata cifra di Maria Stuarda non fu sufficiente a salvarle la vita

Nel ‘700 ogni grande potenza europea aveva la sua *camera nera* per la decifrazione dei messaggi in codice e la raccolta di informazioni riservate. La più organizzata fu la viennese *Geheime Kabinettes Kanzlei*, che funzionava in base ad una ferrea tabella di marcia: la corrispondenza per le ambasciate era dirottata alla *camera nera*, trattenuta il tempo necessario alla copiatura e consegnata entro le sette di mattina. Le copie venivano quindi passate ai crittoanalisti per la decrittazione.

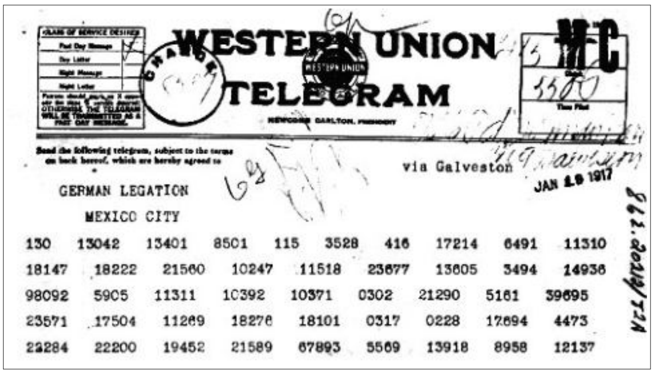
Dalla metà del XIX secolo la crittografia assunse un ruolo determinante nella trasmissione dei messaggi: l'uso del telegrafo e della radio rendevano infatti facili le intercettazioni, ma rimanevano in uso le varianti della tavola di Vigenere, di cui da tempo Friedrich Kasiski aveva scoperto un metodo rapido di decrittazione. In pratica i sistemi per criptare erano rimasti al palo mentre i crittoanalisti sfornavano nuovi metodi per *forzarli*. I Governi continuavano però ad illudersi di poter comunicare senza essere scoperti, causando incidenti anche clamorosi: nel gennaio del 1917 un telegramma inviato dal Ministro degli Esteri dell’Impero Tedesco, Arthur Zimmermann, all’ambasciatore tedesco in Messico venne intercettato dagli inglesi e decifrato in pochi giorni nella loro *camera nera*, la famosa *“Room 40”*.

Il contenuto era esplosivo: i tedeschi preparavano un attacco sottomarino globale e, temendo che gli Stati Uniti entrassero in guerra, proponevano ai Messicani di attaccarli a sud per distrarne le forze.

La situazione era imbarazzante per gli inglesi: il messaggio era sotto copertura diplomatica USA e desideravano non far sapere ai tedeschi che potevano decifrare le loro comunicazioni diplomatiche.

Il telegramma venne quindi passato agli americani, che dichiararono di averlo intercettato e decrittato in Messico (senza quindi violare la copertura diplomatica negli USA), ed il 1 marzo 1917 il presidente Wilson ne divulgò il contenuto. Zimmermann dovette ammettere di esserne stato l’autore e gli americani, già esacerbati per la morte di molti concittadini nell'affondamento del transatlantico Lusitania da parte del sommergibile tedesco U-20*,* dichiararono guerra alla Germania. Un risultato esattamente opposto al desiderato ed anche un errore strategico: il Messico, in piena rivoluzione, non poteva intraprendere la *“Reconquista”* dei territori perduti con l'invasione statunitense del 1846.

