GENERALE GIUSEPPE GIANNI

LA CARTOGRAFIA RAZIONALE NELLE SUE ORIGINI E NELLA SUA EVOLUZIONE

Estratto da *L' Universo*
Rivista dell'Istituto Geografico Militare
Anno XXIX - N. 3 - Maggio-Giugno 1949

LA CARTOGRAFIA RAZIONALE NELLE SUE ORIGINI E NELLA SUA EVOLUZIONE

(con sette tavole fuori testo)

I. — PREMESSA.

Perquanto anche in questa rivista sia stato altre volte ampiamente trattato (1) il problema della *cartografia* nella sua genesi e nella sua evoluzione tecnico-scientifica, tuttavia, data l'importanza sempre maggiore che vanno assumendo in futti i paesi gli studi e le ricerche di carattere cartografico, sembra utile tornare sull'argomento, anche in considerazione del vasto contributo che le realizzazioni cartografiche oggi apportano in molti campi dell'attività sociale ed in particolare in quello militare. E ciò, non tanto per ripetere cose più o meno note, ma bensì allo scopo di sinteticamente riassumere i concetti analitici e le forme applicative cui è pervenuta la cartografia razionale moderna, di esaminare lo stato di fatto di quella ufficiale contemporanea e di segnalare, infine, quali sono ancora le realizzazioni che, in tale campo, si prevedono e si attendono per giungere ad una effettiva uniformizzazione e generalizzazione, con carattere internazionale, dei criteri e procedimenti; criteri e procedimenti che risultano tuttora alquanto difformi perchè improntati, nei singoli paesi, a sistemi di solo interesse nazionale.

Il presente studio pertanto ha lo scopo di raccogliere e presentare in forma coordinata tutto ciò che più interessa, con riguardo alla cartografia passata ed a quella contemporanea, i caratteri geometrici ed analitici che informano la rappresentazione piana della superficie terrestre, e non già quelli tecnici ed artistici mediante i quali poi si addiviene materialmente col disegno a riprodurre figurativamente le forme planimetriche ed altimetriche della superficie stessa, ed a rappresentarne i particolari in forma convenzionale; questioni anche queste importanti, che pure interessano vivamente il cartografo, ma che esulano dal fine propostoci, di limitare cioè la trattazione alle basi scientifiche della cartografia razionale.

II. — SGUARDO STORICO.

Se lo sviluppo della cartografia, come scienza a sè, è relativamente recente, tuttavia il problema della rappresentazione in piano della superficie terrestre,

(1) Vedi in particolare: « *Sulle Carte Geografiche* » del prof. G. Boaga – L'UNIVERSO fasc. 5. anno XXII. settembre-ottobre 1947.

di pari passo a quello relativo alla determinazione della forma e delle dimensioni della Terra, risale ad epoche assai remote. Anche se nulla è rimasto del materiale cartografico più antico, pure le notizie che si hanno al riguardo ci consentono di pervenire fino a circa trenta secoli a. C. ; tanto che una parte di questo materiale fu conosciuto ed utilizzato dagli scrittori dell'antichità classica.

Come scienza, invece, la cartografia nacque in Grecia molto più tardi : (tav. I) ed Eratostene ne fa iniziatore Anassimandro da Mileto (610–546 a. C.), al quale ultimo si attribuisce il merito di avere tentato per primo, verso la metà del secolo VI a. C., la rappresentazione di quanto allora si conosceva della Terra, considerando questa di forma cilindrica. Si deve ad Erastotene una carta del mondo allora conosciuto (tav. II – 1), conformata con reticolato a meridiani e paralleli rettilinei ortogonali, non equidistanti, ma condotti per taluni dei paesi più noti ; il che, a seguito anche di quanto di analogo aveva precedentemente fatto nel 300 a. C. Dicearco nel suo mappamondo, è l'avviamento alla introduzione del reticolato geografico ; il quale, come noto, costituisce la base fondamentale di una cartografia razionale.

Tale reticolato trovò la sua scientifica utilizzazione con Ipparco di Nicea (165–125 a. C.) ; fu infatti questo grande astronomo greco che introdusse il criterio di indicare le località terrestri a mezzo delle coordinate geografiche ; coordinate che insegnò a determinare con procedimento astronomico.

Ma se Ipparco fu l' ideatore della geografia matematica e della cartografia presso gli antichi, Marino di Tiro (vissuto attorno al 120 a. C.) ne fu praticamente il fondatore. A lui infatti si deve la prima carta terrestre costruita con metodo razionale, calcolando cioè le posizioni geografiche dei singoli punti sulla sfera in base ai dati di distanza e di direzione raccolti ed utilizzando poi queste coordinate per l' inserimento dei punti stessi in un reticolato geografico, che disegnò sul piano nel sistema cilindrico-equidistante-rettangolare. Si ebbe così la prima carta terrestre effettivamente informata al principio delle proiezioni.

Si hanno quindi, in questo periodo, nel progresso della cartografia, tre grandi passi : il primo quando, avendosi in precedenza disponibili ai fini della rappresentazione cartografica solo elementi grossolani di posizione tra i punti, s' introdusse l'orientamento generale relativo a due assi coordinati (latitudini e longitudini), rispetto ai quali si vennero a valutare le distanze in stadi ; il secondo col tracciamento del reticolato a mezzo di linee parallele agli assi coordinati unenti i punti di ugual distanza dagli assi stessi ; il terzo, infine, con la introduzione del reticolato geografico, rispetto al quale si riportarono i punti in base alle loro posizioni geografiche.

La codificazione, che nel 150 d. C. fece Tolomeo delle opere precedenti, diede base scientifica alla cartografia richiamandone gli studi al problema delle proiezioni. Per la storia della cartografia razionale sono al riguardo particolarmente interessanti le proiezioni coniche di Tolomeo, perchè rappresentano le prime costruzioni geometriche con criteri di relatività tra figure obiettive e loro rappresentazione sul piano ; il che presupponeva la conoscenza della forma sferica della Terra ed anche una nozione sulle sue dimensioni. Ricorderemo che dalla mappa

equidistante di Tolomeo (tav. II - 2), perfezionata poi da Mercatore, trae origine la proiezione conica, che oggi chiamiamo sinusoidale e che dà vita a talune mappe globulari.

All'opera di Tolomeo seguì peraltro, fino al secolo X, un lungo periodo di arresto e di decadenza della scienza greco-romana ; dopo di che gli arabi, il popolo più evoluto ed intelligente dei successori dell' impero romano, restarono tra il X ed il XIV secolo i depositari della cartografia scientifica e razionale. È questo il periodo dello sviluppo delle carte nautiche lossodromiche, le quali, per l'estensione assunta dalle navigazioni trasversali del Mediterraneo, pervennero alla rappresentazione d'assieme dell' intero bacino di detto mare.

Gli arabi peraltro, più portati all'astronomia che non alla cartografia, non dettero a questa, nonostante la loro cultura matematica, alcun sostanziale impulso, tantochè, perquanto già nel secolo XIV si assista al sorgere ed al fiorire di buone scuole di cartografia, dobbiamo pervenire al secolo XV perchè la stilizzata ed irrazionale cartografia medioevale riprenda nuova e vigorosa vita colla diffusione della Geografia di Tolomeo e dei criteri razionali che questa pone a fondamento dei procedimenti cartografici ; ed in base ai quali, pur analizzando e descrivendo solo quella parte del globo che si conosce, pur se ne definisce il tutto, dando così modo di allargarne la rappresentazione man mano che procedono le scoperte geografiche. Alla Geografia tolemaica è informato tutto lo studio di preparazione e la stessa attuazione del viaggio di Cristoforo Colombo ; viaggio che costituisce l'avvenimento principale che caratterizza questo secolo.

Tra il XV ed il XVII secolo si ha il vero periodo di rinascenza dell'astronomia, della geografia e della cartografia, scienze che riprendono il carattere di universalità avuta presso i greci, che era loro venuto a mancare presso i romani e che era del tutto scomparso nella decadenza medioevale. Il vecchio mondo mediterraneo viene perciò sorpassato e la cartografia, anche in conseguenza dei progressi raggiunti dalle conoscenze geografiche e da quelle sulla forma e dimensioni della Terra, si estende ad abbracciare tutto il globo. È appunto in questo periodo, che coincide con quello delle grandi scoperte geografiche e dei notevoli sviluppi di tutte le scienze matematiche e tra queste di quelle geodetiche, che vengono gettate le basi della teoria delle proiezioni cartografiche dal punto di vista geometrico e che ne sono esaminate le caratteristiche e definiti i problemi fondamentali.

Segue un ulteriore sviluppo dopo che la geodesia ha dimostrato erroneo il concetto di una Terra esattamente sferica ed ha concretato la forma e le dimensioni di questa rispetto ad una superficie ellissoidica di riferimento. Con il che si giunge al secolo XVII, nel quale viene in pieno affrontato lo studio e lo sviluppo delle proiezioni cartografiche ; il cui problema peraltro, sul finire del secolo stesso, ma più ancora nel successivo, viene esaminato sotto un aspetto nuovo : quello cioè di analizzare i singoli sistemi di proiezione in modo da attenuarne le deformazioni in rapporto agli usi ed agli scopi pratici ai quali, caso per caso, le rappresentazioni debbono essere dirette.

Con questo passaggio dai criteri puramente geometrici a quelli analitici può ritenersi che abbia inizio il ciclo moderno della cartografia ; ciclo che giunge fino a noi e che, se da un lato è favorito dal grande sviluppo assunto dalle scienze astronomiche e geodetiche e dal sostanziale perfezionamento degli strumenti di misurazione, nonchè dell' importanza assunta dall'organizzazione delle operazioni geodetiche nel campo internazionale, dall'altro è caratterizzato dal progresso altrettanto cospicuo della cartografia razionale ; la quale, procedendo con ritmo sempre più celere in armonia alle altre scienze ausiliarie, rendendosi sempre più indispensabile per il suo contributo a numerose ed importanti attività sociali, si afferma ovunque con carattere nazionale, tanto da far sorgere la necessità della costituzione di appositi enti statali, che abbiano la responsabilità ed il compito della cartografia ufficiale in genere ed, in ispecie, della costruzione delle grandi carte topografiche delle singole nazioni. Il che costituisce il primo passo verso una organizzazione più ampia ed uniforme anche delle ricerche e delle realizzazioni cartografiche su vasta scala internazionale e con carattere mondiale.

III. — IL CICLO MODERNO DELLE RAPPRESENTAZIONI CARTOGRAFICHE.

La rappresentazione della superficie terrestre, in antico e per più secoli, fu informata all' idea generale di proiettare prospetticamente sopra un piano porzioni del globo considerato come sferico; il che, non essendo possibile senza dar luogo a *discontinuità (rotture) o sovrapposizioni (duplicazioni)*, condusse, come già accennato, a studi analitici per la ricerca di una più appropriata impostazione e soluzione del problema : quella cioè di ricercare adeguate forme nelle quali la corrispondenza tra punti terrestri e punti rappresentati risultasse subordinata al soddisfacimento di talune condizioni (equidistanza, isogonia, equivalenza, ecc.), che, caso per caso, meglio rispondessero agli scopi cui, per il suo uso, la rappresentazione era diretta.

Fu solo dopo le prime ricerche di J. H. Lambert nel secolo XVIII, rivolte a trovare una soluzione nel problema della rappresentazione sul piano della superficie terrestre mediante la similitudine di elementi infinitesimi, che i procedimenti cartografici, in precedenza guidati da criteri puramente geometrici, s'informarono a studi analitici nel senso più sopra indicato, dando così luogo al ciclo moderno delle *rappresentazioni cartografiche ;* alle quali ultime, peraltro, fu impropriamente conservato il nome generico di *proiezioni,* mentre furono contradistinte col nome di *prospettiche* quelle fondate sopra criteri e forme esclusivamente geometrico-proiettivi.

Così il problema cartografico, che nella sua essenza tecnica aveva avuto in precedenza una soluzione deduttiva, venne ad assumere un aspetto nuovo : quello cioè di determinare le caratteristiche delle singole proiezioni per poterle modificare ed applicare in modo da attenuare, caso per caso, le deformazioni delle figure del terreno nella loro rappresentazione grafica in conformità degli scopi di questa.

La metà del secolo XVIII, che nelle realizzazioni cartografiche segna l'accennato passaggio, viene considerato, come già detto, l' inizio del periodo moderno della cartografia ; periodo nel quale quest'ultima, sia nel campo degli studi che in quello applicativo, ha avuto uno sviluppo sempre crescente : e ciò anche in conseguenza delle necessità sempre maggiori, che sono venute man mano a presentarsi ad essa per rispondere alla rappresentazione anche topografica, e non solo geografica, di vasti territori. Infatti questo periodo, che coincide col massimo rifiorire delle scienze astronomiche e geodetiche, segna anche il passaggio dalle rappresentazioni a scale minori con carattere geografico, a quelle a scale maggiori aventi scopo topografico. Si ricorderà che fu appunto in tale periodo (tra il 1750 ed il 1815) che venne costruita la prima carta a grande scala, quella cioè della Francia (1 : 86 400), conosciuta sotto il nome di « Carta del Cassini » o « dell'Accademia ». Questa celebre carta, che segna veramente un'epoca nella storia della cartografia, perchè sul suo esempio si iniziò presso tutte le nazioni civili un intenso lavoro geodetico e cartografico, fu rappresentata nella proiezione, così detta, del Cassini : cioè una *cilindrica-inversa* con riferimento delle coordinate ad un sistema di assi cartesiani passanti per la cupola del Panthéon di Parigi e di cui quello delle ordinate nel piano meridiano.

