



UNO SGUARDO RETROSPETTIVO SUGLI STRUMENTI DEL DISEGNO.

E.Chirone *, E.Rovida **

* Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Università di Brescia, emilio.chirone@unibs.it

** Dipartimento di Meccanica, Politecnico di Milano

ABSTRACT

Since the earliest times graphic communication is a main tool to transfer and record ideas and the instruments to impress lines on a surface follow the mankind's development along the centuries.

From the chisel engraving rock to the coloured lines drawn by the mouse on a TFT display it is truly a great change, but we can see too the underneath plot, with the continuous research of better tools to represent things to manufacture and use.

Maybe it appear a loss of time, but as the future has its source in the past, even in a technological field, a glance to drafting instruments along the centuries could be an agreeable trip and a source of consideration on the way covered to reach the present stage.

KEYWORDS: Drawing , History, Drafting Instruments

1. Premessa

Il disegno è fra le più antiche e diffuse forme di comunicazione fra gli uomini, e di conseguenza gli strumenti per il disegno accompagnano costantemente il cammino dell'umanità meritano quindi fra i documenti materiali della storia un posto, forse più di riguardo di quanto normalmente si pensi.

Ma che cosa si intende precisamente per strumenti del disegno

La definizione stessa di *Disegno*, come spesso accade per le cose più comuni, presenta una certa difficoltà (ed ancor più la presenta la definizione di *disegno tecnico*, come già altre volte si è osservato).

Ovviamente ci si può accontentare delle classiche definizioni da vocabolario, che utilizzano concetti che richiedono a loro volta spiegazioni: il disegno è una *rappresentazione grafica*....

Ma che cos'è una rappresentazione grafica? Che differenza c'è fra un'illustrazione ed un disegno tecnico? Lo sviluppo di questo discorso può condurre lontano, ma per i nostri scopi si si può considerare il disegno essenzialmente come un insieme di linee tracciate su delle superfici.

Per il tracciamento di tali linee sorge allora la necessità di strumenti idonei, adatti alla natura delle superfici e ovviamente legati alle tecniche ed ai mezzi disponibili nelle varie epoche.

Dai punteruoli usati nell'antichità per incidere superfici di pietra agli odierni elaboratori di immagini, attraverso i secoli, sono tanti gli oggetti che, in mano all'uomo, hanno consentito la rappresentazione di immagini finalizzata ad informare, ad istruire, a fornire indicazioni costruttive oppure a suscitare sensazioni.

Un discorso esaustivo richiederebbe un più ampio sviluppo e soprattutto una indagine assai più laboriosa, ma ci soffermeremo in questa sede su alcuni di questi strumenti, con brevi annotazioni, sulle loro caratteristiche e sulla loro evoluzione, trovando talora alcune anticipazioni e ritrovando origini e definizioni lontane di oggetti che quotidianamente usiamo.



Fig.1. Gli strumenti per il disegno spesso si basano su soluzioni tecniche che, applicando semplici principi uguali nei secoli, differiscono solo marginalmente.

Lo strumento per tracciare cerchi di piccolo diametro (balaustrino) basato sulla rotazione di una punta tracciante attorno ad un asse verticale fisso, viene interpretato in funzione della precisione richiesta e dell'elemento scrivente (a sinistra, per matita comune, a destra per puntale ad inchiostro, ad un secolo dal precedente strumento, e nell'immagine centrale in una raffinata versione ottocentesca, con elementi intercambiabili)

2. Gli strumenti per il disegno

Quando ci si avvicina alla storia del disegno, la prima considerazione che balza agli occhi è la carenza di documenti del passato meno recente.

Per citare Petroski, i tecnici, gli ingegneri hanno lavorato al di fuori dell'attenzione dei "media": oggi sappiamo tanto delle invenzioni di Leonardo perchè era considerato come artista, il che non si era verificato per la maggior parte dei tecnici suoi predecessori. Noi conosciamo attraverso i libri ed i manoscritti che le ospitano, le più fantasiose od errate teorie sull'universo e le irrealizzabili utopie di sognatori, piuttosto che le ingegnose e positive realizzazioni ingegneristiche sviluppate nel corso dei secoli.

I disegni tecnici, che sono fase iniziale ed accompagnatoria di queste realizzazioni, soffrono ancor più di una scarsa considerazione

Per gli strumenti da disegno qualcosa fra le memorie del passato è tuttavia recuperabile, poiché molti di essi sono comuni al disegno tecnico ed a quello artistico.

Grazie poi all'uso che del disegno viene fatto, non solo nella progettazione ingegneristica od architettonica, ma anche in ambito scientifico, una certa attenzione agli strumenti da disegno si trova anche nei musei scientifici e nelle pubblicazioni di storia della scienza. Naturalmente maggiore spazio viene dato agli strumenti di misura ed elaborazione di dati matematici e poco agli attrezzi di tracciamento per la loro intrinseca semplicità e per essere talmente inseriti nell'operare quotidiano da venire trascurati come oggetto di osservazione.