Scheda - Il Telegramma Zimmermann



WESTERN UNION TELEGRAM

NEWCOMB CARLTON, PRESIDENT

Send the following telegram, subject to the terms on back hereof, which are hereby agreed to

via Galveston

JAN 19 1917

GERMAN LEGATION

MEXICO CITY

130	13042	13401	8501	115	3528	416	17214	6491	11310
18147	18222	21560	10247	11518	23677	13605	3494	14936	
98092	5905	11311	10392	10371	0302	21290	5161	39695	
23571	17504	11269	18276	18101	0317	0228	17694	4473	
22284	22200	19452	21589	67893	5569	13918	8958	12137	

Particolare del telegramma originale e la proposta tedesca di aumento territoriale per il Messico: in verde il territorio originale, in rosso gli Stati da riconquistare

A partire dal 1° febbraio intendiamo avviare una guerra sottomarina ad oltranza. Nonostante ciò cercheremo di mantenere gli Stati Uniti neutrali. Nel caso ciò non si verificasse faremo al Messico una proposta di alleanza sulle seguenti basi: gestione congiunta della guerra, gestione congiunta della pace, offerta di un generoso aiuto economico e il nostro riconoscimento della riconquista del Texas, del Nuovo Messico e dell'Arizona. I dettagli conclusivi potrà definirli Lei.

Lei informerà il Presidente (del Messico) di quanto sopra con la massima segretezza non appena l' entrata in guerra degli Stati Uniti sarà certa, aggiungendo che egli dovrebbe, di sua iniziativa, invitare il Giappone ad aderire immediatamente e nello stesso tempo mediare tra noi e il Giappone.

Richiami l'attenzione del Presidente sul fatto che l'impiego ad oltranza dei nostri sottomarini offre l'opportunità di costringere l'Inghilterra a firmare la pace entro pochi mesi. Accusare ricevuta. Zimmermann.

La fine di questi antichi sistemi arrivò nella seconda guerra mondiale: i messaggi diretti ai sommergibili tedeschi contenevano spesso istruzioni valide per più di un mese: vi era quindi il tempo per *violarli* ed occorreva una cifra che potesse reggere ad attacchi così prolungati.

La tattica della guerra lampo (blitzkrieg) di Hitler si basava proprio sulla velocità di spostamento e la segretezza nelle comunicazioni. Per raggiungere questo scopo i tedeschi utilizzarono il disco di Alberti ed il sistema di Vigenère coniugati alle moderne tecnologie creando Enigma, una macchina che permetteva cifrature molto più sicure. I primi esemplari avevano solo tre dischi cifranti e si poteva sperare di accedere al messaggio ogni 10 milioni di miliardi di tentativi, ma nei successivi modelli i dischi montati erano 8 …

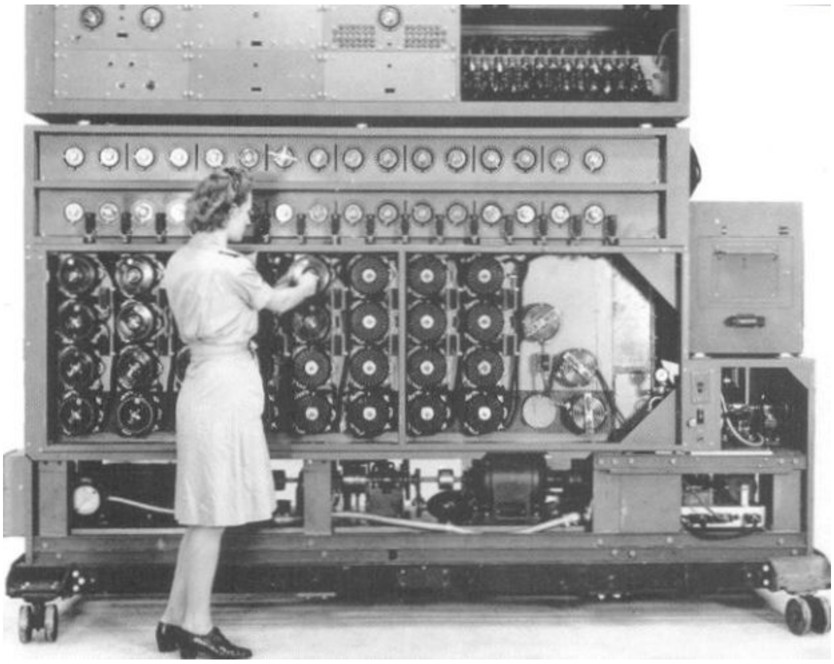
Il funzionamento è complicatissimo, ma in sintesi la macchina era composta da una tastiera, tre o più dischi rotanti per immettere la chiave, un display per leggere il risultato e degli spinotti che avevano l'effetto di scambiare tra loro due lettere (con l'uso dei 6 spinotti la complessità saliva di circa 100 miliardi di combinazioni). In pratica battendo una lettera questa veniva criptata con un altra e si accendeva la corrispondente lampadina per indicarla. Il messaggio veniva quindi scritto a penna lettera per lettera ed inviato. Per decifrarlo bisognava disporre di una macchina uguale e conoscere la posizione iniziale dei rotori e degli spinotti: battendo il crittogramma si accendevano una ad una le lampadine del testo in chiaro. Una comunicazione come questa *"avvistati 16 - 20 mercantili nella griglia ca 9133, firmato u-999"* diveniva "RDF QRLE ATMG SIKR ODX RDF" (inutile contare le lettere, in tedesco il messaggio è più sintetico): davvero impenetrabile!