La importanza di questa carta è segnata altresì dal fatto che essa iniziò l' èra della cartografia topografica associata alle grandi operazioni geodetiche, che, nel frattempo, assumevano particolare sviluppo per concretare le forme e dimensioni della Terra.

IV. — CLASSIFICAZIONE GEOMETRICA DEI SISTEMI DI PROIEZIONE.

In rapporto a come si concepisce e si attua la rappresentazione sul piano del reticolato geografico (meridiani e paralleli) si hanno in pratica molteplici *tipi* o *sistemi di proiezione ;* i quali per le loro caratteristiche geometriche vengono comunemente classificati a seconda della forma del *quadro della proiezione,* o della posizione dello stesso rispetto alla superficie terrestre, o della posizione del *punto di vista* lungo l'asse della prospettiva e quindi della distanza del punto stesso del quadro predetto. Si hanno così, in relazione alle accennate condizioni (tav. III) :

— per la *forma del quadro di proiezione :* proiezioni *prospettiche piane,* proiezioni *per sviluppo conico e cilindrico* e proiezioni *poliedriche.* Nelle prime, la superficie terrestre si considera proiettata sopra un piano ; nelle seconde, la proiezione ha luogo sopra una superficie conica o cilindrica, che poi viene sviluppata in piano ; nelle terze, infine, la proiezione avviene per limitate estensioni superficiali sopra le facce di un poliedro, che circoscrive la superficie stessa, e di cui ciascuna faccia è definita dalle intersezioni sul piano tangente all'elemento superficiale da proiettare dei piani dei meridiani e dei paralleli, che limitano l'elemento stesso ;

— per la *posizione del quadro di proiezione :* proiezioni *polari, meridiane* e *ze-*

nitali od *orizzontali*, a seconda che il detto quadro è parallelo al piano equatoriale, a quello meridiano, oppure all'orizzonte ;

— per la *distanza del punto di vista :* proiezioni *gnomoniche* o *centrografiche, stereografiche, scenografiche* ed *ortografiche*, a seconda che detto punto è al centro della sfera terrestre, o all'antipodo del polo della proiezione, o fuori della sfera terrestre, a distanza finita oppure a distanza infinita.

In merito alla *forma del quadro di proiezione* si osserva che, in effetto, i sistemi più sopra considerati si possono ridurre ad un unico tipo generale, quello cioè per sviluppo conico : difatti è questo che dà luogo, nel caso di semiapertura del cono di 90°, alle prospettive piane e, nel caso del vertice del cono all' infinito, alle proiezioni cilindriche. Così pure le proiezioni poliedriche possono non considerarsi come un sistema a sè stante, ma rientrare nelle prospettive piane, quando esse si valutino nei loro singoli elementi di rappresentazione sulle diverse faccie del poliedro, ciascuna delle quali, pur avendo un proprio centro di sviluppo od un proprio asse prospettico, ha però in pratica la forma e le funzioni di un normale quadro di proiezione prospettica piana.

Alle proiezioni geometriche, sempre in rapporto alla forma del quadro di proiezione, si possono aggiungere gli *sviluppi di prospettive* (*epiconici ed epicilindrici*), i quali consistono nello sviluppo sul piano delle prospettive dei punti del globo effettuate sul cono o sul cilindro aventi per asse l'asse polare.

Circa la *posizione del quadro di proiezione* si può notare che, perquanto la classificazione in polari, meridiane e zenitali si riferisca, in particolare, alle prospettive piane, pure anche le proiezioni per sviluppo possono classificarsi in rapporto al modo con cui si considera che il cono ed il cilindro investono la superficie terrestre. In pratica però, nel caso di proiezioni coniche, si considera l'asse del cono di sviluppo sempre coincidente con l'asse polare terrestre ; mentre, per le proiezioni cilindriche, l'asse del cilindro può assumersi in posizioni diverse e cioè secondo l'asse polare, oppure nel piano equatoriale ed anche secondo una direzione qualsiasi, dando luogo così a tre distinti tipi di proiezione cilindrica : la *diretta o polare o normale*, la *inversa o meridiana od equatoriale* ed, infine, la *obliqua od orizzontale o trasversale*.

Sempre in rapporto alla posizione del quadro, tutti i sistemi possono essere altresì considerati caratterizzati dall'avere il quadro stesso *tangente* oppure *secante* alla superficie terrestre da rappresentare ; il che però non cambia la natura e le proprietà geometriche della rappresentazione, in quanto conduce solo ad una trasformazione per similitudine e quindi ad un cambiamento di scala.

Infine per la *distanza dal punto di vista*, mentre per le prospettive piane si trovano negli usi pratici tutte le applicazioni più sopra indicate, per gli sviluppi conici e cilindrici si devono in pratica considerare solo i casi di posizione del predetto punto al centro della sfera (*proiezioni centrali*), oppure all' infinito nella direzione normale dell'asse del cono e del cilindro di sviluppo (*proiezioni ortogonali*).

Altra classificazione, che ricorre negli usi comuni per caratterizzare taluni sistemi di proiezione, è quella in base al numero dei centri di sviluppo : tantochè si chiamano *monocentriche* le proiezioni aventi un unico centro di sviluppo e *policentriche* quelle che ne hanno molteplici. È peraltro da considerare che tale suddivisione non investe il valore geometrico del sistema di proiezione, nè le caratteristiche analitiche che a questo conseguono, ma bensì riguarda più specialmente il criterio che, in rapporto ad un determinato sistema di proiezione, viene seguito per la suddivisione della superficie da rappresentare in elementi contigui, dei quali non sarebbe conveniente la rappresentazione rispetto ad un unico centro di sviluppo per le deformazioni che ne conseguirebbero.

Tipo caratteristico di proiezioni policentriche è quello delle poliedriche ; mentre monocentriche sono le proiezioni prospettiche piane. Le proiezioni coniche e cilindriche possono invece considerarsi come se ogni punto della linea di tangenza, del cono o del cilindro costituisse un centro di sviluppo di elementi superficiali infinitesimi nel senso della linea stessa.

Si chiamano comunemente *bicentriche* talune *proiezioni globulari*, che rappresentano l' intero globo terrestre in due emisferi separati, ciascuno dei quali ha un proprio centro di sviluppo al centro della callotta sferica che lo definisce. In tal caso, però, è uno stesso sistema di proiezione che si applica separatamente a ciascuno dei due emisferi, ciascuno dei quali viene in tal modo ad avere una propria rappresentazione, che non ha carattere alcuno di continuità con quella dell'altro.

Accanto a questa categoria di *proiezioni geometriche pure* si ha quella delle *proiezioni modificate*, le quali sono dedotte dalle precedenti apportando in queste lievi alterazioni alla loro natura geometrico-proiettiva, o per attenuarne alcune dannose caratteristiche, o per conferire alla rappresentazione taluni speciali requisiti. Questi sistemi modificati sono quelli che comunemente vanno sotto il nome di *proiezioni pseudoprospettiche*, *pseudoconiche* e *pseudocilindriche* a seconda che si riferiscono a sistemi prospettici, conici e cilindrici puri. Tra i sistemi pseudoconici sono caratteristici, anche per il loro vasto uso, quelli *policonici*, nei quali, anzichè considerare un solo cono di rappresentazione, quando la zona è molto estesa in latitudine, si divide questa in porzioni di limitata ampiezza, per ciascuna delle quali si effettua la rappresentazione sopra un cono di semiapertura crescente con la latitudine. E poichè con ciò, nello sviluppo dei successivi coni sul piano, ne risulterebbero le immagini delle zone coniche contigue non combacianti tra loro lungo i tratti di contatto dei coni stessi, così si conviene di rappresentare i paralleli successivi con archi di cerchio aventi tutti il centro sopra una stessa retta, immagine del meridiano fondamentale, lungo la quale la posizione del centro, come pure il raggio del parallelo, variano continuamente secondo una determinata legge.

Si hanno infine i *sistemi convenzionali*, i quali, allo scopo di informare le rappresentazioni a particolari caratteristiche, fanno astrazione da ogni concetto geometrico-proiettivo e basano le rappresentazioni stesse solo su criteri analitici.

Nei sistemi convenzionali, come in quelli modificati, le carte perdono il loro carattere di proiezioni geometriche per acquistare quello di costruzioni.

Tali sistemi, che costituiscono in pratica la più diffusa e comune varietà dei procedimenti cartografici oggi in uso, vengono, in genere, definiti in base alla forma che in essi assume il reticolato dei meridiani e dei paralleli ; tantochè si chiamano :

— *cilindrici*, quelli in cui i meridiani ed i paralleli sono rappresentati da due fasci di rette ortogonali tra loro : *mericilindrici* se solo i paralleli sono rappresentati da rette ;
— *conici*, quelli in cui i meridiani sono rappresentati da rette concorrenti in un punto ed i paralleli da archi di cerchio aventi per centro lo stesso punto : *mericonici* se solo i paralleli rispondono a tale condizione, mentre i meridiani sono rappresentati da curve ;
— *sferici*, quelli in cui tanto i meridiani che i paralleli sono rappresentati da archi di cerchio : *merisferici* se solo i meridiani sono circolari ;
— *rettangolari*, se il reticolato geografico è rappresentato da un doppio sistema di linee tra loro ortogonali ;
— *non classificati*, infine, quelli in cui non essendo i meridiani ed i paralleli nè rettilinei nè circolari, non rientrano nelle precedenti categorie.

Così pure, in rapporto alla forma che nel loro insieme assumono talune delle predette rappresentazioni, si sogliono denominare :

— *cordiformi*, quelle nelle quali il reticolato geografico dell' intero globo terrestre assume la forma di un cuore ;
— *stellate*, altre in cui la rappresentazione di uno dei due emisferi è contigua a quella dell'altro ma secondo gli otto spicchi periferici di una stella ;
— *trapezoidali*, altre ancora il cui reticolato, per un quarto di emisfero, risulta a forma di trapezio regolare ;
— *quadrate*, infine, quelle nelle quali il reticolato risulta per un intero emisfero a forma di quadrato.

V. — SUDDIVISIONE ANALITICA DEI SISTEMI DI PROIEZIONE.

Poichè con nessuna proiezione è possibile raggiungere nelle lunghezze, nelle aree e negli angoli delle figure rappresentate sul piano la perfetta configurazione di quelle esistenti sulla superficie terrestre, anche se questa si considera come sferica, così ogni sistema di rappresentazione può essere caratterizzato dalla specie delle variazioni cui essa dà luogo nelle forme e nelle dimensioni degli elementi rappresentati. Pertanto, sotto questo punto di vista, le proiezioni si possono ancora distinguere in :

— *automecoiche*, quelle in cui le figure subiettive ed obiettive conservano tutte le lunghezze. E poichè questo non è realizzabile in ogni direzione, perchè

in tal caso ne risulterebbe una rappresentazione per similitudine, ciò che non è possibile non essendo la superficie terrestre sviluppabile sul piano, così il mantenimento delle lunghezze può aversi solo lungo linee speciali: nel qual caso la proiezione si dice *equidistante* o *lineare* od anche *isoperimetra*;

— *quantitative*, quando si mantiene tra le superfici obiettive e quelle rappresentate un rapporto costante in tutta la rappresentazione. Se tale rapporto è l'unità, cioè se le figure rappresentate hanno uguali superfici di quelle obiettive, le rappresentazioni diconsi *equivalenti* od *autaliche*;

— *isogone*, o *conformi*, od *autogonali* oppure *ortoformi*, se le figure rappresentate conservano gli stessi angoli di quelle obiettive. Quando peraltro degli angoli si conservano inalterati solo gli azimut rispetto al centro di sviluppo della proiezione, questa si dice *azimutale*;

— *geodetiche*, quando tra superficie obiettiva e subiettiva si corrispondono le rispettive geodetiche, le quali sono nel piano rappresentate da linee rette;

— *afilattiche*, quelle che non sono nè equivalenti nè isogone. I sistemi afilattici che assicurano un minimo nelle deformazioni lineari, superficiali ed angolari sono detti anche *compensativi*: quelli che poi rendono minime le alterazioni massime dovute alle predette deformazioni si dicono rispettivamente *perimecoiche*, *perialiche* e *perigonali*.

Giova notare che, nelle proiezioni conformi, l'angolo di due linee tracciate sulla superficie obiettiva si conserva nella rappresentazione e l'alterazione, che subisce l'unità di lunghezza, è la stessa in tutte le direzioni attorno ad un punto: quindi, praticamente, entro un certo raggio attorno a tale punto, le figure obiettive e subiettive risultano simili tra loro ed il rapporto di similitudine, cioè la scala della rappresentazione, resta costante. Questo rapporto varia solo, ma leggermente, passando da una porzione di superficie alla successiva; perciò, tra punti a piccola distanza, gli angoli misurati sul terreno possono riportarsi nella rappresentazione senza correzioni di sorta ed il rilievo può essere effettuato supponendo la Terra piana e senza altra modificazione che quella di un leggero cambiamento di scala.

In merito a tale classificazione, che riveste un carattere analitico-differenziale, occorre tener presente che, come per le distanze è possibile conservare inalterati i rapporti di corrispondenza tra elementi rappresentati e reali lungo linee particolari, così pure tra gli elementi stessi si possono conservare o l'eguaglianza di tutti gli angoli, oppure il rapporto fra le aree. Non si può invece ottenere che una stessa proiezione risponda ad un tempo a caratteristiche di isogonia e di equivalenza, poichè la coesistenza di queste due condizioni implicherebbe la possibilità di sviluppo della superficie terrestre sul piano, il che in effetto non è.