Strumenti ed attrezzature per il disegno manuale possono essere classificati in quattro categorie, secondo le loro funzioni, così sintetizzabili:

<i>Funzione</i>	<i>Strumenti principali</i>	<i>Strumenti ausiliari</i>
<i>tracciamento diretto</i>	matite, penne, tiralinee	gomme, raschietti
<i>precisione di tracciamento</i>	righe, squadre	sagome
<i>misura e riferimento</i>	compassi, goniometri,	scalimetri
<i>supporto del disegno</i>	carta, tela	tavoli

Come tutte le classificazioni anche questa è imprecisa: la gomma per cancellare non traccia linee, ma è un aiuto a definirle e correggerle, il compasso è nato come strumento di misura ma è anche utilizzato nel tracciamento diretto di curve e cerchi, il tecnigrafo è contemporaneamente supporto, aiuto al tracciamento e strumento di misura....

Non sono poi inserite nello schema tutte quelle apparecchiature in condominio fra il disegno e le scienze fisico matematiche, studiate per il tracciamento di curve e grafici particolari e che costituiscono uno dei temi di indagine più interessanti.

La suddivisione è tuttavia utile per una trattazione ordinata; ad essa potrebbe anche aggiungersi la categoria degli strumenti per la riproduzione, legati ai problemi di archiviazione e conservazione dei documenti grafici.

3. Strumenti di tracciamento grafico diretto



Strumento essenziale del disegno è ovviamente quello che traccia direttamente le linee e su questo è opportuno soffermarsi in primo luogo.

Da una semplice considerazione preliminare, che la scrittura non è altro che una forma di disegno semplificato e condotto ad un'espressione ed un significato simbolico, si deduce che lo sviluppo degli

Figura 2. L'evoluzione di un sistema: il portagrafite cinquecentesco descritto da Gessner ed un portamatite regolabile dell'800

strumenti per il disegno si sovrappone a quello degli strumenti per la scrittura, anche se non mancano particolarità legate alle modalità di impiego

E' un percorso che segue due metodi, che si potrebbero definire negativo e positivo. Il primo si basa sull' incisione delle linee sulle superfici mediante punte e scalpelli, in terra, nella

pietra, sull'argilla, nel legno, per passare allo stilo romano, con l'estremità appuntita per incidere lo strato di cera su una tavoletta e l'estremità opposta arrotondata, per lisciare, cancellando i segni preesistenti.

Una diversa forma plurisecolare di tracciatura è basata su un mezzo che lascia un segno sovrapposto alla superficie: il primo esempio è dato dalla traccia di polvere di carbone, lasciata, dapprima su una parete e poi su altri supporti, da un'asticella di legno carbonizzata ed appuntita.

Si è poi scoperto che alcune "pietre", come il gesso, si comportavano nello stesso modo e così altre sostanze, magari colorate, come la sanguigna, *lapis aematitis*, da cui traggono origine entrambi i termini che in italiano designano lo stesso strumento di scrittura.

Anche se nota fin dall'antichità, è dal Medioevo che dalla pietra naturale si sviluppa una serie di strumenti basati sull'utilizzo di polveri ottenute dalla sua macinazione ed impastate con vari leganti, cotte o no: i gessetti, i pastelli, a cera o ad olio.

Altrettanto antico è l'uso di asticelle in particolari metalli, come il piombo, l'antimonio, lo stagno, lo stesso argento, che lasciano tracce, più o meno evidenti, sui fogli, di pergamena o di carta, spesso colorata per far meglio risaltare i segni.

Intorno al XVI secolo, inizia a diffondersi un altro materiale, ritenuto dapprima un metallo per la sua caratteristica lucentezza: la grafite, chiamata "piombo spagnolo", "piombo inglese", "piombo nero", che lascia sui fogli tracce di intensità e dimensioni volute, graduando la pressione della mano e le dimensioni delle asticelle di materiale, tenute direttamente in mano o inserite in astucci cilindrici, come descritto nel 1565 dal Gessner, che ne riconosce la natura di materiale diverso dal piombo. Verso la fine del Seicento compaiono astucci in legno, e per passi successivi, la grafite, anch'essa ridotta in polvere, impastata con leganti e trafilata in sottili cilindretti, viene inserita in un involucro di legno, e giustifica appieno il suo appellativo (dal greco *grafein*, scrivere), datole nel 1779 da Scheele, che la riconosce come una forma di carbone (il che la apparenta ai legnetti carbonizzati dell'antichità)

Alcuni momenti fondamentali danno alle matite di grafite l'aspetto attuale: il processo di lavorazione dei contenitori in legno, elaborato in Germania, con successivi perfezionamenti, ed il processo Conté, messo a punto nella Francia di fine '700 per ovviare alla mancanza di grafite inglese, e basato sulla cottura di un impasto di grafite ed argilla, con possibilità di ottenere diverse durezze ed intensità di traccia.