Enigma: si notano la tastiera, le lampadine, i rotori e un particolare degli spinotti

Decrittare i messaggi prodotti da Enigma era quasi impossibile e, poiché gli attacchi dei sommergibili stavano seriamente impedendo i rifornimenti all'Inghilterra, il governo creò il centro di *Bletchley Park* dove radunò i migliori matematici, enigmisti e linguisti. Fu qui che Alan Turing, considerato il padre del computer, riuscì a costruire le famose *Bombe*, elaboratori analogici in grado di venire a capo delle cifrature tedesche decifrando oltre 4.000 messaggi al giorno. Un compito titanico.

Operatore Enigma sul sottomarino tedesco U-124

Oltre che alla potenza di calcolo ci si appigliava ad ogni più piccolo indizio, si supponeva per esempio che un sommergibile comunicasse per prima cosa la posizione, e quindi le prime lettere del messaggio potevano essere "latitudine" o "lat", e si provavano migliaia di queste combinazioni. In questo modo si riuscirono a decifrare molti dispacci tedeschi ed italiani ma il compito era così difficile che, trovata la chiave, i comandi lasciavano talvolta silurare navi poco importanti pur di non far insospettire il nemico facendogliela così cambiare. Un serio problema morale, ma si stima che il lavoro svolto a *Bletchley Park* abbia accorciato la guerra di almeno due anni salvando così innumerevoli vite. Nel 1944 venne infine realizzato, da parte di Tommy Flowers e Max Newman, un computer della potenza equiparabile ad un notebook dei primi anni '90. Chiamato Colossus per le sue dimensioni era così potente da poter decifrare i messaggi super criptati dello stato maggiore tedesco. Distrutto per motivi di segretezza alla fine della guerra è oggi ricostruito al museo di *Bletchley Park.*



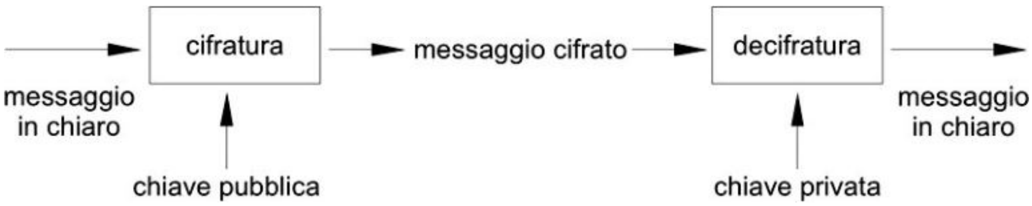
Una "bomba" al lavoro per decrittare un messaggio. Il curioso soprannome era dovuto al continuo ticchettare dei meccanismi

Divertente ricordare come talvolta le barriere linguistiche siano assolutamente insuperabili: durante la velocissima avanzata nel Pacifico le truppe americane scambiavano migliaia di messaggi al giorno e non vi era tempo per criptare, decrittare o distribuire macchine tipo Enigma. Utilizzarono quindi radio operatori di etnia Navajo, la loro lingua non era mai stata studiata e nessuno ne aveva compilato un dizionario: i dispacci trasmessi in navajo rimasero sempre incomprensibili per i giapponesi!