Si rende perciò necessario di accontentarsi di volta in volta di soluzioni di compromesso, scegliendo cioè il sistema di proiezione che, per le sue caratteristiche analitiche, meglio risponde agli scopi ed agli usi cui la rappresentazione deve servire.

Così, mentre è opportuno ricorrere a sistemi equivalenti per le carte che devono servire a scopi fiscali ed economici, dove predomina l'interesse superficiale,

invece per usi ingegneristici e militari, per i quali interessano gli elementi angolari e lineari, è necessario avere carte isogone. Pure a criteri di isogonia devono rispondere le carte per la navigazione aerea e marittima, nelle quali peraltro è conveniente ancora che risulti rappresentato come rettilineo il minor percorso tra due punti (*linea ortodromica*); per il che occorre che tali carte siano anche geodetiche. Caratteristica quest'ultima che risulta particolarmente utile anche nelle carte geologiche e minerarie, in quanto consente di rilevare i punti che sono disposti sul terreno lungo uno stesso allineamento geodetico e, quindi, di verificare se distretti vulcanici, depositi minerari ed altri elementi di particolare importanza geologica e mineraria seguono leggi di allineamento.

In ogni caso poi la scelta del sistema di proiezione è subordinata alla posizione ed alla estensione geografica della superficie da rappresentare, nonchè alla scala alla quale la rappresentazione deve aver luogo.

È tuttavia da tener presente che, se la rappresentazione deve estendersi ad una zona piuttosto limitata, non è difficile trovare un tipo di proiezione che per le sue caratteristiche geometriche ed analitiche risponda a tutti gli scopi; e ciò in quanto le deformazioni lineari, superficiali ed angolari, cui ogni rappresentazione dà luogo, aumentano con l'allontanarsi degli elementi rappresentati dal centro di sviluppo della carta e possono quindi, in rapporto alla scala di questa, essere non rilevabili nelle adiacenze del centro stesso.

V. — I SISTEMI DI RAPPRESENTAZIONE IN USO.

In rapporto agli accennati criteri di costruzione delle rappresentazioni cartografiche si ha di queste un'estesa varietà di tipi, le cui caratteristiche possono così sintetizzarsi.

Nelle *proiezioni prospettiche pure*, combinando i tre metodi di scelta della posizione del quadro di proiezione con i quattro di distanza dal punto di vista (tav. IV), si hanno dodici diversi tipi di rappresentazione; nei quali la costruzione del reticolato geografico e la determinazione delle deformazioni sono particolarmente semplici, anche perchè in tali proiezioni la Terra viene considerata come sferica.

Di queste proiezioni, che tutte rientrano come casi particolari nelle *azimutali*:

— le *centrografiche*, rapidamente e fortemente afilattiche, hanno il pregio di essere rappresentazioni *geodetiche*;
— le *stereografiche* sono particolarmente importanti perchè *conformi* in ogni loro punto; per contro presentano il difetto della variabilità della scala di proporzione tra parte centrale della carta e parte periferica;
— le *scenografiche* sono moderatamente afilattiche: in esse, col variare della distanza dal punto di vista dal centro della sfera, si ottengono variazioni nelle deformazioni degli elementi rappresentati; delle quali peraltro, per distanza adeguata di tale punto, si può rendere minimo l'errore totale;
— le *ortografiche*, infine, sono sensibilmente afilattiche alla periferia, dove il rap-

porto delle superfici diminuisce rispetto al centro, contrariamente a quanto avviene nelle stereografiche.

Come già accennato, le proiezioni prospettiche pure dànno luogo a sistemi modificati o pseudoprospettici, i quali però derivano tutti dalle stereografiche e dalle ortografiche : non, in genere, dalle centrografiche perchè queste forniscono una figurazione troppo diversa da quella che ha la superficie terrestre per chi l'osserva dal di fuori ; e neppure dalle scenografiche, perchè in queste, come già detto, è più semplice attenuare qualche sfavorevole caratteristica col variare la distanza del punto di vista dal globo terrestre.

Nei *sistemi per sviluppo* (conico e cilindrico) (tav. V), a differenza che nelle prospettive piane, la Terra viene considerata nella sua forma ellissoidica perchè, in genere, queste proiezioni, che si limitano a non estese superfici, dànno luogo a rappresentazioni cartografiche a scale relativamente grandi.

Di queste proiezioni, quelle *coniche pure* sono fortemente afilattiche e perciò, in pratica, non sono usate che nelle loro modificazioni. Non così quelle *cilindriche*, che invece trovano, anche nella loro forma pura e diretta, usuale applicazione nella rappresentazione delle zone equatoriali, dove presentano limitate deformazioni nelle lunghezze e nella forma delle figure ; deformazioni che, invece, diventano molto sensibili e sempre maggiori col crescere delle latitudini. Tipo classico di queste proiezioni è la *cilindrico-equivalente di Lambert*, costruita col punto di vista all' infinito sull' intersezione del piano equatoriale con quello meridiano.

Molteplici sono i tipi modificati (*pseudoconici* e *pseudocilindrici*) delle proiezioni per sviluppo ; tipi che consentono di conferire alla rappresentazione caratteri di equidistanza, o di equivalenza, o di isogonia non conseguibili nelle forme pure. Tra tali sistemi modificati particolarmente notevoli, anche per il loro vasto uso, quelli *policonici*, dei quali si è dato precedentemente notizia, e che si prestano per le loro caratteristiche alla rappresentazione di zone molto estese in latitudine, ma poco in longitudine.

Le *proiezioni poliedriche*, infine, dette anche *proiezioni naturali* perchè in ogni loro elemento cartografico il reticolato geografico viene a tracciarsi con procedimento naturale di sviluppo dei meridiani e dei paralleli sul piano, possono considerarsi come proiezioni prospettiche, che colla molteplicità dei quadri di proiezione (uno per faccia del poliedro) dànno vita a carte policentriche (tav. V). I singoli elementi di tali carte hanno infatti le caratteristiche analitiche delle prospettive piane, salvo che la loro limitata estensione dà il vantaggio di evitare le forti deformazioni, che invece in queste ultime si hanno nelle parti distanti dal centro di sviluppo ; deformazioni che, oltretutto, nelle poliedriche, con conveniente scelta delle dimensioni dell'elemento cartografico, possono rendersi inapprezzabili in rapporto al graficismo del disegno.

Peraltro in tali sistemi la molteplicità dei centri di sviluppo fa sì che non sia possibile la riunione e la composizione in un piano di tutti gli elementi della

rappresentazione se non lungo i paralleli, oppure lungo i meridiani, e conduce quindi a *discontinuità* e *rotture*, che, nel primo caso, si verificano tra i meridiani e, nel secondo, tra i paralleli; discontinuità e rotture che però non sono cartograficamente rilevabili quando trattasi di comporre un limitato numero di elementi.

Le proiezioni poliedriche o policentriche, che si usano in genere per carte le quali, e per la scala adottata e per l'estensione della superficie rappresentata, non possono essere consultate che a fogli separati, costituiscono un ottimo sistema di rappresentazione, in quanto, nell'ambito superficiale di ogni elemento, potendosi la superficie considerare piana, qualunque sia la particolare proiezione adottata nell'elemento stesso, presentano in pratica i caratteri di equivalenza e di isogonia, che in genere maggiormente interessano una buona rappresentazione cartografica.

Da quanto brevemente accennato può dedursi come copioso sia il numero di sistemi di proiezione, che possono attuarsi, e dei quali non pochi, in effetto, hanno trovato e trovano tuttora ampio uso nella cartografia celeste e terrestre e particolarmente in quest'ultima; nella quale in special modo si deve rispondere a molteplici necessità in rapporto sia all'ampiezza della zona da rappresentare, sia alle scale alle quali la rappresentazione deve aver luogo, sia infine agli usi cui questa deve rispondere.

Per quanto riguarda i sistemi modificati si riportano in allegato (tav. VI) taluni di quelli più noti, che particolarmente possono interessare per la forma dei reticolati geografici, cui essi dànno vita.

VI. — I CONCETTI ANALITICI DELLA CARTOGRAFIA MODERNA.

Abbiamo in precedenza accennato come, nella cartografia antica, già con Dicearco si pervenne al tracciamento sul piano dell' immagine dei punti del terreno stabilendone il riferimento ad assi coordinati orientati secondo le direzioni cardinali; il che costituì l'avviamento alla successiva introduzione del reticolato geografico, del quale Ipparco insegnò il tracciamento, non più col criterio stadiale di Dicearco, ma bensì con osservazioni astronomiche, introducendo l'uso delle coordinate geografiche.

Coll'evolversi della scienza cartografica, pur mantenendosi il criterio di informare la rappresentazione dei punti del terreno riferendone la posizione al reticolato geografico, si è pervenuti al tracciamento di questo determinandone le linee (meridiani e paralleli) mediante le relazioni analitiche che intercorrono tra le coordinate geografiche dei punti del globo e quelle piane ortogonali dei corrispondenti punti rappresentati.

La geometria differenziale, come noto, risolve analiticamente in modo completo il problema della rappresentazione di una superficie qualunque sopra un'altra; tantochè da tale problema può essere derivato come caso particolare quello della rappresentazione sul piano della superficie terrestre, considerata in prima approssimazione come sferica (quando trattasi di piccole estensioni superficiali) ed in seconda approssimazione come ellissoidica.

Il concetto fondamentale, che informa tale soluzione, è quello appunto di stabilire una *corrispondenza biunivoca e continua* tra i punti della superficie terrestre e le loro immagini sul quadro di rappresentazione : corrispondenza che viene concretata in relazioni analitiche $[x = f_1(\varphi, \omega)$ ed $y = f_2(\varphi, \omega)]$ tra le coordinate geografiche dei punti obiettivi e le coordinate cartesiane dei corrispondenti punti sul piano.

Tali *formule di corrispondenza*, che prendono anche il nome di *equazioni della carta*, definiscono ogni tipo o sistema di proiezione ; in ciascuno dei quali, non essendo la superficie terrestre sviluppabile sul piano, sono da considerare tre specie di deformazioni – *lineari*, *superficiali* ed *angolari* – alle quali gli elementi rappresentati vanno soggetti : deformazioni che, in sostanza, caratterizzano il sistema considerato.

La teoria generale delle proiezioni cartografiche dà modo di esprimere analiticamente (attraverso ai *moduli principali di deformazione lineare*) le accennate deformazioni in funzione di alcuni elementi geometrici intrinseci della superficie obiettiva ; e quindi di definire, in base alle equazioni della carta, i *moduli di deformazione lineare*, *superficiale* ed *angolare*, che vengono così a segnare il grado di variabilità delle figure nel loro passaggio dal globo alla rappresentazione piana.

Nelle *proiezioni geometriche pure* le formule di corrispondenza sono conseguenti solo alle relazioni geometrico–proiettive, che intercorrono tra superficie subiettiva e superficie obiettiva. Nelle altre proiezioni invece (*sistemi modificati* e *convenzionali*) la corrispondenza analitica tra tali superfici, quale sintetizzata dalle formule di corrispondenza, è conseguente anche al soddisfacimento di condizioni, che s' impongono alla costruzione per assicurarle le caratteristiche (equidistanza, equivalenza, isogonia) che più si confanno agli usi cui la costruzione stessa è diretta.

Il problema della rappresentazione acquista grande importanza quando si esige che l' immagine serbi con l'obiettivo determinate relazioni ed, in particolare, che :

— le lunghezze rappresentate siano in rapporto costante con quelle delle linee obiettive,
— le aree figurate siano in rapporto costante con quelle obiettive,
— gli angoli obiettivi siano conservati nella rappresentazione.

E poichè tali caratteristiche sono in particolare connesse alla variabilità delle figure nel loro passaggio dalla superficie obiettiva al piano, ed il grado di questa variabilità, come già accennato, è definita dai *moduli di deformazione*, così, convenientemente intervenendo su questi, si può addivenire a sistemi di proiezione che raggiungano le proprietà richieste.

In sostanza, dunque, mentre in una proiezione geometrica pura le formule di corrispondenza dipendono solo dai caratteri geometrico–proiettivi della proiezione stessa, e da questi conseguono i moduli di deformazione, nelle proiezioni modificate, come nei sistemi convenzionali, sono invece i valori dei moduli di deformazione che si stabiliscono a priori, per addivenire poi a formule di corrispondenza che assicurino alle deformazioni il grado di variabilità voluto.

In particolare, se si indicano con L', S' ed a' e con L, S ed a rispettivamente le lunghezze, le superfici e gli azimut di elementi rappresentati e dei corrispondenti elementi reali e con:

— $m = L' / L$ il *modulo di deformazione lineare*;
— $\mu = S' / S$ il *modulo di deformazione superficiale*;
— $\delta = \alpha' - \alpha$ il *modulo di deformazione angolare*;

si osserva che, nel passaggio dalla superficie reale a quella rappresentata:

— *nelle lunghezze* per $m = 1$ $L' = L$ e quindi *uguaglianza*,
» $m > 1$ $L' > L$ e quindi *elongazione* o *dilatazione*,
» $m < 1$ $L' < L$ e quindi *accorciamento* o *contrazione*.

— *nelle aree* per $\mu = 1$ $S' = S$ e quindi *uguaglianza* (sistemi equivalenti),
» $\mu > 1$ $S' > S$ e quindi *ampliamento*,
» $\mu < 1$ $S' < S$ e quindi *contrazione*.

— *negli angoli* per $\delta = 0$ $\alpha' = \alpha$ e quindi *uguaglianza* (sistemi conformi),
» $\delta > 0$ $\alpha' > \alpha$ e quindi *accrescimento*,
» $\delta < 0$ $\alpha' < \alpha$ e quindi *diminuzione*.