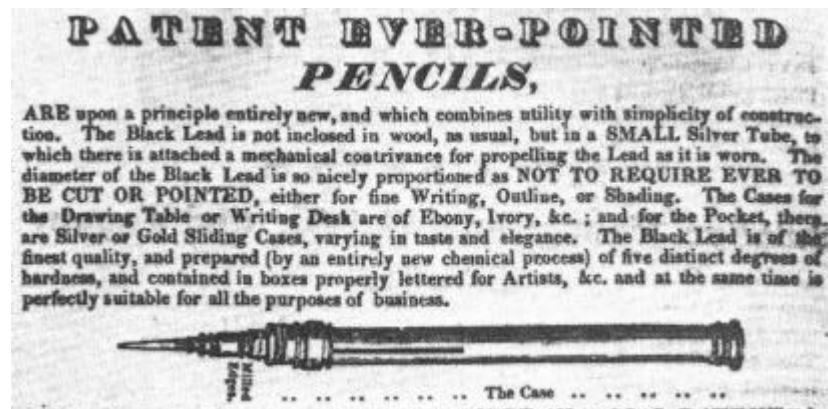


Fig. 3 . Nel brevetto inglese Mordan del 1827 si pone l'accento sulla novità che non richiede di temperare la punta delle mine, disponibili in cinque gradazioni di durezza



Figura 4: uno strumento bivalente di fine Ottocento: penna e portamine

Un passo successivo è l'invenzione ottocentesca dei portamine regolabili, a vite od a pulsante, che sono divenuti lo strumento principe del disegnatore tecnico, con forme svariate, uso di mine calibrate, con impasto elastico per

ridurne la fragilità, con ampia gamma di colori.

Finora si è parlato di tracce lasciate da materiali solidi, ma una serie di altri attrezzi usano traccianti liquidi, definibili sinteticamente inchiostri.

Anche qui si risale all'antico Egitto, con soluzioni di nerofumo o di altre sostanze coloranti, trascinate sui fogli per mezzo di cannule cave ed appuntite, da cui sono originate le penne di varia forma e tecnologia, o mediante sottili pennelli (*penicillum*, da cui l'inglese *pencil*).

Se penne e pennelli hanno nel complesso minore impiego nel disegno tecnico, dove in genere il problema è quello di tracciare linee e curve continue, di spessore variabile, l'inchiostro è (o meglio era) invece di grande interesse per la maggior durata, intensità e riproducibilità delle linee con esso tracciate. Senza soffermarsi, per motivi di tempo, su tale materiale (basti ricordare il cosiddetto inchiostro di Cina o China), un veloce cenno meritano quelle particolari forme di penne che sono i tiralinee. In questi la distanziatura variabile delle punte fra cui scorre l'inchiostro, consente differenze di spessore: la difficoltà di regolazione, e spesso di uso, dei tiralinee, da cui



Figura 6: un curioso tiralinee con serbatoio d'inchiostro, precursore delle attuali penne a china (1911)

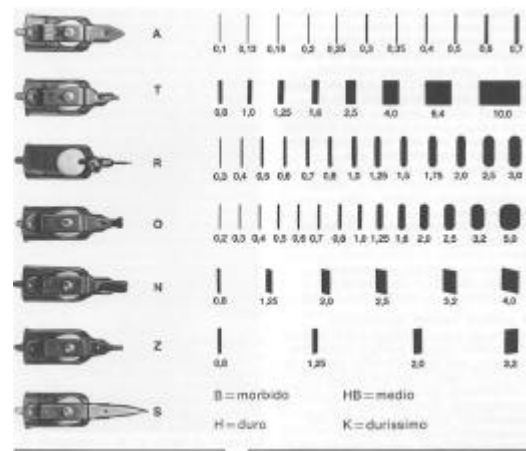


Figura 5: i pennini Graphos, tuttora utilizzati nella grafica

possono scaturire gocciolamenti e macchie difficili da eliminare, ha portato a varie tipologie di sostituti, dai pennini *Graphos*, che datano dagli anni '30 dello scorso secolo, alle penne tubolari calibrate degli anni '50.