Operatori radio Navajo

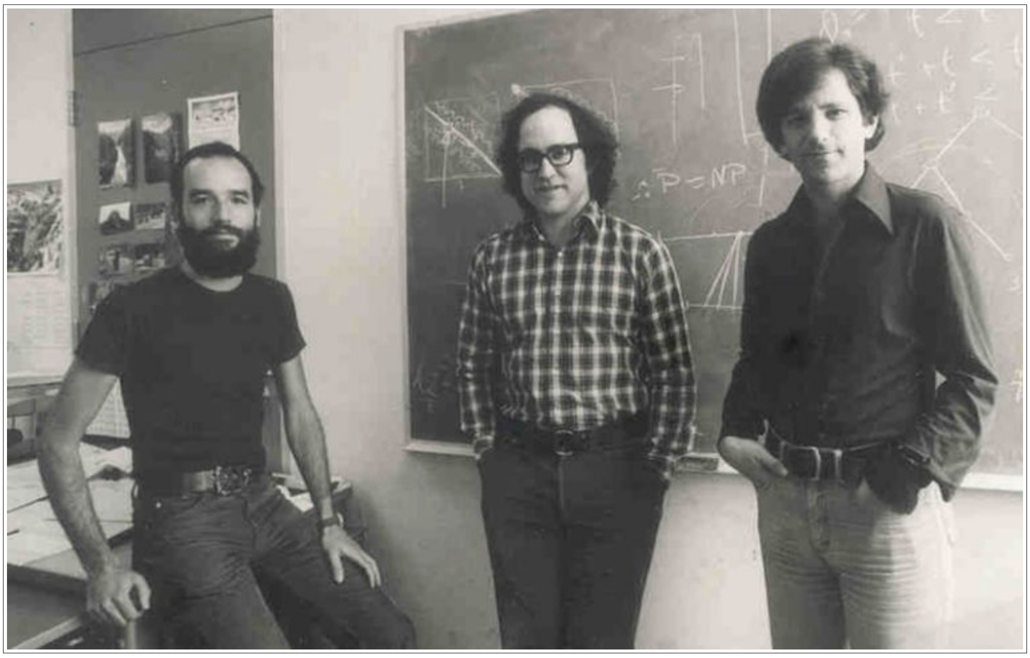
Dopo la guerra i computer permisero di elaborare ottime crittografie, sempre derivate dai sistemi di Alberti e di Vigenère, ai quali si applicava una chiave, o *verme*, molto lunga. Negli anni '70 però la diffusione delle carte di credito rese necessarie innumerevoli transazioni protette, ma per l'invio della chiave si doveva ricorrere a corrieri privati che non garantivano sufficiente rapidità e sicurezza. I computer, inoltre, permettevano ormai di tentare milioni di chiavi in tempi brevissimi.

Era considerato un assioma che, dato un sistema di cifratura, la chiave per criptare e decriptare dovesse essere sempre la stessa: nel 1976 Withfield Diffie, Martin Hellman e Ralph Merkle immaginarono che si potesse scomporre il procedimento in due parti, creando una chiave solo per cifrare da rendere pubblica, ed una solo per decifrare, o privata, da conservarsi. In pratica è come se distribuissi diversi lucchetti aperti di cui solo io conosco la combinazione: chiunque può prendere una scatola, inserirci il messaggio, chiudere il lucchetto e spedirmela. Mi arriveranno tante scatole chiuse con lucchetti di cui solo io posseggo la combinazione in grado di aprirli.