Poichè la teoria delle rappresentazioni cartografiche dà modo, stabilito il sistema di proiezione, di esprimere analiticamente i moduli delle deformazioni lineari principali e conseguentemente quelli di tutte le altre deformazioni (lineari, superficiali ed angolari) in funzione di alcuni elementi geometrici intrinseci della superficie obiettiva (globo), così, nota questa, riesce possibile avere il grado di variabilità che le figure subìscono nel loro passaggio alla superficie subiettiva (il piano).

Pertanto, fissate le caratteristiche, cui si vuole che la rappresentazione corrisponda, si stabiliscono i valori dei moduli predetti; in conseguenza di che si definiscono le equazioni della carta. Nel caso di proiezioni non afilattiche, le condizioni da porre saranno:

— $\mu = 1$, $m = \text{cost.}$ e $\delta = \text{cost.}$, per le rappresentazioni equivalenti,
— $\mu = \text{cost.}$; $m = \text{cost.}$ e $\delta = 0$ per le rappresentazioni conformi.

Nel caso invece di proiezioni afilattiche, nelle quali tutto (distanze, aree ed angoli) è variabile, le condizioni che ne risulteranno per i moduli saranno:

$$\mu = \text{cost.} \quad , \quad m = \text{cost.} \quad \text{e} \quad \delta = \text{cost.} \quad ,$$

dove le costanti si fissano in modo che le deformazioni non superino determinati limiti.

Stabilite in tal modo le equazioni della carta, il reticolato geografico della rappresentazione può da esse dedursi analiticamente, tracciando cioè per punti le linee dei meridiani e dei paralleli: ed, in particolare, ogni meridiano col tener costante la corrispondente longitudine e far variare la latitudine da 0° a 90°, ed, analogamente, ogni parallelo col tener costante la corrispondente latitudine e far variare la longitudine da 0° a 360°.

VII. — LA CARTOGRAFIA CONTEMPORANEA ED I SUOI ORIENTAMENTI PER L'AVVENIRE.

Il grande sviluppo e la notevole importanza assunti dalla cartografia, non solo negli studi analitici, ma altresì nelle sue pratiche realizzazioni, il cui contributo alla conoscenza degli elementi geografici, economici e sociali di ogni paese va di giorno in giorno sempre più crescendo, hanno portato, da un lato, a coordinarne e modificarne i criteri scientifici, dall'altro, in epoca relativamente recente, a far sì che le ricerche e le operazioni cartografiche vengano affidate, nelle principali nazioni del mondo, a speciali enti pubblici; ai quali compete l'allestimento della *cartografia ufficiale* di ogni singolo paese con procedimenti e con norme, che diano le dovute garanzie perchè le carte, che la compongono, possano assumere carattere probatorio ai fini sia scientifici che tecnici.

Ed è così che, già alla vigilia dell'ultima grande guerra, in tutte le nazioni civili del mondo esistevano istituti statali geodetici, topografici e cartografici destinati allo scopo; molti dei quali durante il conflitto ebbero ad esplicare una eccezionale attività, particolarmente nel campo cartografico militare; e la maggior parte dei quali, compresi quelli di nazioni particolarmente provate dalla guerra, come ad esempio l'Italia, hanno già ripreso in pieno nel dopoguerra la loro precedente attività anche nel campo della cartografia civile.

In Italia gli Enti Cartografici, destinati dallo Stato alla produzione della cartografia ufficiale ed alla disciplina ed al controllo di quella nazionale privata, sono l'*Istituto Geografico Militare*, l'*Istituto Idrografico della Marina* e l'*Amministrazione del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali*. Inoltre particolari funzioni scientifico-tecniche sono al riguardo affidate alla *Commissione Geodetica*, al *Servizio Fotogrammetrico dell'Aeronautica Militare*, all'*Ufficio Geologico*, e, per quanto attinente alle necessità militari, agli *Stati Maggiori delle Forze Armate*.

Per fini scientifici, storici, economici, sturistici e simili la produzione cartografica privata è in Italia libera, semprechè però risulti informata come riproduzione dei particolari topografici alla cartografia ufficiale.

Nel campo internazionale, alla coordinazione anche degli studi e dei problemi cartografici ed alla loro discussione presiede oggi, con carattere di universalità, l'*Unione Geodetica e Geofisica Internazionale*, alla quale sono aderenti quasi tutte le nazioni del mondo; essa con congressi periodici dà impulso alla soluzione delle più importanti questioni di sua competenza, fornendo quindi suggerimenti ai governi interessati.

Riportandosi a quanto in uso nelle principali nazioni del mondo ed in particolare in quelli europei e mediterranei (tav. VII), una visione sia pure superficiale di quello che anche oggi è l'effettiva situazione della cartografia ufficiale dà luogo a rilevare che questa non si è ancora adeguata al progresso che è stato conseguito dagli studi scientifici sia geodetici che cartografici; e ciò anche per quanto riflette quelle questioni sulle quali è stato raggiunto un accordo di unificazione nel campo internazionale.

Pertanto, mentre la stessa cartografia ufficiale delle singole nazioni presenta in se stessa caratteristiche diverse in conseguenza sia dell'epoca dalla quale i suoi tipi traggono origine, sia dei criteri analitici cui i suoi sistemi sono informati, sia infine della molteplicità delle scale di rappresentazione adottate, d'altra parte, nel campo internazionale, si presenta nelle realizzazioni cartografiche una complessa difformità tra paese e paese. E ciò, non solo in rapporto alla scelta dei sistemi di rappresentazione, ma altresì in conseguenza del fatto che questi non in tutti i paesi sono riportati ad una stessa superficie di riferimento, nè oltretutto a reticolati geografici conseguenti ad una conforme compensazione d'insieme delle reti di triangolazione. L'attuale stato di fatto inoltre fa rilevare come non poche sono le nazioni nelle quali non si ha unicità di sistema geodetico e cartografico, essendo il primo informato ai nuovi concetti geodetici ed il secondo, invece, a quelli di una preesistente cartografia, oggi ancora in uso, ed alla quale si adattano con espedienti i procedimenti del sistema geodetico. È quello appunto che sta avvenendo nella cartografia ufficiale di talune nazioni per il reticolato ortogonale (da noi denominato reticolato chilometrico), che, riferito ad un sistema conforme, viene introdotto anche in carte rappresentate in altro sistema di proiezione.

A tale ultimo riguardo l'orientamento odierno della cartografia è quello di addivenire per le carte di carattere topografico all'adozione di sistemi cartografici conformi, a sviluppo conico o cilindrico, che consentano l'inquadramento della rappresentazione in un reticolato cartesiano, espressione della proiezione stessa sviluppata per ampie superfici, con suddivisione di queste in *fusi* (di longitudine) od in *zone* (di latitudine) di estensione adeguata alle deformazioni che, in rapporto alla scala, non si debbono graficamente superare.

In Europa molte nazioni (Bulgaria, Finlandia, Germania, Inghilterra, Jugoslavia, Norvegia, Polonia, Portogallo, Russia, Svezia e recentemente anche l'Italia) hanno allo scopo già adottato nella cartografia topografica statale la rappresentazione di Gauss (cilindrico-inversa), mentre altre (Belgio, Danimarca, Estonia, Francia, Grecia, Rumenia e Spagna) si sono orientate al sistema di Lambert (conico).

Peraltro il primo di questi due sistemi si va sempre più generalizzando, tantochè si auspica dai geodeti che si possa in Europa addivenire ad una unificazione su tale sistema con spezzatura uniforme dei fusi meridiani di sei in sei gradi a partire da Greenwich. Anche gli Stati Uniti hanno recentemente abbandonato la loro preesistente proiezione per sostituirla con quella cilindrico-inversa di Gauss-Krüger, che hanno denominato proiezione-trasversa di Mercatore, e che applicano secondo fusi di 6° a partire da Greenwich, con riduzione di scala della 0,4 per mille.

L'adozione dei nuovi sistemi di rappresentazione sta altresì conducendo alla definitiva sostituzione nelle carte topografiche dell'accennato reticolato chilome-

trico a quello geografico ; sostituzione che già vide la sua prima comparsa verso la fine della prima guerra mondiale nelle carte militari di alcune nazioni belligeranti (tra cui prima la Francia) ; ed il quale, oltretutto, presenta il grande vantaggio, nell'uso delle carte a scopo geodetico, di semplificare i calcoli con cui si possono determinare le relazioni di posizione (distanze ed angoli) anche tra punti rappresentati in elementi cartografici diversi.

Altra causa di difformità nelle realizzazioni cartografiche è oggi rappresentata dal fatto che, come già accennato, non tutte le nazioni hanno finora riferito le loro operazioni geodetiche allo stesso *ellissoide*, cioè ad un ellissoide avente gli stessi parametri. Possiamo anzi dire che tuttora ogni nazione si avvale a suo piacimento nella propria cartografia di uno dei tanti *ellissoidi di riferimento* che sono stati definiti in passato.

Caratteristiche di taluni dei più noti ELISSOIDI DI RIFERIMENTO della superficie terrestre.

AUTORE	ANNO	Semiasse equatoriale : a	Semiasse polare : b	Schiacciamento : $s = \frac{a-b}{a}$
Delambre	1810	6.376.985	6.356.319	1 : 308,6
Bessel	1841	6.377.397	6.356.079	1 : 299,2
Fischer	1868	6.378.338	6.356.230	1 : 288,5
Clarke I	1866	6.378.206	6.356.584	1 : 295,0
Clarke II	1880	6.378.249	6.356.515	1 : 293,5
Harckness	1891	6.377.972	6.356.727	1 : 300,2
Helmert	1906	6.378.140	6.356.818	1 : 298,3
Struve	—	6.378.298	6.356.689	1 : 295,2
Hayford	1909	6.378.388	6.356.909	1 : 297,0

Perquanto le differenze dei parametri di tali ellissoidi risultino di massima esigue, pure esse apportano nel calcolo della posizione dei punti di triangolazione variazioni apprezzabili anche nel campo cartografico ; variazioni che si rendono in pratica evidenti nei punti comuni delle triangolazioni delle nazioni confinanti.

Tra il 1900 ed il 1909 il geodeta americano J. F. Hayford, utilizzando le osservazioni astronomiche eseguite dall' U. S. Coast and Geodetic Survey, stabilì col metodo delle aree un sistema di 765 equazioni di condizioni, dal quale ricavò i parametri dell'ellissoide locale. L' Unione Geodetica e Geofisica Internazionale, nell'assemblea generale di Madrid dell'ottobre 1924, consacrava i risultati di Hayford decidendo di assumerli quali costanti di un *ellissoide internazionale* ; il quale, in base ai valori forniti dallo stesso Hayford, è stato definito come segue :

— semiasse equatoriale $a = 6.378.388$ m.
— schiacciamento $s = 1 : 297,0$

e di conseguenza :

— semiasse polare $b = 6.356.912$ m.

Nella circostanza l' Unione suggeriva agli organi preposti nei vari Stati ai servizi geodetici di assumere il predetto ellissoide come superficie di riferimento a base dei calcoli delle rispettive triangolazioni ; suggerimento, che, generalmente accettato, ha condotto all'adozione internazionale di questo ellissoide. Il che peraltro non potrà considerarsi un fatto compiuto fino a tanto che tutti i calcoli, e conseguentemente tutta la cartografia, non saranno stati riportati alla nuova superficie di riferimento.

Intimamente connesso al problema dell'unificazione dell'ellissoide, per quanto a questo subordinato, è quello della *compensazione d'insieme delle reti geodetiche mondiali ;* e ciò perchè le coordinate geografiche dei punti comuni delle reti dei vari Stati, anche se uniformemente riferite all'ellissoide internazionale, presentano, a seconda dello Stato di provenienza, valori diversi, le cui differenze raggiungono limiti non accettabili neppure nel campo cartografico. E ciò perchè gli elementi predetti sono dedotti da reti geodetiche diverse, che, seppure compensate nell'ambito dei singoli Stati, non lo sono nel loro insieme.

Il problema della unificazione delle reti geodetiche, che riveste particolare importanza anche per gli idrografi e per la navigazione aerea, ha avuto negli ultimi anni notevole impulso in Europa per opera di talune nazioni, tantochè :

— per l'*anello geodetico intorno al Baltico*, ha già provveduto la Commissione Geodetica Baltica, comprendente la Russia, la Polonia, l' Estonia, la Lituania, la Svezia e la Norvegia ;
— per l' *Europa Orientale*, un importante lavoro al riguardo è stato già compiuto per proprio conto dall' Unione Sovietica ;
— per l' *Europa Centrale*, il lavoro iniziato già dai geodeti tedeschi nell'anteguerra è stato nel 1947 condotto a termine sotto guida americana ;
— per l' *Europa Occidentale*, si sta interessando la Missione Americana, che ha diretto l'analogo lavoro nell' Europa Centrale ;
— per buona parte del *bacino Mediterraneo e per la zona delle Alpi*, già molto è stato fatto dal nostro Istituto Geografico Militare.

Tutto ciò però potrà essere convenientemente valorizzato quando, con l'accordo di tutte le nazioni interessate, sarà possibile unificare con una *compensazione d' insieme*, le triangolazioni dei diversi anelli uniformandosi ad un piano organico internazionale. Il che, se non ha avuto finora una pratica realizzazione, lo si deve più che altro a difficoltà organizzative ed, oltretutto, al fatto che non ne sono stati ancora concordati ed elaborati nel campo internazionale i procedimenti di attuazione.