Anche in questo caso tali attrezzi, (meno recenti di quanto si creda, come si vede dall'oggetto di figura 6) sono debitori all'evoluzione degli strumenti di scrittura che ha portato alle penne a serbatoio o stilografiche (di cui una prima versione si ha con il solito Leonardo)

Tralasciamo qui ancora gli strumenti per cancellare, ricordando che dalla mollica di pane dei tempi antichi si è arrivati al vasto assortimento attuale di gomme (che spesso di gomma non sono), con uno sguardo di simpatia alla matita in legno con gomma inserita all'estremità, che non è certo uno strumento per il disegnatore professionista, ma che ha accompagnato generazioni di scolari ed è presente in tutte le case, anche se insidiata da pennarelli di feltro o fibra con inchiostri di ogni colore.

4. Strumenti di ausilio al tracciamento

Rimane il fatto che nel disegno tecnico, a differenza di quello artistico, occorre precisione nel tracciamento delle linee, nel loro reciproco posizionamento (parallele, perpendicolari, inclinate di un definito angolo), nei loro rapporti dimensionali; accanto alle linee occorre tracciare cerchi, interi o parti di essi. La rappresentazione in scala comporta esattezza ed omogeneità di misure.

Tutto ciò richiede righe, squadre, compassi, goniometri e li ha richiesti fin dalle origini del disegno tecnico, in quelle applicazioni all'agrimensura che per prime hanno comportato una relazione fra rappresentazione e misura.

Il corredo tipico per il disegno tecnico non è quindi variato nei secoli nei suoi elementi essenziali, che compaiono nella figura 7.

Non è il caso di soffermarsi sui più semplici fra questi elementi: righe e squadre sono invariate nella loro forma da secoli, anche se variano i materiali con cui sono costruite, dal legno dell'antichità all'ottone o addirittura l'argento dei corredi settecenteschi, poi di nuovo dal legno di pero dell'800, alle varie materie plastiche di oggi.

A compassi e goniometri si accennerà fra gli strumenti di misura. Sulle maschere, utilizzabili per un più rapido tracciamento di elementi ripetitivi (cerchi, ellissi, elementi normalizzati) o di curve, fisse

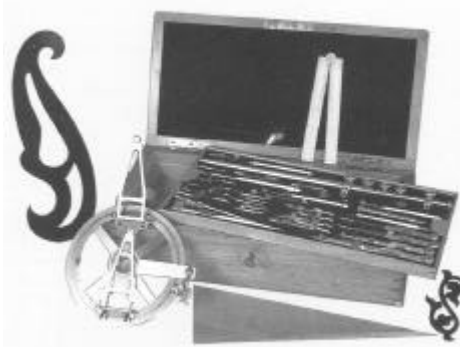


Figura 7: Corredo di strumenti da disegno (xix sec)

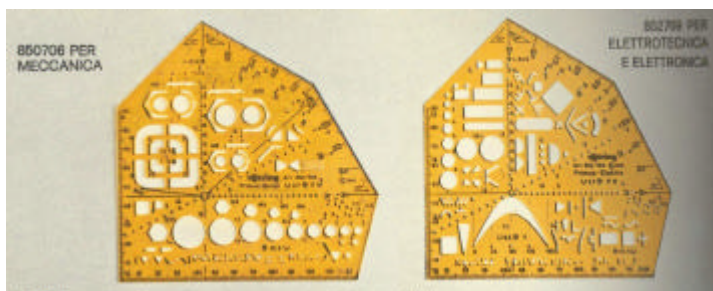


Figura 8: maschere per il tracciamento di elementi normalizzati

come il termine *spline* che le definisce si trovi anche nel disegno computerizzato per definire curve interpolanti.

Un particolare tipo di maschera, in questo caso di aiuto alla scrittura, per esigenze di uniformità e leggibilità, ed elemento caratterizzante di molti disegni tecnici, è stato per decenni il normografo (fig.9) che ha vissuto anch'esso un breve periodo di modernizzazione elettronica (fig. 10) per scomparire di fronte alle librerie di caratteri e simboli dei programmi di grafica computerizzata.

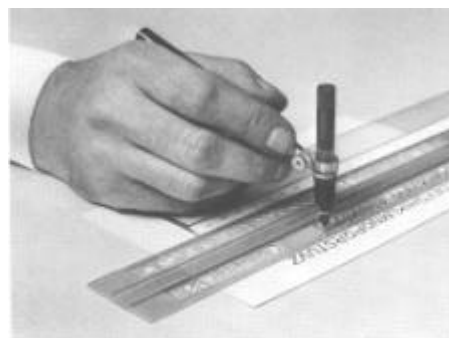


Figura 9: normografo per scrittura, utilizzato con un puntale per inchiostro



Fig.10 . Apparecchio per scrittura da applicare al tecnigrafo

Può invece destare qualche curiosità la presenza fra gli strumenti per il disegno, più diffusa naturalmente negli ultimi due secoli, di apparecchi più o meno ingegnosi creati per aiutare il disegnatore in operazioni ripetitive o difficili.