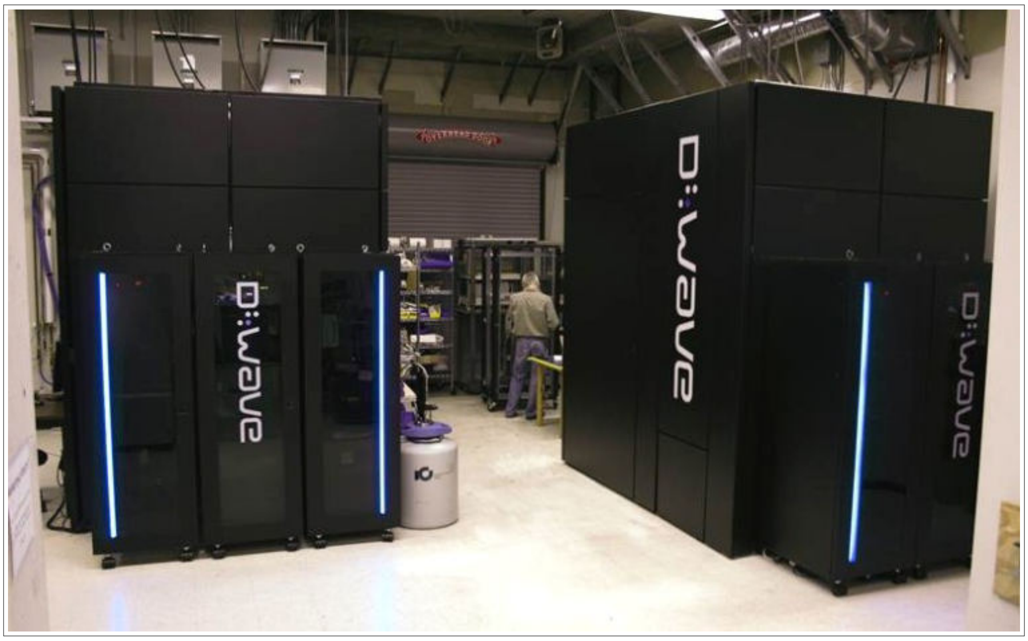
Non si conosceva però il modo pratico per creare una chiave di questo tipo e nel 1977 Ronald Rivest, Adi Shamir e Leonard Adleman proposero questo sistema: si prendono due numeri primi e si moltiplicano (es. 17.159 x 10.247), il numero ottenuto, 175.828.273, non è facilmente scomponibile nei fattori usati per produrlo e questa sarà la chiave che posso distribuire a tutti affinché criptino un messaggio e me lo inviino. Per risalire ai due numeri primi usati come fattori, se questi sono abbastanza grandi, un computer necessiterebbe di milioni di anni.

La semplicità di questa spiegazione non deve far sottovalutare lo sforzo intellettuale che fu necessario per creare l'attuale sistema di *cifratura asimmetrica*, chiamato RSA dal nome degli inventori, e se questi studiosi hanno raggiunto fama planetaria negli ambienti scientifici il pubblico ignora chi ha creato i suoi strumenti di uso quotidiano. Questa tecnologia permette infatti i quotidiani acquisti con la carta di credito, la firma digitale e la posta elettronica certificata.



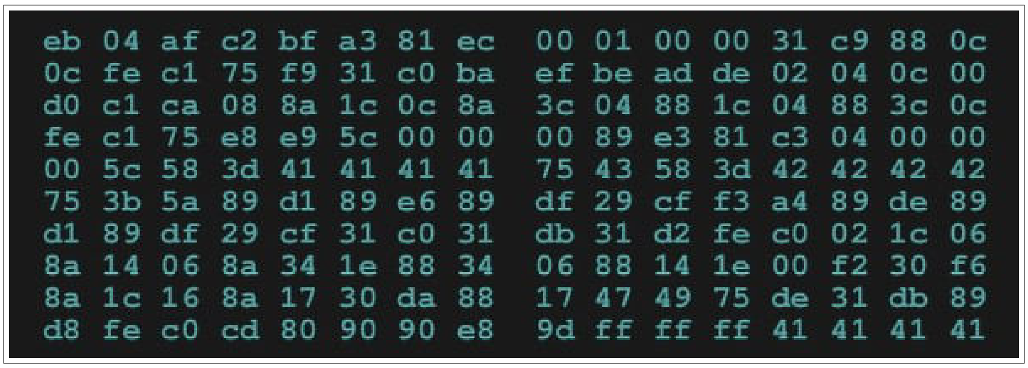
Shamir, Rivest e Adleman hanno rivoluzionato il mondo degli acquisti