La questione, trattata anche dall'*Assemblea Generale* dell' *Unione Internazionale Geodetica e Geofisica* nell'agosto scorso ad Oslo, ha dato luogo ad ampie di-

scussioni sopratutto per i suoi riflessi cartografici, avendo in taluni fatto nascere la preoccupazione che ciò possa condurre a dover rifare su nuove basi tutta la cartografia in atto ; preoccupazione che, nel campo pratico, può essere superata col lasciare invariate le carte esistenti, soprastampando in esse il reticolato delle reti unificate. Peraltro, dinanzi alla complessità della cosa, *l'Associazione Internazionale di Geodesia* ha deciso di rinviare l'esame più particolareggiato della questione al prossimo Congresso Internazionale di Cartografia, che si terrà negli Stati Uniti durante l'anno in corso.

VIII. — CONCLUSIONI.

Da quanto esposto sulla grande evoluzione che, nel campo scientifico, la cartografia ha subìto nel suo ciclo moderno appare il grande sviluppo e la notevole importanza che in essa hanno assunto i procedimenti analitici, i quali hanno ovunque trovato ampia divulgazione e completa attuazione.

Peraltro il carattere universale acquistato dalla cartografia, anche in conseguenza del grande progresso realizzatosi nel nostro secolo nei mezzi di comunicazione di ogni genere ed in particolare in quelli aerei, i quali ultimi non hanno oggi più limiti spaziali di sorta, progresso che ha portato a rendere maggiori le necessità di conoscenza reciproca dei paesi del mondo anche nel campo topografico e non solo in quello geografico, ha fatto sì che già da tempo è stata sentita la necessità del coordinamento delle ricerche cartografiche, non più nell'ambito nazionale, ma in quello molto più vasto internazionale. Dal che deriva il bisogno, oggi fortemente sentito, dell'unificazione mondiale della cartografia ; unificazione che, nel campo tecnico-scientifico, investe in modo particolare l'unicità dei criteri applicativi.

Sotto tale punto di vista un primo passo è stato fatto, nel campo geografico, colla costruzione della grande *Carta del Mondo al Milionesimo* e delle recenti *Carte Aeronautiche Internazionali*.

Per la Carta del Mondo, il cui primo progetto fu presentato al Congresso Geografico di Berna del 1891 e le cui caratteristiche furono stabilite in una prima Conferenza Internazionale a Londra nel 1909, in una successiva Conferenza, tenutasi a Parigi nel dicembre 1913 furono definiti con carattere unitario internazionale, non solo i criteri geometrico-costruttivi, ma altresì le norme di compilazione e di disegno della rappresentazione. Questa carta pertanto costituisce la prima rappresentazione geografica che, in tutto il mondo, risponde ad identiche caratteristiche costruttive.

In analogia si sta oggi procedendo per quanto interessa le carte aeronautiche. Difatti, nell'aprile 1948, dall' *Organizzazione dell'Aviazione Civile Internazionale*, alla quale sono aderenti 52 Stati del mondo, è stata raggiunta una importante unificazione e standardizzazione delle carte per la navigazione aerea, fissandone con carattere internazionale le caratteristiche costruttive, come pure quelle di compilazione, disegno e riproduzione.

In particolare è stata al riguardo convenuta la costruzione di:

— una carta del mondo, 1 : 1.000.000, destinata principalmente alle necessità della navigazione osservata;
— una carta al 500.000, da servire al volo a vista, non di estensione mondiale, ma limitata alle regioni che ne richiedono l'uso;
— una carta al 250.000 d'avvicinamento, per gli aerei rapidi e per la navigazione a vista degli aerei meno veloci ed a piccolo raggio d'azione; anche questa da limitare ad un piano regionale o nazionale.

Oltre ciò la stessa O. A. C. I., sempre con carattere unitario nel campo internazionale, ha disciplinato i criteri di costruzione di altre carte che interessano la navigazione aerea; ed in particolare: quelle di tracciamento delle rotte nella navigazione a stima, ed in quella lossodromica, oppure per il riporto dei luoghi di posizione ottenuti con mezzi radioelettrici e con stazioni astronomiche; quelle d'avvicinamento strumentale ed, infine, quelle d'atterraggio.

Se alle scale relativamente piccole alle quali le accennate carte d'uso internazionale sono state definite si può, nella pratica costruzione, farsi astrazione dalla unificazione degli ellissoidi di riferimento e delle reti di triangolazione, non così avviene per le carte a scale maggiori; per quelle cioè di carattere topografico, alla cui costruzione con carattere di universalità potrà solo addivenirsi in seguito alle accennate unificazioni.

Nè su tale criterio di unificazione della cartografia topografica possono interferire ragioni di opportunità militare, che oggi non troverebbero consistenza dato lo sviluppo e la divulgazione della produzione geodetica e cartografica di ogni nazione e date le possibilità che oggi esistono per il rapido inquadramento, fin dal tempo di pace, di cartografie diverse in uno stesso sistema di rappresentazione; e dato infine il grandioso contributo integratore che, anche in tempo di guerra, può fornire l'aeronautica alla cartografia topografica. Il che richiama a considerate altresì che anche la cartografia militare devesi oggi valutare con criteri molto più ampi che non in passato, in rapporto cioè alla maggiore vastità dei teatri operativi, alla maggiore autonomia di navigazione dell'aviazione ed alle maggiori distanze che sono raggiungibili dai proietti lanciati da bocche da fuoco, ma, in particolare, da quelli semoventi a movimento libero o radiocomandato.

Tutto ciò induce a ritenere che i criteri di unificazione e di internazionalizzazione, che tanno sviluppandosi nel campo geodetico, troveranno ampio campo applicativo anche nelle carte a grande scala; e questo, mentre costituirà un notevole progresso della cartografia, conferendo ad essa un carattere di universalità, rappresenterà altresì un passo avanti verso una sempre maggiore unione delle nazioni, i cui confini statali cesseranno dal rappresentare un elemento separatore, se non altro nella loro cartografia, come oggi in effetto avviene.

Generale GIUSEPPE GIANNI

TAVOLE

I — QUADRO CRONOLOGICO DELLA EVOLUZIONE STORICA DELLA CARTOGRAFIA.

II — 1 – LA MAPPA DELL'ABITABILE DI ERATOSTENE.
2 – LA CARTA DI TOLOMEO.

III — CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI DI PROIEZIONE IN RAPPORTO AGLI ELEMENTI GEOMETRICI CHE LI CARATTERIZZANO.

IV — SCHEMI DEI RETICOLATI GEOGRAFICI NELLE PROIEZIONI PROSPETTICHE PIANE.

V — SCHEMI DEI RETICOLATI GEOGRAFICI NELLE PROIEZIONI PER SVILUPPO CONICO E CILINDRICO ED IN QUELLE POLIEDRICHE.

VI — SCHEMI DEI RETICOLATI GEOGRAFICI DI TALUNE PROIEZIONI MODIFICATE.

VII — SISTEMI CARTOGRAFICI IN USO NEI PAESI D'EUROPA DEL BACINO MEDITERRANEO.

QUADRO CRONOLOGICO DELLA EVOLUZIONE STORICA DELLA CARTOGRAFIA

PERIODI	EPOCHE		PRINCIPALI REALIZZAZIONI
	SECOLI	CARATTERISTICHE	
DALLE ORIGINI AL FONDAMENTO DELLA GEOGRAFIA MATEMATICA E DELLA CARTOGRAFIA (XXX secolo a. C. - I secolo dell'Era Volgare)	prima del VI a. C.	LE PRIME COGNIZIONI GEOGRAFICHE	In quest'*epoca remota*, che si fa risalire a 30 secoli a. C., la cartografia, di carattere empirico, è intimamente connessa ai viaggi ed, in particolare, alla navigazione. Furono i popoli maggiormente dediti a questa, e più specialmente quelli del Mediterraneo, che sintetizzarono in carte le loro conoscenze geografiche. Ben 15 secoli a. C. l'Egitto possedeva una *Cosmografia* (descrizione dell'Universo), una *Geografia* (descrizione della Terra), una *Corografia* (descrizione dell'Egitto) ed una *Topografia* (descrizione del Nilo e dei suoi canali).
	VI a. C.	IL FONDAMENTO DELLA GEOGRAFIA MATEMATICA E DELLA CARTOGRAFIA NAZIONALE	*Talete di Mileto* (659-548 a. C.) fu l'iniziatore della geografia astronomica e fisica, con nozioni concrete sulla forma della Terra, ed ebbe la prima idea della corrispondenza tra punti terrestri e celesti. *Anassimandro di Mileto* (610-546 a. C.) disegnò la prima mappa dell'abitabile, rappresentandovi quanto allora si conosceva della Terra.
	IV a. C.		*Dicearco di Messina*, nel 300 a. C., introdusse nelle mappe il riferimento a due assi coordinati ortogonali; il che costituisce l'avviamento al reticolato geografico.
	III a. C.		*Eratostene di Cirene* (276-196 a. C.) eseguisce la prima misura di un arco di meridiano per dedurne le dimensioni della Terra e costruisce una mappa del mondo conosciuto con reticolato a meridiani e paralleli rettilinei non equidistanti, ma condotti per alcuni dei paesi noti e contati a stadi.
	II a. C.		*Ipparco di Nicea* (165-125 a. C.), ideatore della geografia matematica e della cartografia presso gli antichi, introdusse il reticolato geografico con riferimento astronomico. Egli utilizzò la *proiezione stereografica* per le carte celesti ed ideò quella *ortografica* (*analemma*).

PERIODI	EPOCHE		PRINCIPALI REALIZZAZIONI
	SECOLI	CARATTERISTICHE	
	I d. C.		*Strabone di Amasia* (63 a. C.–25 d. C.) scrive un importante *trattato di geografia e cartografia* nel quale, riproducendo ed amplificando l'opera di Eratostene, riepiloga le cognizioni dell'epoca in materia. *Marino di Tiro* (fine del secolo), che con Eratestone ed Ipparco è il fondatore della geografia matematica presso gli antichi, è il primo cartografo che usa il reticolato geografico con metodo razionale, cioè calcolando le posizioni geografiche dei punti ed inserendo con questo i punti stessi nel reticolato predetto; che traccia nella proiezione cilindrica–equidistante–rettangolare giá intravista da Strabone. Egli si occupò in particolare di cartografia per la navigazione ed a lui si devono i primi tentativi di una cartografia razionale.
LA CODIFICAZIONE DELLA SCIENZA ASTRONOMICA, GEOGRAFICA E CARTOGRAFICA. – IL SUO CONSEGUENTE ARRESTO E REGRESSO ED IL TRAPASSO AGLI ARABI (II – IX secolo)	II	LA CODIFICAZIONE DELLA SCIENZA ASTRONOMICA E CARTOGRAFICA DELL'ANTICHITÀ	*Tolomeo di Pelusio* (100–165) codifica la scienza astronomica, geografica e cartografica dell'antichità; costruisce la prima carta geografica con criteri razionali di rappresentazione e di misurazione sia astronomica che geodetica dei punti, tracciandovi il reticolato geografico secondo misure angolari e non più a stadi. A lui si deve l'introduzione di una proiezione conica speciale per rappresentare tutto il mondo allora conosciuto e l'idea della *conica–equivalente*, che in appresso divenne la proiezione di Bonne. Compilò una *mappa globulare*, nella quale sono conservate le proporzioni tra l'equatore ed il parallelo di Tilo e le lunghezze su quello di Rodi, calcolate queste a quattro quinti dell'equatore.
	III–VII	L'ARRESTO ED IL REGRESSO DELLE SCIENZE	Dopo Tolomeo, non solo si arresta il progresso scientifico anche nel campo geografico e cartografico, ma se ne ha un regresso. La scienza romana, subentrata a quella greca, risulta inferiore a questa, tanto che non si hanno più neanche nella cartografia realizzazioni importanti. Sconosciuta e ripudiata la cultura scientifica antica, la cartografia torna

PERIODI	EPOCHE		PRINCIPALI REALIZZAZIONI
	SECOLI	CARATTERISTICHE	
			a forme e concezioni primitive, riportandosi financo alla considerazione della Terra piana ; al che contribuisce non poco, nei primi secoli del cristinesimo, l'azione della chiesa coll'avversare quelle idee che apparivano in contrasto con i Testi delle Sacre Scritture.
	VII–IX	IL TRAPASSO DELLA SCIENZA GRECO-ROMANA AGLI ARABI	Colla caduta di Roma e colla comparsa degli Arabi sull'orizzonte politico europeo anche la scienza greco–romana passa a questi.
LA DECADENZA DELLE SCIENZE (X – XIV secolo)	X–XI	ASTRONOMIA ARABA E PRIME CARTE NAUTICHE LOSSODROMICHE	Gli Arabi restano i depositari della scienza greco–romana scomparsa presso i popoli latini con le invasioni barbariche. Essi, per quanto portati più essenzialmente a sviluppare lo studio dell'astronomia per ricercare in questa i più sicuri riferimenti relativi alla Terra, avrebbero potuto dare con la loro cultura matematica un effettivo impulso alla cartografia, se non avessero assunto con carattere dogmatico i principi di Tolomeo. Invece non fecero che riportare in valore nell'occidente mediterraneo la scienza greca, dopo che per secoli questa era stata trascurata ed abbandonata. Comparve in questa epoca ed ebbe particolare sviluppo la cartografia marina delle *carte lossodromiche*, munite, per le indicazioni direzionali, della *rosa dei venti*.
	XII	LA CARTOGRAFIA CRISTIANA E SVILUPPO DELLE CARTE NAUTICHE	Con le *Crociate* e con la diffusione della Geografia di Tolomeo tradotta in latino, i cristiani cominciano ad allargare il loro orizzonte geografico e scientifico. Sul finire del secolo, l'aumentato sviluppo delle carte nautiche del Mediterraneo, dovuto alle navigazioni trasversali (e non più solo costiere) consentite dall'uso dell'*ago calamitato*, rende possibile la costruzione di una carta nautica dell'intero bacino del Mediterraneo.
	XIII	I GRANDI VIAGGI IN ORIENTE	I *grandi viaggi* per terra e per mare in Oriente, sia di Marco Polo che di Missionari Cattolici e di commercianti, viaggi che portarono anche alla scoperta di nuovi paesi, contri-