Le righe a T o Tè, da appoggiare ai bordi del tavolo da disegno (ved.fig.21), le righe parallele ed i vari tratteggigrafi costituiti da righe che scorrono sul disegno tramite rotelle, sono ormai solo un ricordo, di fronte ai programmi di disegno automatizzato

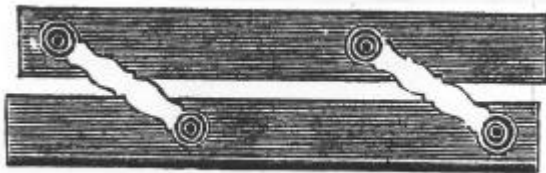


Figura 11: righe parallele, utilizzabili anche per tratteggi

geometriche che meccaniche. L'oggetto di figura 12, il *Polygraph*, in un catalogo del 1890 è presentato come strumento per tracciare 10000 diverse figure.

Strumenti per la riproduzione di disegni già eseguiti, per lo più anche con cambiamento di scala, hanno sempre destato l'interesse dei disegnatori. Il più noto è il pantografo, messo a punto agli inizi del '600 e perfezionato nei secoli successivi (fig.13): è in grado di ricopiare, ingrandire o ridurre disegni, mediante una punta che segue le linee dell'originale ed una punta scrivente che disegna la copia nella scala stabilita dall'opportuno infulcramento delle leve.

Altri strumenti, anche se ormai in disuso, costituiscono ancora un esempio di inventiva e di applicazione di conoscenze sia

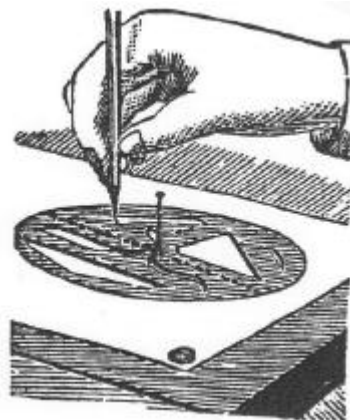


Figura 12: Il Polygraph (1890)

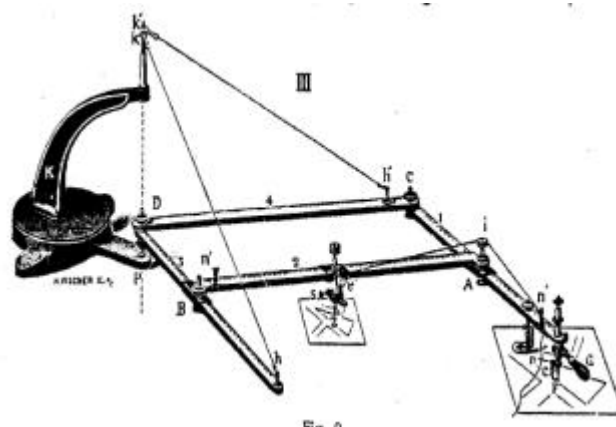
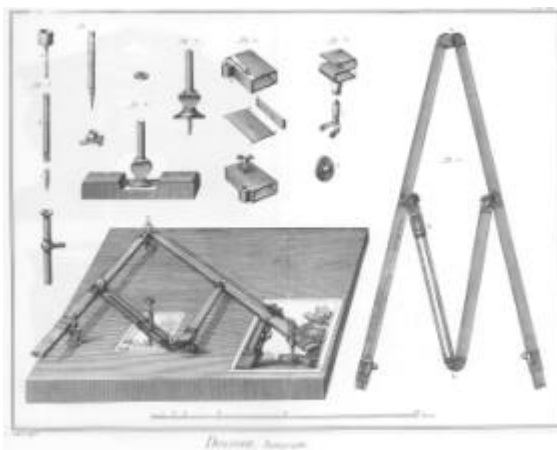


Fig. 13 . Il pantografo in grado di riprodurre, ingrandire o rimpicciolire i disegni ha subito numerosi miglioramenti esecutivi, a partire dalla sua apparizione nel XVII secolo.

A sinistra il pantografo in una tavola dell'*Encyclopedie* (fine '700), a destra un apparecchio di precisione Coradi (Svizzera, inizio '900)

5. Strumenti per misura e riferimento



Figura 14: Il Creatore come architetto usa il compasso (xii sec)

Lo strumento principe fra questi è il compasso, noto fin dalla civiltà babilonese, anzi tutto nella sua versione di rapportatore a punte fisse (fig.14). Nella versione di compasso di proporzione (fig.15) si ritrova dal Rinascimento, ma risale nelle forme più semplici all'età romana. Per il disegno una delle punte fisse sarà poi sostituita da un attacco per uno strumento di tracciatura, a grafite o ad inchiostro. I compassi sei-settecenteschi (come altri strumenti) sono spesso eseguiti con molta cura da artigiani specialisti, in metalli impreziositi da dorature e decorazioni. Solo dall'