La guerra fra crittografi e crittoanalisti non è ancora finita e prosegue con lo sviluppo dei computer quantici, nei quali i bit sono sostituiti da qubit (quantum-bit) capaci di aumentare la potenza di calcolo al punto di poter scomporre in poche ore chiavi pubbliche lunghissime.

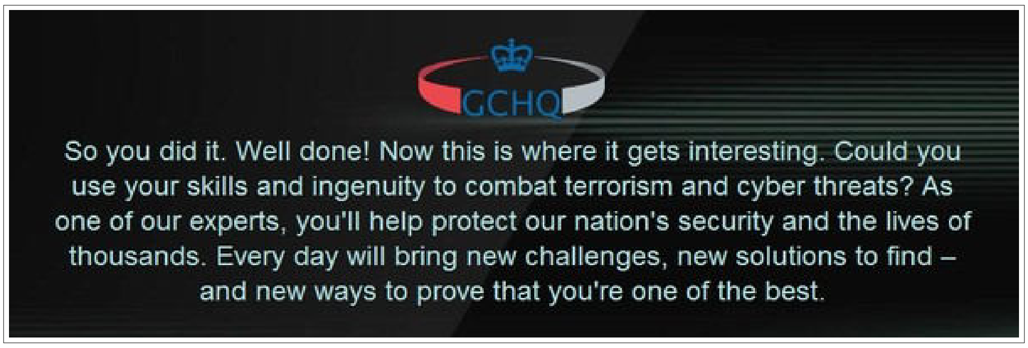


Il computer quantico di Google lavora alla temperatura di -232 celsius!

Il concetto di computer quantico fu ipotizzato da Richard Feynman nel 1982 e, nonostante la sua base teorica sembri una sfida al buon senso, dal 2011 la D-Wave Systems commercializza (per 10 milioni di dollari) un modello a 512 qubit subito acquistato dalla Lockheed Martin proprio per creare un nuovo sistema di sicurezza informatica. E' una competizione agguerrita che assomiglia ad una lotta evolutiva e già si profila la post-quantum cryptography, che non potrà essere decifrata con i computer quantici: cosa mai ci riserverà il futuro?



Questo è il test online per essere assunti come analisti al GCHV (Quartier Generale Governativo per le Comunicazioni inglese). Volete provare?



Nel caso riusciste a risolverlo apparirà questa schermata: è un lavoro duro per gente motivata, ma gli stipendi sono altissimi

Bibliografia

Molte informazioni sono state reperite dai libretti di istruzione dei calcolatori, dalle pubblicazioni della *Oughtred Society* ed altre riviste specialistiche. Questa la bibliografia essenziale:

AA.VV. Computing Before Computers. Iowa State University Press, 1990
AA.VV. Manuale dell'Ufficiale di Rotta, IIM, 1959
Bitto, Diana. Alla radice degli strumenti di calcolo. Università di Udine, ?
Brunetti, Franz. Le operazioni del compasso di Galileo Galilei. U.T.E.T. 1980
Cabizza, Gian Nicola. Il calcolatore di Antikythera, ?
Casson, Lionel. Navi e marinai dell'antichità. Mursia, 1976
de Médine, Pierre. L'art de naviguer. Guillame Roville,1554
Di Franco, Francesco. Manuale di navigazione astronomica. Mursia, 1974
Helfand, Jessica. Reinventing the Wheel. Princeton Architectural press, 2002
Hopp, Peter M. Slide Rules. Astragal Press, 1999
Ifland, Peter. Taking the Stars. Krieger Publishing, 1998
Konshak, Mike. A seminar on How to use the slide rule. sliderulemuseum.
Lalanne, Léon. Abaque ou compteur universel. Hachette, 1851
Martin, Ernst. The calculating machines. The Charles Babbage Institute, 1992
Martin, Gonzalo. Regles à Calcul pour l'Alcool. www.photocalcul.com
Orton, Hoy. Orton & Sadler's Business calculator. W.H. Sadler, 1897
Russo, A. Thomas. Antique Office Machines. Schiffer Publishing, 2001
Singh, Simon. Codici e segreti. Rizzoli, 1999.
Standage, Tom. The Victorian Internet. Bloomsbury Pub, 2014
Stanley, Philip E. A Source Book for Rule Collectors. Astragal Press, 2003
Stoll, Cliff. When the slide rules ruled. Su "American Scientific", maggio 2006
Von Jezierski, Dieter. Slide Rules. Astragal Press, 2000
Weiss, Stephan. Non-decimal Slide Adders and the Carry. Weiss, 2009