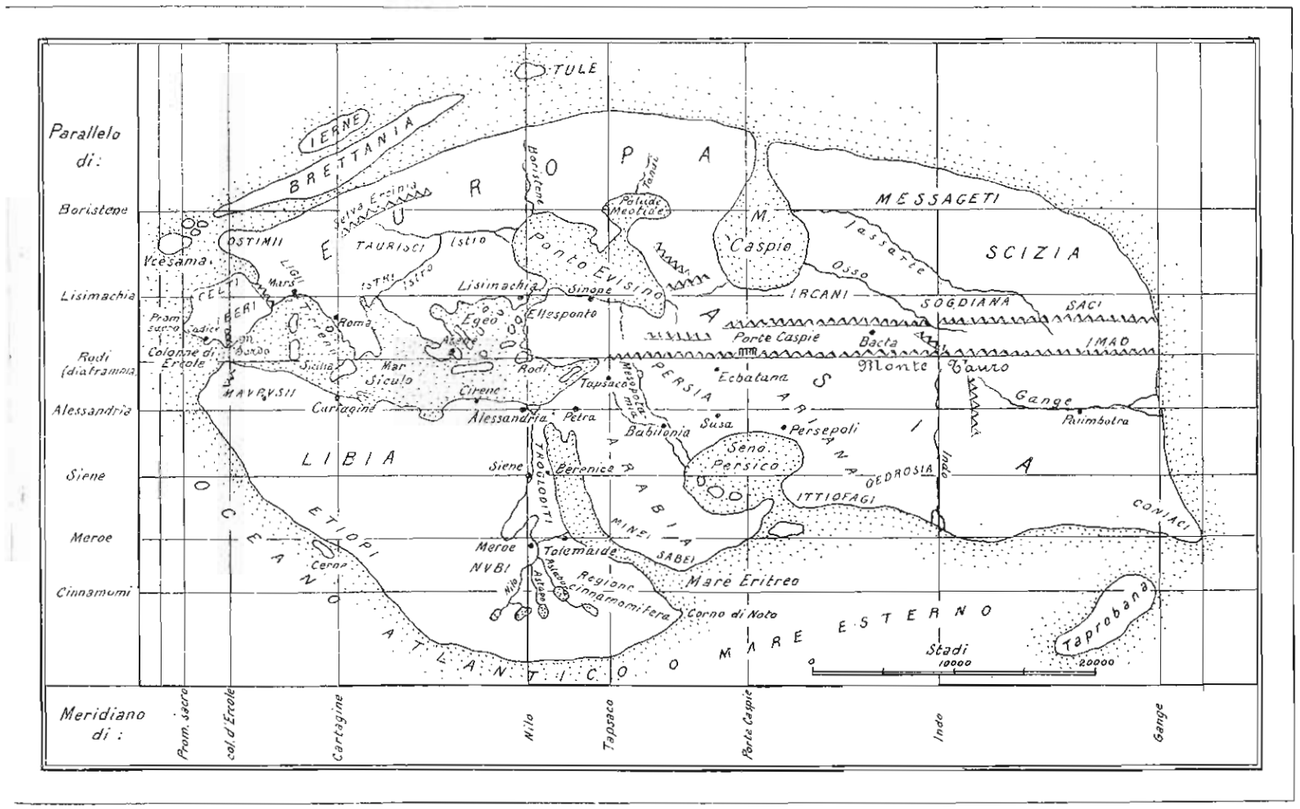
PERIODI	EPOCHE		PRINCIPALI REALIZZAZIONI
	SECOLI	CARATTERISTICHE	
			buiscono in modo precipuo allo sviluppo della cartografia, sia terrestre che nautica, perchè conducono, da un lato, alla rettifica di idee geografiche errate, dall'altro, al completamento delle conoscenze geografiche. Le carte nautiche, in particolare, per quanto sprovviste di ogni elemento del reticolato geografico, vengono ad assumere una precisione molto maggiore di quelle terrestri.
	XIV	GLI ALBORI DELLA RINASCENZA	Mentre l'orizzonte dei geografi si va allargando verso l'oriente ed anche verso il nord colla scoperta di nuove terre, cominciano a fiorire buone *Scuole di Cartografia* in Italia ed in Spagna ; peraltro la produzione cartografica, ad eccezione di qualche planisfero, consta quasi per intero di carte nautiche.
LA RINASCENZA E L'EPOCA RISOLUTIVA PER LE CONOSCENZE GEOGRAFICHE E CARTOGRAFICHE (XV – XVII secolo)	XV	DIVULGAZIONE DELLE OPERE DI TOLOMEO NEL MONDO LATINO	La diffusione delle basi razionali della Geografia di Tolomeo dà sviluppo agli studi ed alla preparazione di ulteriori viaggi e scoperte di carattere geografico ; di cui la realizzazione più importante è la *scoperta dell'America*, che costituisce il logico corollario geografico del concetto della sfericità della Terra. Le carte nautiche si perfezionano ancora in rapporto alle esigenze della navigazione del tempo, nella quale si è generalizzato l'uso della *bussola magnetica*.
	XVI	LE GRANDI SCOPERTE GEOGRAFICHE E LA RIPRESA DEGLI STUDI CARTOGRAFICI	I lunghi viaggi dànno eccezionale impulso agli studi astronomici e cartografici necessari per la navigazione astronomica. Si sviluppa la scienza nautica e, nella costruzione delle carte nautiche, si generalizza l'uso del reticolato geografico sia a scopo di misure che di delineazione delle terre ; reticolato che compare nella proiezione *cilindrica–equidistante*. Non essendo però con tale proiezione possibile avere carte lossodromiche, *Gerardo Mercatore* (1512–1594) intuisce l'adozione di una proiezione *cilindrica–autogonale*, che porta il suo nome. Al *Mercatore* si devono altresì notevoli progressi negli

PERIODI	EPOCHE		PRINCIPALI REALIZZAZIONI
	SECOLI	CARATTERISTICHE	
			studi cartografici, che così escono dalla loro infanzia. In questa epoca si gettano le basi della teoria delle proiezioni, delle quali si definiscono i problemi fondamentali.
	XVII	GLI ULTERIORI PROGRESSI DELLA GEODESIA E DELLA CARTOGRAFIA	Geodesia e cartografia riprendono il carattere di universalità avuto nell'antichità greca, riacquistano il terreno perduto nella decadenza medievale e, sorpassando il vecchio mondo mediterraneo, vengono ad abbracciare tutta la Terra. Nel 1615 *Snellius*, per la determinazione delle coordinate geografiche e per la misura delle dimensioni della Terra, introduce il metodo delle triangolazioni geodetiche, che è quello oggi in uso.
SI PERFEZIONANO LE CONOSCENZE GEODETICHE, SI DÀ CARATTERE ANALITICO ALLA CARTOGRAFIA, SI PASSA ALLA COSTRUZIONE DELLE GRANDI CARTE STATALI E SI ORGANIZZANO SU SCALA INTERNAZIONALE LE RICERCHE GEOGRAFICHE E CARTOGRAFICHE (XVII – XIX secolo)	XVIII	IL PASSAGGIO AI CRITERI ANALITICI DELLA CARTOGRAFIA	Grande è lo sviluppo degli studi e dei lavori geodetici per la determinazione della forma e delle dimensioni della Terra; per la cui rappresentazione il problema delle proiezioni viene affrontato sotto un aspetto nuovo, quello cioè di determinare le caratteristiche di ciascuna di esse per applicarle in modo da eliminare e ridurre le inevitabili deformazioni della rappresentazione. Il problema delle proiezioni è in conseguenza diretto alla ricerca dei limiti di errore di ciascun tipo. Importantissima la costruzione che, in base agli accennati criteri, si fa in Francia della grande *Carta del Cassini* o dell'*Accademia*, inquadrata in regolare triangolazione geodetica, costruita in proiezione *cilindrica–inversa*, e riferita ad un unico sistema di coordinate geodetiche ortogonali.
	XIX	LE GRANDI CARTE TOPOGRAFICHE STATALI	Si effettuano ovunque misure di archi di triangolazione sia a scopo di misura della Terra, sia per la costruzione di carte; delle quali grande sviluppo assumono quelle topografiche statali, che tutte le principali nazioni, a simiglianza della Francia, cominciano a costruire.

PERIODI	EPOCHE		PRINCIPALI REALIZZAZIONI
	SECOLI	CARATTERISTICHE	
			Delambre per primo (1810) e successivamente *Bessel* (1841), *Fischer* (1868), *Clarke* (1866 e 1880), *Harckness* (1891), fissano le dimensioni di un *ellissoide di rivoluzione*, che maggiormente si avvicini alla forma della Terra. Nel 1861 si costituisce l'*Associazione Geodetica Internazionale* con lo scopo di dirigere l'opera comune degli Stati Europei alla misura dell'arco di meridiano Cristania–Palermo.
	XX	ORGANIZZAZIONE SU SCALA INTERNAZIONALE DELLE RICERCHE GEODETICHE E CARTOGRAFICHE	*Helmert* (1906), *Struve* ed *Hayford* (1909) determinano nuovi parametri per l'*ellissoide terrestre*. Si organizzano e coordinano su piano internazionale gli studi e le ricerche geodetiche e cartografiche allo scopo di seguire unità di vedute e di intenti e di addivenire alla unificazione dei criteri e procedimenti, in particolare per quanto interessa superfici di riferimento, reti di triangolazione e sistemi di proiezione. L'*Unione Geodetica e Geofisica Internazionale* conviene l'adozione di un *ellissoide internazionale* avente per parametri quelli definiti da Hayford.

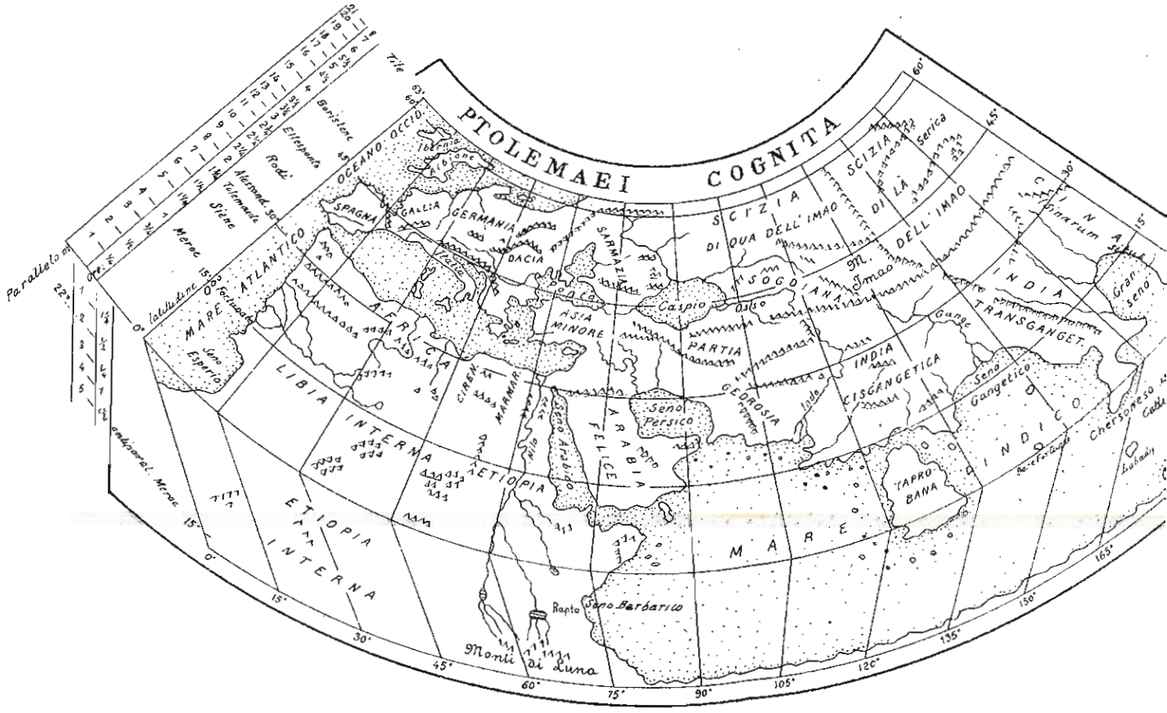
1 LA MAPPA DELL'ABITABILE DI ERATOSTENE

(200 A. C.)



2 LA CARTA DI TOLOMEO

(150 D. C.)

