

TORRICELLIANA

BOLLETTINO

DELLA SOCIETÀ TORRICELLIANA DI SCIENZE E LETTERE

FAENZA



37

1986

INDICE

Scienze

Manlio MANDÒ, <i>Evangelista Torricelli fisico e matematico</i>	p.	3
Leonardo MASOTTI, <i>Ecografia. Principi fisici e apparecchiature</i>	»	15
Antonio VEGGIANI, <i>Le fluttuazioni del clima dal XVIII al XX secolo. I cicli di Brückner</i>	»	107
Gino ARRIGHI, <i>Piero della Francesca matematico insigne</i>	»	161

Lettere

Sante ALBERGHI, <i>L'epistemologia di Karl R. Popper e la riflessione filosofica</i>	»	167
Giuseppe BERTONI, <i>Antonio Padovani giureconsulto e umanista faentino</i>	»	171
Sauro CASADEI, <i>Faenza rende omaggio ad uno dei suoi artisti più amati: Ercole Drei</i>	»	191
Giovanni PINI, <i>Uno scritto poco noto di Clemente Alessandrino</i>	»	203
Gino GORLA, <i>Antonio Gabriele Calderoni giureconsulto faentino e la giurisprudenza del suo tempo</i>	»	209
Carlo DE TARANTO, <i>La didattica dei beni culturali</i>	»	245

Ricordi di Soci scomparsi

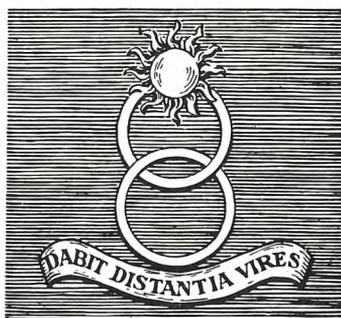
Umberto MARCELLI, <i>Alberto Maria Ghisalberti</i>	»	261
--	---	-----

TORRICELLIANA

BOLLETTINO

DELLA SOCIETÀ TORRICELLIANA DI SCIENZE E LETTERE

FAENZA



37

1986

Stabilimento Grafico Fratelli Lega - Faenza - Giugno 1987

Redattore responsabile: prof. ARMELINO VISANI, *presidente della Società Torricelliana*
Autorizzazione Tribunale Ravenna n. 720/Stampa del 16/12/82

MANLIO MANDO'

Professore fuori ruolo di Fisica Generale
nell'Università di Firenze

EVANGELISTA TORRICELLI FISICO E MATEMATICO *

Nacque Evangelista a Faenza da Gaspare Torricelli addì 15 ottobre 1608 ⁽¹⁾. Ricevette una prima istruzione umanistica dallo zio Alessandro, che era divenuto monaco camaldolense col nome di don Jacopo, e, successivamente, una istruzione matematica presso i padri gesuiti. Della prima educazione umanistica rimase a lui quella larghezza di vedute e quella sobrietà dello stile che improntano tutti gli scritti che di lui ci rimangono.

A 19 anni venne a Roma, dove studiò molti anni sotto la guida di padre Benedetto Castelli, il ben noto discepolo, ammiratore ed amico di Galileo. Poco sappiamo dell'attività del Torricelli in questo periodo, che va dal 1627 al 1641, ma per certo risulta che egli aveva saputo conquistarsi la stima dei condiscipoli e del maestro, che anzi sostituiva durante le numerose e prolungate assenze.

È certo anche che questo fu per il giovane Evangelista un periodo di formazione e di intensa preparazione; impadronitosi di quei mirabili capolavori dell'antichità che sono gli Elementi di Euclide, le Coniche di Apollonio e le opere superstiti di Archimede, egli si era dedicato con particolare entusiasmo alla lettura delle opere di Galileo e ne aveva tratto, oltre che profitto e diletto grandissimi, una profonda, sincera ammirazione per il vecchio maestro (vedi lettera del Torricelli a Galileo dell'11 set-

* Testo rielaborato ed inedito di una conferenza tenuta nell'inverno 1946-1947 a Faenza in occasione della celebrazione del 3° centenario dell'morte di Evangelista Torricelli.