Sitografia

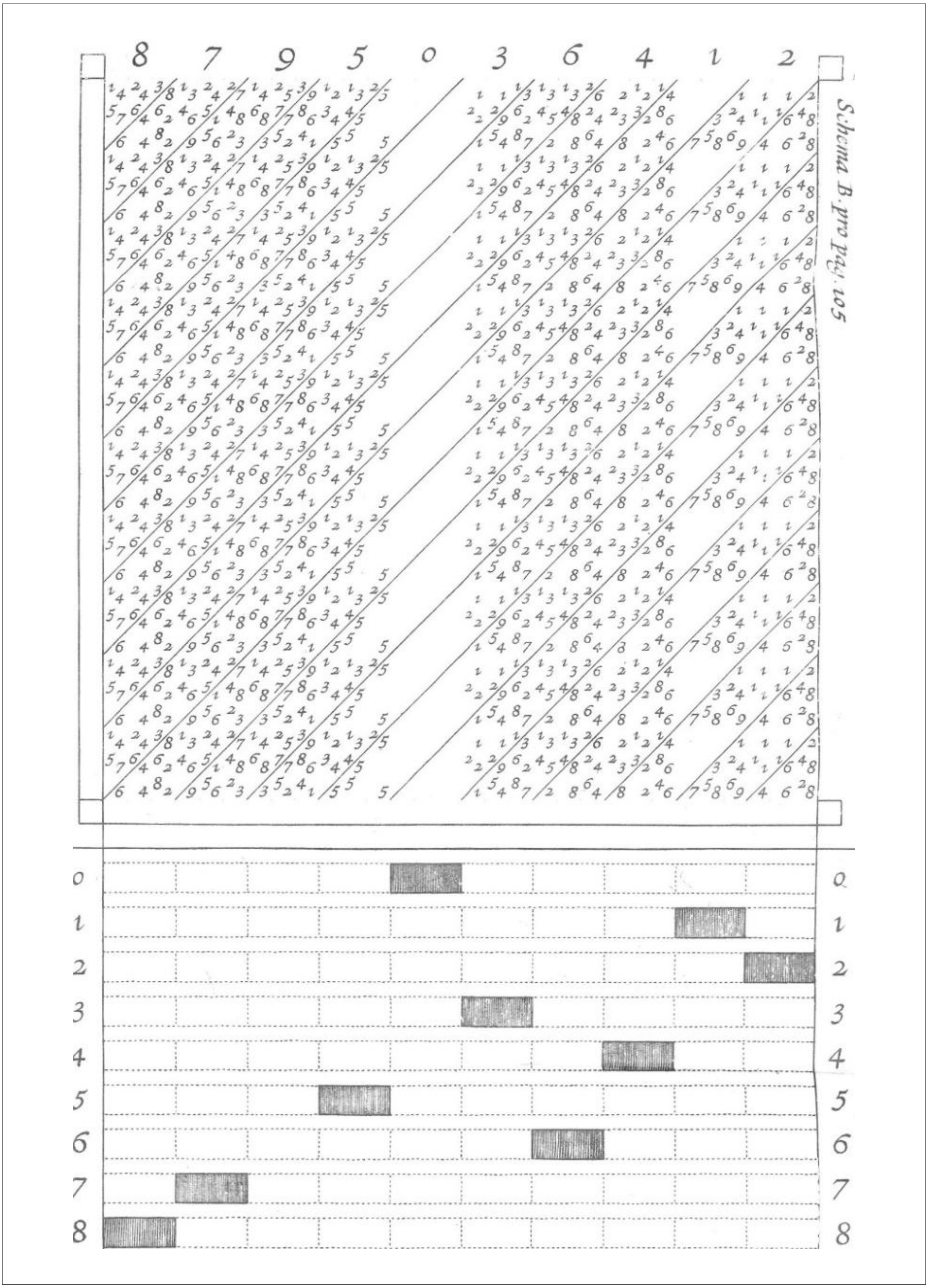
Innumerevoli i siti web visitati, per praticità riporto solo i più importanti sulla storia del calcolo:

Inglese

The Oughtred Society: www.oughtred.org
International Slide Rule Museum: www.sliderulemuseum.com
The Slide Rule Universe: www.sphere.bc.ca
Rechenmaschinen Illustrated: www.rechenmaschinen-illustrated.com
John Wolff's Web Museum: www.johnwolff.id.au
Andries de Man: sites.google.com/site/calculatinghistory
Vintage Calculators Web Museum: www.vintagecalculators.com
The Museum of HP Calculators: www.hpmuseum.org
Retrocalculators: retrocalculators.com
David M. Riches: www.mathsinstruments.me.uk
Kees Nagtegaal: www.mechanicalculator.com
Rod Lovett: sliderules.lovett.com

Spagnolo

ARC: arc.reglasdecalculo.org
Antonio Perez Prado: www.calculatinginstruments.com
Photocalcul: photocalcul.com



Nel 1617 viene dato alle stampe *“Rabdologiæ”* di John Napier: nasce il primo calcolatore scientifico, utilizzato per oltre 300 anni

Nicola Marras

Was There Life Before Computer?

gli strumenti di calcolo prima dell'era digitale

Il mondo di oggi,

fu progettato con tecnologie concepite nel XVII° secolo.

Il LEM atterrò sulla Luna con a bordo un regolo calcolatore, lo stesso strumento utilizzato da Newton, Einstein e Fermi, la prima partita a scacchi online è del 1844!

I moderni computer sono stati realizzati grazie a questi antichi strumenti che

sembravano insostituibili:

il compasso di Galilei arrivò a tracciare le rotte delle portaerei, i calcolatori di Pascal e Leibniz furono il motore della globalizzazione finanziaria e col regolo logaritmico inventato nel 1600 si progettò tutto, dall'ammiraglia di James Cook al Jumbo Jet.

Non si immaginava un mondo senza di essi,

ma nel 1972 ...

… apparve la prima calcolatrice moderna e un intero mondo scomparve all'istante Nel 1980 era già dimenticato.

Si era avverato il sogno di Leibniz:

non è conveniente che uomini eccellenti perdano, come schiavi, ore di lavoro per calcoli che potrebbero essere affidati a chiunque altro se si utilizzassero delle macchine

Riscoprendo questi antichi strumenti domandatevi:

che sarà domani delle nostre tecnologie?

Nicola Marras – Collezionista, membro di ARC e fellow della Oughtred Society, promuove con mostre, conferenze e corsi didattici la storia degli antichi strumenti di calcolo, della comunicazione e della navigazione astronomica.

Nicola desidera divulgare i sistemi che hanno anticipato la rivoluzione digitale: il computer è stato progettato con tecnologie concepite nel XVII° secolo.

Partecipa dal 2008 al *Cagliari FestivalScienza*. I suoi programmi sono stati presentati alla fiera internazionale dell'educazione *Science on Stage Europe*, negli USA e in varie nazioni europee. Il suo sito: www.nicolamarras.it.