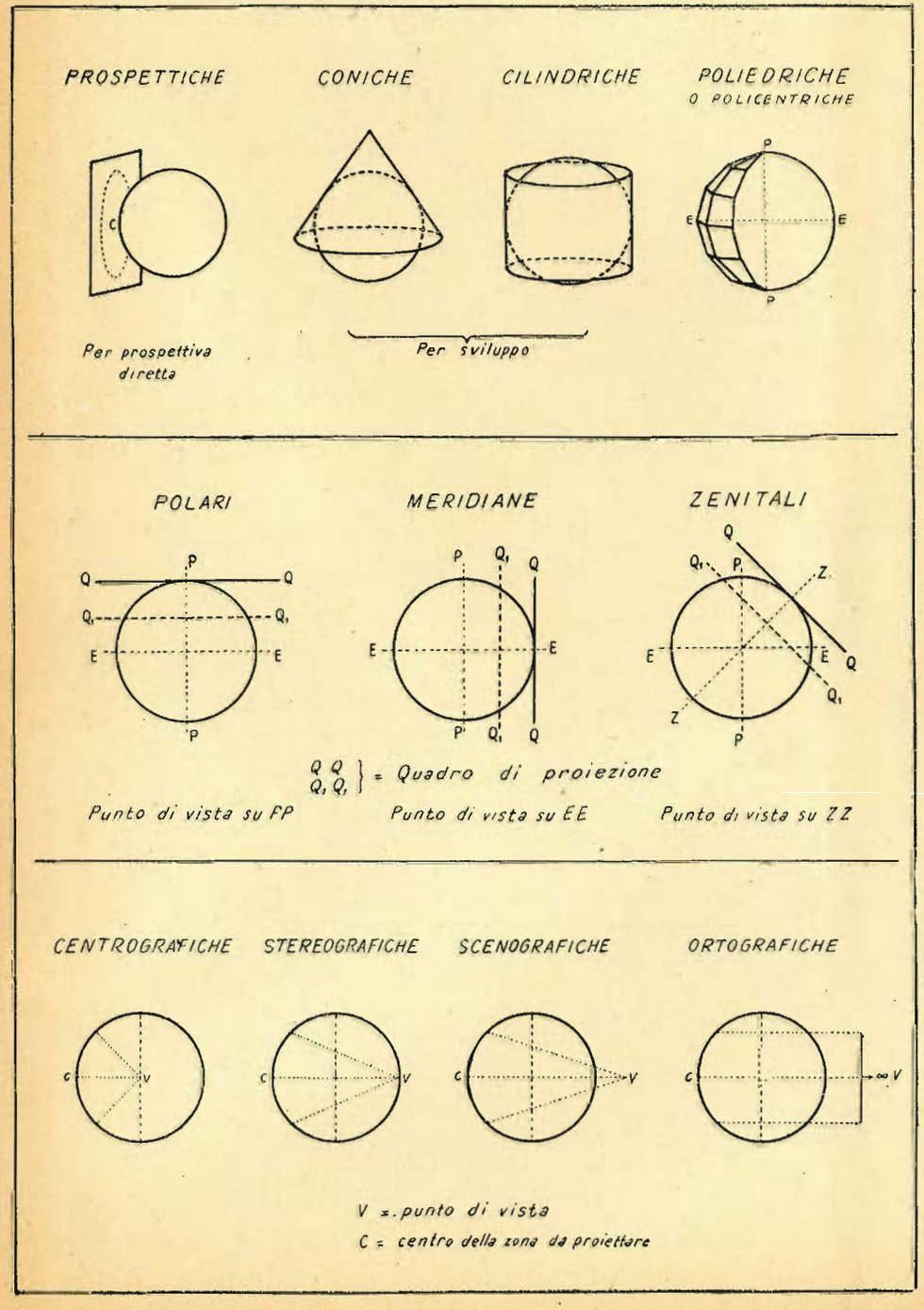


Sono conservate le proporzioni fra l'equatore e il parallelo di Tile, e le lunghezze su quello di Rodi; calcolato questo a 4/5 dell'equatore. Nella tavola, l'equatore è tracciato con raggio pari a 115°, 382 equatoriali.

CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI DI PROIEZIONE IN RAPPORTO AGLI ELEMENTI GEOMETRICI CHE LI CARATTERIZZANO

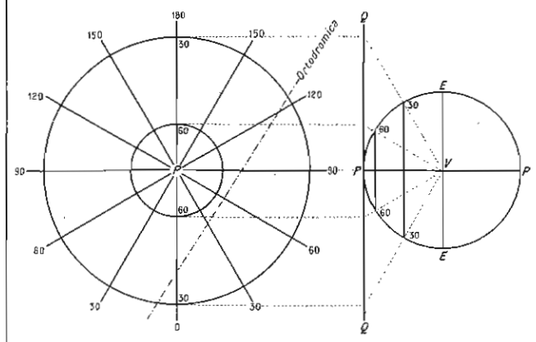
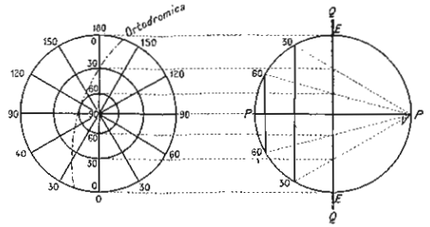
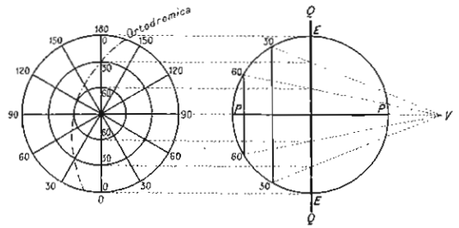
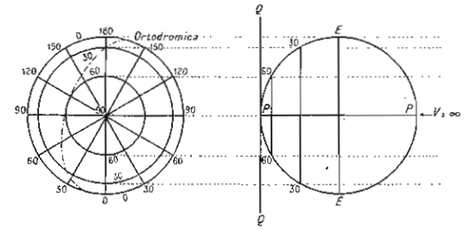
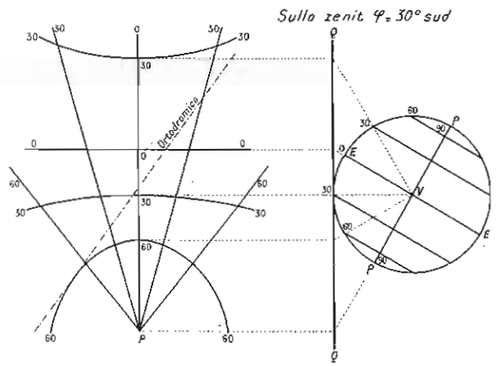
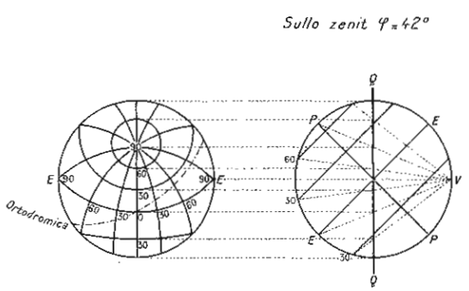
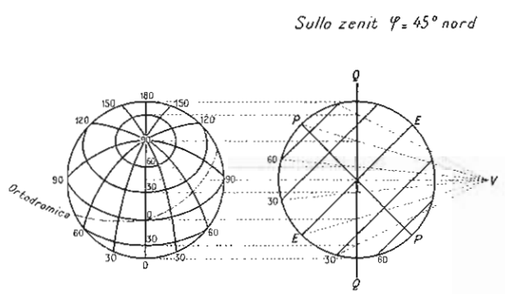
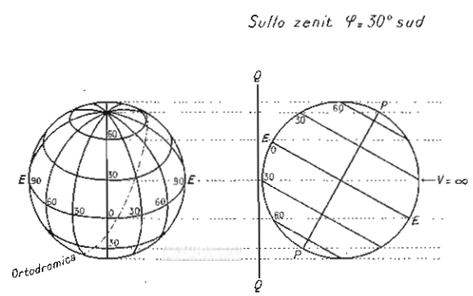
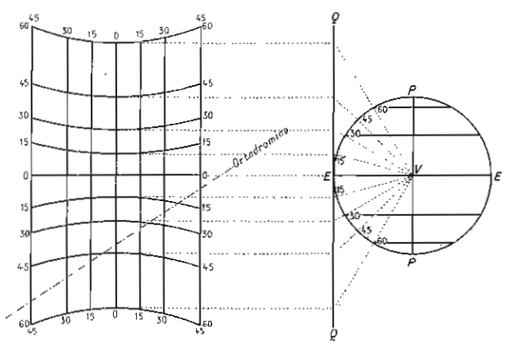
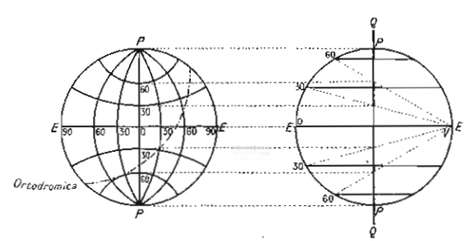
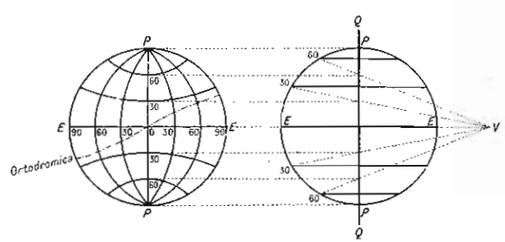
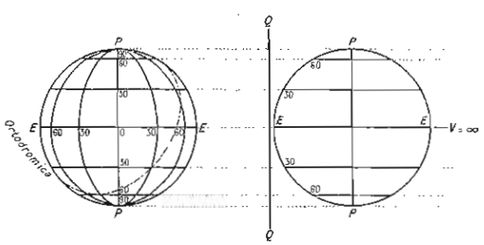
CRITERIO DI CLASSIFICAZIONE	PROIEZIONI	CARATTERISTICHE
FORMA DEL QUADRO DI PROIEZIONE	*Per prospettiva diretta o Prospettiche Piane*	*Quadro :* un piano normale all'asse della prospettiva, tangente al globo od in posizione a questa parallela.
	Per Sviluppo Conico	*Quadro :* un cono tangente oppure secante al globo.
	Per Sviluppo Cilindrico	*Quadro :* un cilindro tangente oppure secante al globo.
	Poliedriche o Policentriche	*Quadro :* un poliedro a faccie quadrangolari tangenti o secanti al globo, delimitate dai piani dei meridiani e dei paralleli.
POSIZIONE DEL QUADRO DI PROIEZIONE	*Polari*	*Quadro :* perpendicolare all'asse polare ; se coincidente con quello dell'equatore la proiezione dicesi *equatoriale.*
	Meridiane	*Quadro :* perpendicolare all'asse equatoriale.
	Zenitali od Orizzontali	*Quadro :* perpendicolare ad un asse zenitale, che non sia quello polare ed equatoriale.
DISTANZA DEL PUNTO DI VISTA	*Prospettiche gnomoniche o centrografiche o zenitali*	*Punto di vista :* al centro del globo.
	Prospettiche stereografiche	*Punto di vista :* nel punto del globo diametralmente opposto al polo della proiezione.
	Prospettiche scenografiche	*Punto di vista :* fuori del globo, in direzione diametralmente opposta al polo della proiezione ed a distanza finita.
	Prospettiche ortografiche od ortogonali	*Punto di vista :* fuori del globo, a distanza infinita nella direzione dell'asse della proiezione.

N. B. – Queste denominazioni si riferiscono in particolare alle *proiezioni prospettiche piane*. Per gli *sviluppi conici* si considera il solo caso di asse del cono secondo l'asse polare. Per gli *sviluppi cilindrici*, invece, i tre casi di asse del cilindro secondo l'asse polare, nel piano equatoriale o secondo una direzione qualsiasi, si denominano rispettivamente con : *polari, normali o diretti ; meridiani, equatoriali od inversi ; obliqui, orizzontali o trasversali.*



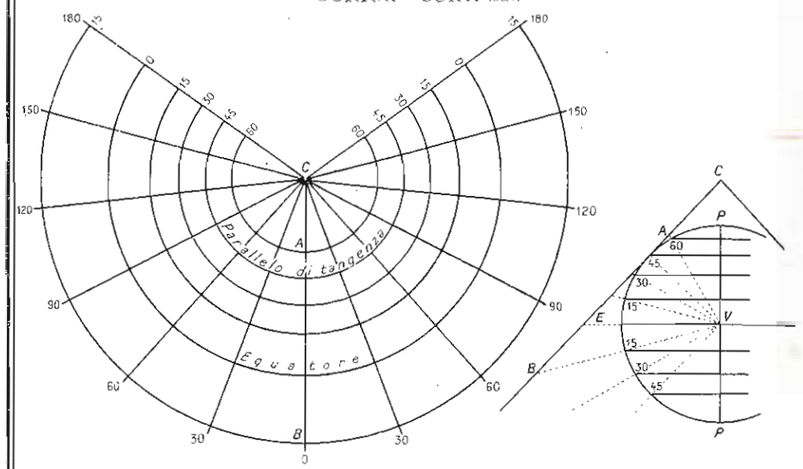
SCHEMI DEI RETICOLATI GEOGRAFICI NELLE PROIEZIONI PROSPETTICHE PIANE

TAV. IV

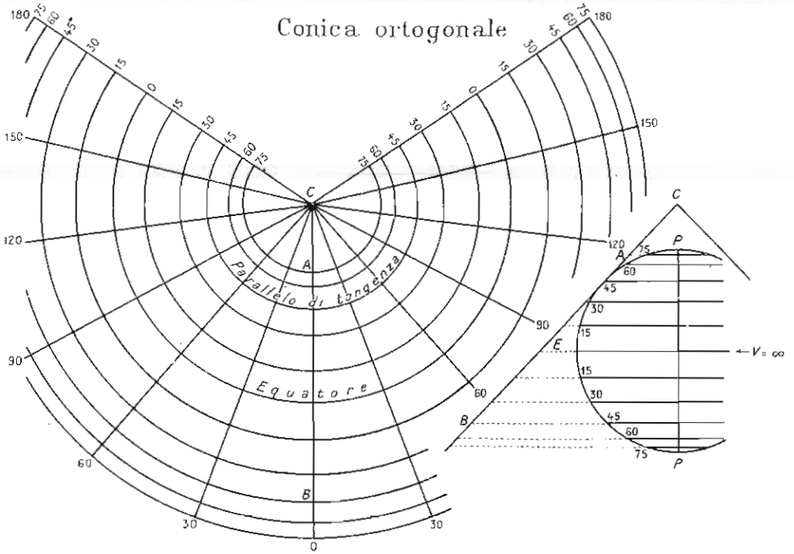
Proiezioni	Centrografiche	Stereografiche	Scenografiche	Ortografiche
Polari				
Zenitali				
Meridiane				