Figura 15: un compasso di proporzione in ottone dorato (xvi sec)

'800 si semplifica la forma e si hanno diverse qualità di strumenti, più curati quelli destinati ad uso professionale, con meno accessori quelli per gli studenti delle

scuole tecniche che vanno sorgendo. E' proprio nel XIX secolo, sull'onda della rivoluzione industriale e delle trasformazioni sociali e culturali che ne seguono, la diffusione in tutti i ceti, insieme all'istruzione tecnica, degli strumenti per il disegno, che di quell'istruzione è pilastro fondamentale. La scatole di compassi diventano un simbolo per il tecnico e sono un regalo ambito per i ragazzi



Figura 16: una scatola di compassi in ottone ed acciaio (Italia, xix sec)

I fabbricanti si moltiplicano e c'è anche in questo campo una gara fra i paesi europei, per chi realizza i prodotti più affidabili: Svizzera, Francia, soprattutto Germania riscuotono apprezzamenti mondiali, ma anche l'Italia non è da meno, almeno per il mercato interno.

Si sperimentano materiali nuovi, più leggeri, come l'alluminio, o più resistenti alla corrosione, come l'alpacca.

Si mettono a punto forme particolari, per il tracciamento di piccolissimi cerchi, o all'opposto, con aste e prolunghe, per grandi diametri.

In pratica si ha la tipologia ancora valida ai giorni nostri.

Usati come strumenti a sé, completati da accessori, come attrezzi di misura, o, più semplici, inseriti nelle scatole di compassi, per le esigenze di tracciatura di angoli o di divisione di cerchi, circolari o semicirculari, i goniometri ottocenteschi perfezionano forme precedenti e presentano l'aspetto attuale (fig. 17)

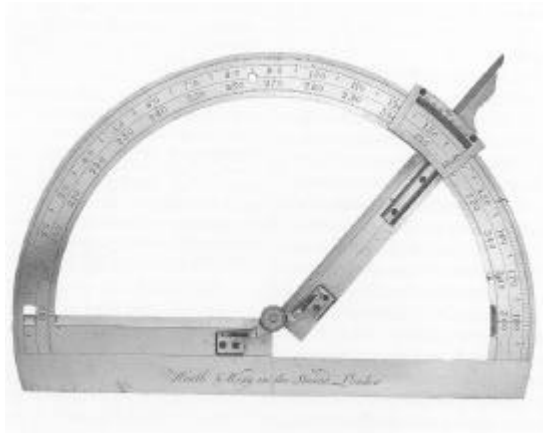


Figura 17: goniometro rapportatore settecentesco in metallo, con nonio per maggior precisione di lettura

Regoli graduati, con incise indicazioni di misure corrispondenti a diverse scale, rendono più rapide le letture delle dimensioni ed il tracciamento dei disegni: anch'essi di origine cinquecentesca, o forse anche anteriori, nell'800 assumono la forma odierna, triangolare prismatica (e non manca, in un catalogo di fine secolo, la pinzetta inseribile per facilità di uso!)



Figura 18: scalimetro triangolare

Il tracciamento di curve particolari, esprimibili matematicamente ha portato alla costruzione di attrezzi più o meno complicati, come gli ellissografi, o l'apparecchio di figura 20. Altri apparecchi sono stati costruiti per misurare sui disegni aree o percorsi (integrati, platometri, ecc), ma più che strumenti di disegno sono da considerarsi strumenti di calcolo, sia pure grafico: la rappresentazione grafica interessa trasversalmente scienze e tecniche diverse, con applicazioni e strumentazioni specifiche. Ad esempio per la topografia, oltre agli strumenti di misura e rilievo già citati, si veda il coordinatografo di figura 21, versione primigenia delle macchine di misura a coordinate .

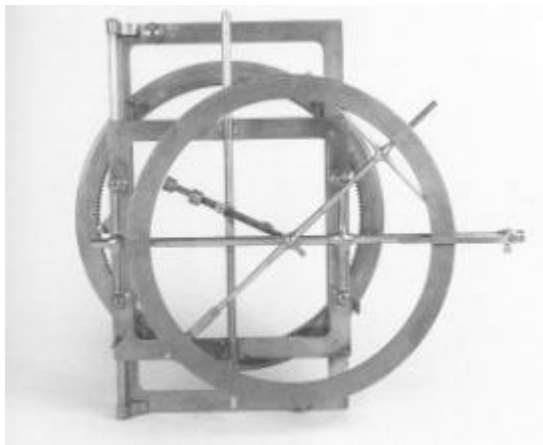


Figura 19: Ellissografo di Clement (1830 ca.)