SCHEMI DEI RETICOLATI GEOGRAFICI
NELLE PROIEZIONI PER SVILUPPO CONICO E CILINDRICO ED IN QUELLE POLIEDRICHE

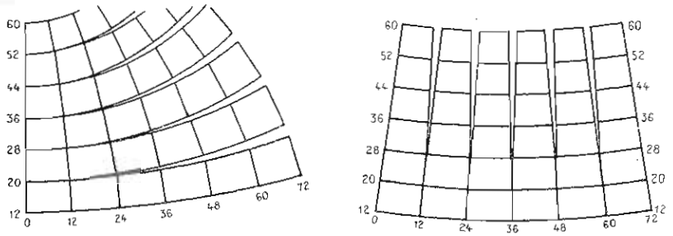
Conica centrale



Conica ortogonale



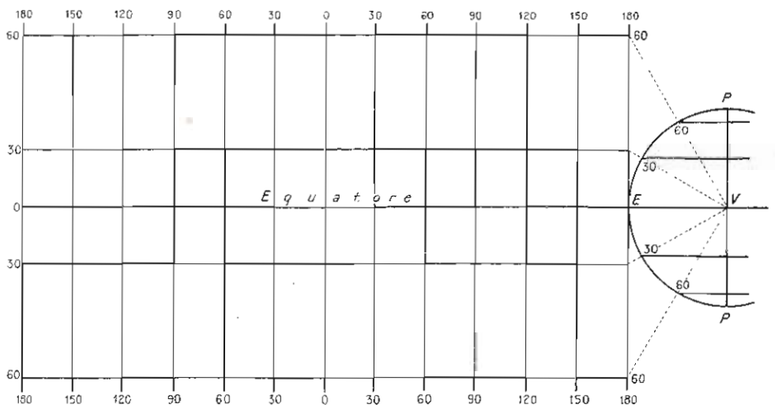
Poliedrica o policentrica



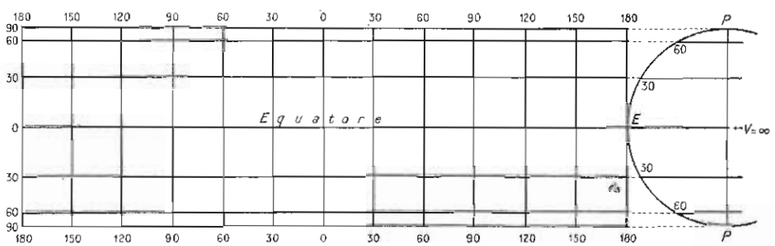
Riunione degli elementi per:

paralleli *meridiani*

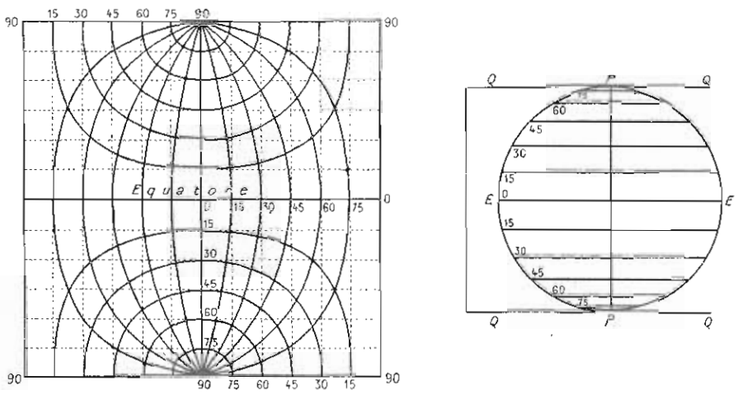
Cilindrica centrale



Cilindrica ortogonale
(od equivalente di Lambert)

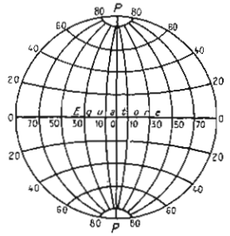


Cilindrica inversa



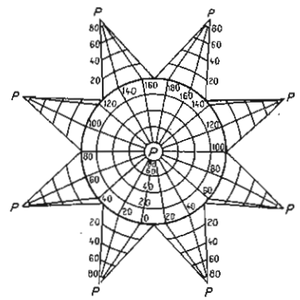
SCHEMI DEI RETICOLATI GEOGRAFICI DI TALUNE PROIEZIONI MODIFICATE

Globulare di Nicolosi



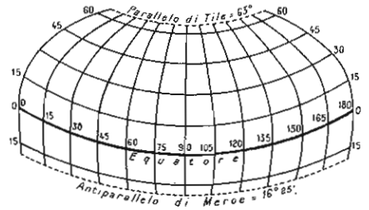
Derivata dalla stereografica-meridiana; equidistante sull'equatore, sul meridiano medio e su quello di 90°

Globulare stellare



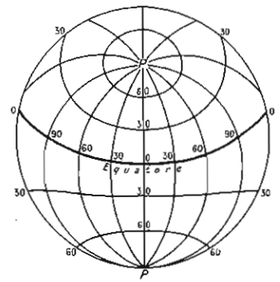
Derivata dalla stereografica-polare; equidistante sui meridiani

Conica equivalente di Tolomeo



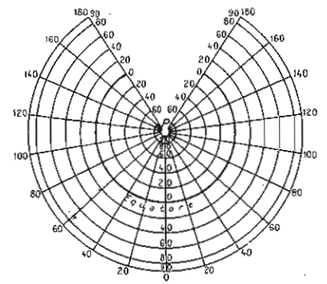
Conserva le distanze su tutti i paralleli

Centrale compensativa di Airy
(Balance of errors)



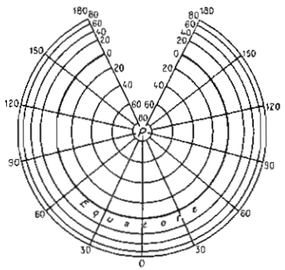
Per il punto di latitudine 23° 30' Nord

Conica di Mercatore detta di De L'Isle



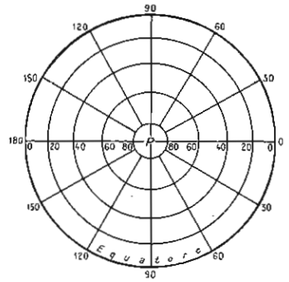
Sviluppo compensativo del cono secante lungo i paralleli di 47° 30' e 60° 30' Nord

Conica equivalente di Lambert

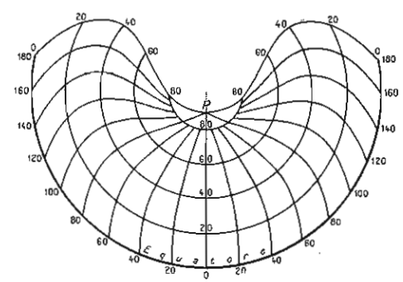


Sviluppo equivalente del cono tangente lungo il parallelo di 30° Nord

Conica autogonale di Lambert

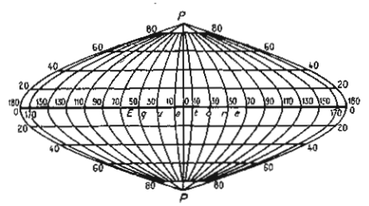


Conica equivalente sinusoidale di Bonne

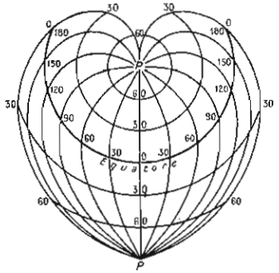


Sviluppo equivalente del cono tangente lungo il parallelo di 45° Nord

Conica sinusoidale di Sanson o di Sanson-Flamsteed
(equivalente)

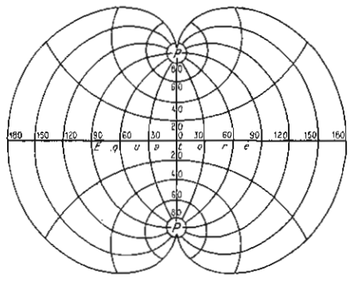


Conica cordiforme di Werner



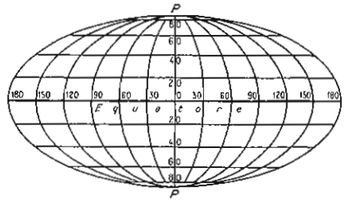
Conserva le lunghezze sui paralleli

Globulare policonica equidistante



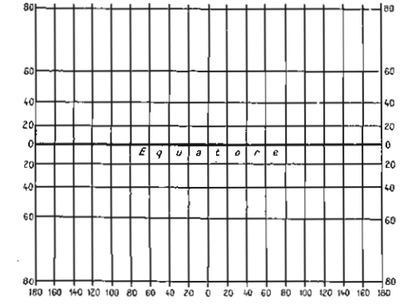
Conserva le lunghezze sull'equatore, sui paralleli e sul meridiano centrale

Omalografica di Babinet o di Molweide

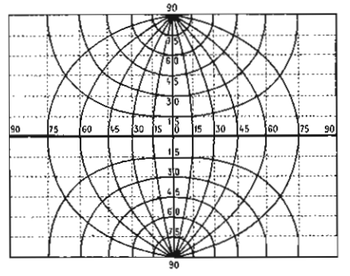


Equivalente ed equidistante sull'equatore

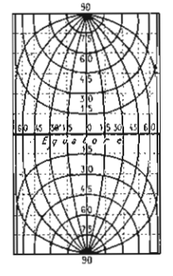
Cilindrica di Mercatore o a lat.ni crescenti
(conforme)



Conforme di Gauss
(cilindrica-inversa modificata)



Cilindrica-inversa di Lambert
(equivalente)



SISTEMI CARTOGRAFICI IN USO NEI PAESI D'EUROPA E DEL BACINO MEDITERRANEO

CONTINENTE	PAESE	SISTEMA CARTOGRAFICO		AMPIEZZA	
		ELLISSOIDE	PROIEZIONE	Fusi meridiani	Zone di latitudine
EUROPA	ALBANIA	Bessel	Bonne	—	—
	AUSTRIA	Bessel	Poliedrica	—	—
	BELGIO	Delambre	Bonne	—	—
		Internazionale	Lambert	—	2°
	BULGARIA	Internazionale	Gauss–Krüger	3°	—
	CECOSLOVACCHIA	Bessel	Conica–conforme–obliqua	—	—
	DANIMARCA	Danese	Conica–conforme	—	3°
		Internazionale	Buchwald	—	—
	ESTONIA	Bessel	Lambert	—	1°
	FINLANDIA	Internazionale	Gauss–Krüger	3°	—
	FRANCIA	Clarke I	Lambert	—	3g
	GERMANIA	Bessel	Gauss–Krüger	3°–6°	—
	GRECIA	Bessel	Azimutale Hatt	—	—
		Bessel	Conica–conforme	—	3g
	INGHILTERRA	Airy	Gauss–Krüger	3°	—
	ITALIA	Internazionale	Gauss–Boaga	6°	—
	JUGOSLAVIA	Bessel	Gauss–Krüger	3°	—
	LETTONIA	Bessel	Cassini	—	—
	NORVEGIA	Bessel	Gauss–Krüger	2°–4°	—
	OLANDA	Bessel	Bonne	—	—
		Bessel	Stereografica	—	—
	POLONIA	Bessel	Stereografica	—	—
		Bessel	Gauss–Krüger	2°	—
	PORTOGALLO	Bessel	Bonne	—	—
		Internazionale	Gauss–Krüger	2°	—
	RUMENIA	Clarke II	Lambert	—	4°
		Internazionale	Stereografica	—	—
	RUSSIA	Bessel	Gauss–Krüger	6°	—
	SPAGNA	Struve	Lambert	—	6°
	SVEZIA	Bessel	Gauss–Krüger	2g,5	—
	SVIZZERA	Bessel	Bonne	—	—
		Bessel	Cilindrica–obliqua	4°	—

CONTINENTE	PAESE	SISTEMA CARTOGRAFICO		AMPIEZZA	
		ELLISSOIDE	PROIEZIONE	Fusi meridiani	Zone di latitudine
EUROPA	TURCHIA	Clarke II	Bonne	—	—
	UNGHERIA	Bessel	Stereografica	—	—
AFRICA	ALGERIA	Clarke I	Lambert	—	4°
	EGITTO	Helmert	Gauss–Krüger	5°–6°	—
		Helmert	Lambert	—	6°
	LIBIA	Internazionale	Lambert	—	3°
		Clarke I	Lambert modif.	—	6°
	MAROCCO Franc.	Clarke I	Lambert	—	4°
	MAROCCO Spagn.	Struve	Lambert	—	6°
	TUNISIA	Clarke I	Lambert	—	3°
ASIA	PALESTINA	Clarke II	Cassini	—	—
	SIRIA	Clarke I	Lambert	—	3°