Figura 20: *Volutor*, strumento per tracciare spirali (Londra, 1857)

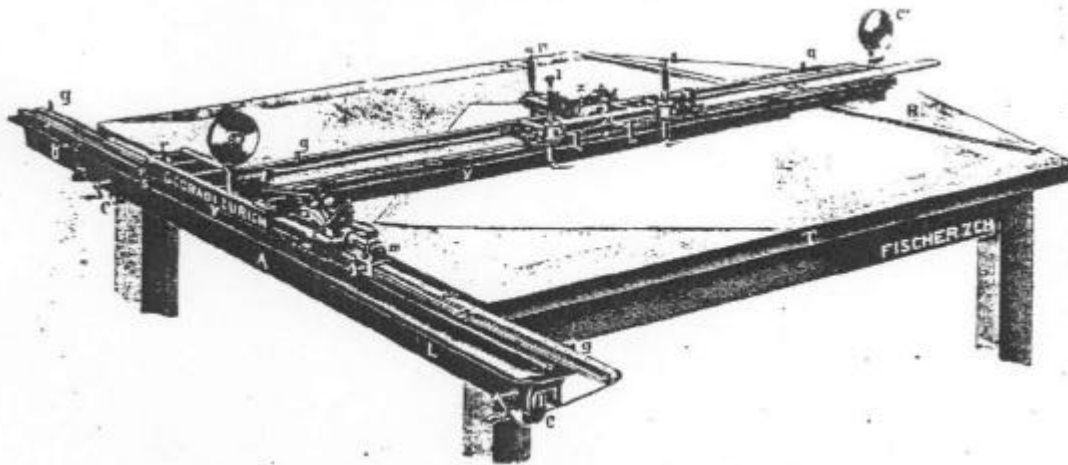


Fig. 21. Coordinatografo (fine '800)

6. Supporti per il disegno

Il disegno, come la scrittura, richiede in genere una superficie piana su cui essere tracciato e per lo più questa esigenza è soddisfatta da un foglio di carta. Prima della carta si può ritrovare l'uso del papiro, della pergamena, magari del legno o della tela (e si può parlare anche della pietra, se tornano in mente i graffiti). Come materiale traslucido per riproduzione alla carta si affiancano poi i poliesteri ed altri materiali sintetici.

Quasi sempre si tratta quindi di operare su fogli sottili, che a loro volta richiedono un appoggio: il disegno presuppone un tavolo da disegno (non parlando ovviamente di disegno al computer!).

Anche il tavolo, la superficie su cui appoggiare il foglio da disegno è da considerarsi uno strumento del disegno tecnico: una superficie perfettamente piana, indeformabile, stabile. Nel passato i tavoli subivano trattamenti piuttosto rudi: viene descritta l'operazione di inumidire il foglio su cui disegnare ed incollarne i bordi sul tavolo, in modo che il successivo ritiro per asciugatura assicurasse che il foglio stesso fosse ben teso. A disegno terminato il foglio veniva ritagliato ed il tavolo raschiato per asportarne la colla.

Non va dimenticato che la precisione costruttiva del tavolo da disegno era anche richiesta dal fatto di essere appoggio e riferimento per le squadre a T ed attrezzi consimili.

L'idea di conglobare nel tavolo le righe, con possibilità di movimenti paralleli, ortogonali ed angolari, risale solo al terzo decennio dello scorso

secolo: il tecnigrafo (o macchina da disegno, come definito in inglese) ha aumentato del 30% almeno la rapidità di esecuzione dei disegni tecnici ed ha regnato sovrano per alcuni decenni

T Squares.

23935 Cherry Blade and Fixed head.
 Size..... 15 18 24 36 48 inch
 Each..... 25c 30c 40c 60c 90c

23936 Cherry Blade and Movable Head.
 Size..... 15 18 24 36 48 inch.
 Each..... 50c 70c 90c \$1.00 1.50

23937 Mahogany, Ebony Lined, Fixed Head.
 Size, 24 30 36 42 48 54 60 inch
 Each. \$1.20 \$1.50 \$1.75 \$2.00 2.50 \$3.25 \$4.00

Drawing Boards.

23940 Pinewood, with two drawing surfaces and side ledges.
 Size 12x17 15x21 20x25 23x31 in.
 Each 65c 95c \$1.25 \$1.50

23941 Pinewood, with hardwood ledges dove tailed into the board to allow contraction and expansion.
 Size..... 20x24 23x31 31x42
 Each..... \$1.60 \$2.25 \$3.50

23942 Pinewood, with hardwood ledges, dove-tailed into the board to allow contraction and expansion, and groove sunk in 1/4 the thickness

Figura 22: righe e tavolette da disegno in un catalogo del 1895

negli studi di progettazione (fig. 23), cedendo poi il passo solo agli elaboratori elettronici, con i loro schermi prima monocromatici, poi a colori, poi....ecc

Con l'immagine del tecnigrafo, che passa fra le memorie del passato si conclude, questo rapido percorso fra gli strumenti del disegno.

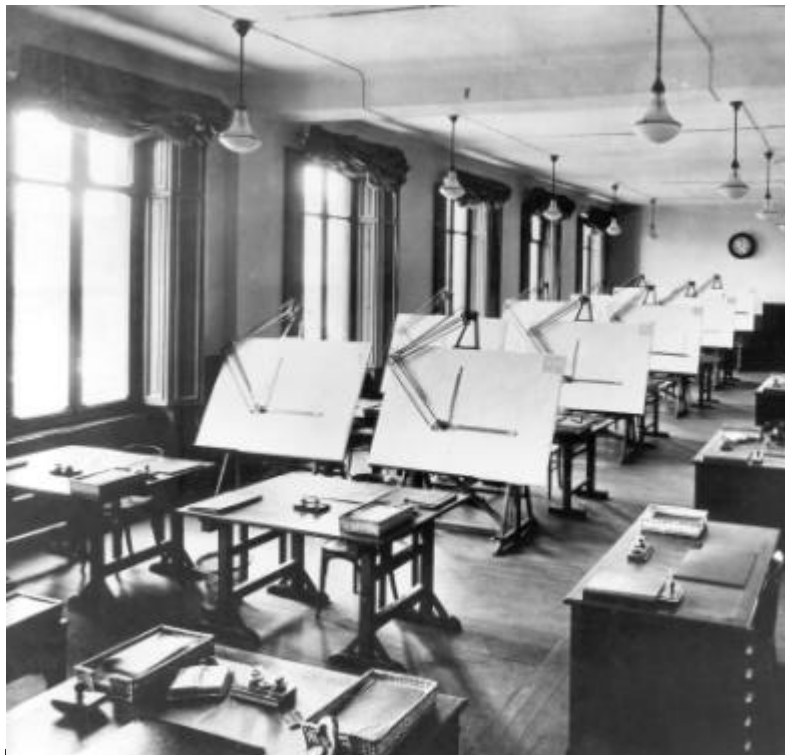


Figura 23: ufficio disegnatori alla FIAT di corso Dante, 1916

7. Conclusioni

In un generale ritorno all'attenzione sui documenti materiali del nostro passato trova posto anche lo studio degli strumenti concreti della comunicazione grafica.

L'importanza di questi oggetti, trascurati perchè apparentemente trascurabili, per lo sviluppo dell'umanità non può infatti essere sottovalutata: è un discorso che coinvolge in realtà tutta la storia delle tecniche e su cui gli specialisti dei vari settori cominciano a soffermarsi.

Il settore del disegno nelle sue applicazioni ingegneristiche è in pieno sviluppo e ricco di nuovi filoni di ricerca e studio ed è logico e giusto che l'impegno di chi opera in questo settore sia indirizzato soprattutto verso il futuro.

Sofferinarsi tuttavia qualche volta anche a considerare ciò che sta alle spalle può essere un buon esercizio, sia per il piacere di scoprire curiosità ignorate, sia per rendersi conto di quante idee siano nel passato scaturite dalla mente dei nostri predecessori e quante realizzazioni non abbiano lasciato traccia.

Il che potrebbe anche essere considerato un utile promemoria.

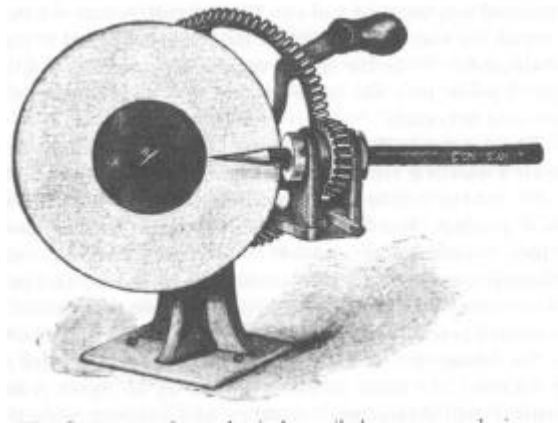


Fig. 23. Apparecchio per appuntire le matite (U.S.A., 1880)

8. Riferimenti bibliografici

AA.VV., *Disegni di macchine-Evoluzione di un linguaggio nello sviluppo della tecnica*, Milano, 1987

AA.VV., *Storia delle scienze- Gli strumenti*, Torino, 1991

Chirone,E. , Tornincasa S., *Disegno Tecnico Industriale* , 2 voll., Torino, 2000

Petroski, H., *The Pencil*, New York, 1998

Rovida, E., *Dallo scalpello al mouse*, Torino, 1999

Pubblicazioni delle ditte Faber, Hardmuth, Staedtler