(1) Tale data risulta dalla sua fede di battesimo; ma alcuni biografi, basandosi su una affermazione della madre di Evangelista agli altri fratelli, secondo cui la nascita sarebbe avvenuta di sabato, e su un presunto errore di registrazione dovuto all'uso del calendario giuliano, spostano la nascita al 25 ottobre 1608.

tembre 1632 (Op. III, 35) ⁽²⁾.

Ma la mente acuta e geniale del nostro grande non poteva oramai più fermarsi allo studio e all'ammirazione delle opere altrui e cominciava invece a trovare la propria strada in alcuni studi comunicati per lettera a Galileo e pubblicati più tardi col titolo « De solidis sphaeralibus » e « De motu gravium naturaliter descendentium ».

Ispirandosi nel primo ad Archimede e nel secondo a Galileo, il Torricelli generalizza ed estende i risultati dei due sommi maestri, e nel « De motu gravium » dà anche alcune nuove importantissime proposizioni.

Questi lavori gli valsero la stima e l'ammirazione di Galileo, sì che, quando il Castelli propose a quest'ultimo di inviargli il Torricelli come aiuto per la stesura delle sue ultime speculazioni, Galileo accettò ben volentieri, offrendo al Torricelli la propria modesta, ma sincera ed affettuosa ospitalità (vedi p. es. lettera di Galileo al Torricelli in data 27 settembre 1641, Op. III, 60).

Impegni vari costrinsero il Torricelli a rimandare la sua andata in Arcetri ma, infine, ai primi di ottobre del 1641, poté compiersi quella che il Viviani descrisse come congiunzione dei due massimi astri della scienza.

Appena tre mesi, purtroppo, durò tale congiunzione, ma non per questo credo che il Torricelli possa considerarsi, meno di altri, discepolo di Galileo, ché, anche prescindendo da questi tre mesi di vita praticamente in comune, che indubbiamente influirono sulla definitiva formazione del Torricelli, questi poteva già considerarsi anche prima, come egli stesso amava fare, e a buon diritto, un discepolo di Galileo. Il soggiorno in Arcetri fu piuttosto il suggello di quella comunione spirituale e scientifica, che doveva poi fare del Torricelli il più degno successore del maestro.

Poco dopo la morte di Galileo il Torricelli fu infatti chiamato a succedergli quale Filosofo del Granduca e fu nominato anche Lettore di matematica presso lo Studio fiorentino. Ciò avveniva nel febbraio 1642.

Cominciò così per Torricelli un periodo di lavoro intenso, ma tranquillo, che in poco più di cinque anni doveva assicu-

(2) Con l'abbreviazione Op. ci riferiremo qui e nel seguito all'edizione fiorentina delle opere, in quattro volumi, di cui il primo, in due parti, uscì nel 1919 e il quarto nel 1944).

rargli quella alta fama, non ristretta al campo degli studiosi eruditi, ma universale, che egli meritatamente gode, nonostante che la sua opera, per le vicissitudini dei suoi manoscritti, non sia completamente nota ed apprezzata al suo giusto valore.

La meravigliosa fecondità del Torricelli in questi anni, se raffrontata con la sua produzione precedente, anche tenendo conto della più compiuta maturità, è tale da destare sorpresa e da richiamare l'attenzione. Furono i tre mesi trascorsi con Galileo così ricchi di germogli da produrre i copiosi frutti della successiva opera del Torricelli? Furono gli agi (o meglio la possibilità di attendere serenamente, senza alcuna altra cura, agli studi prediletti) la causa indiretta di tale diversità tra i due periodi? Il quesito è forse interessante, ma ovviamente non ammette una risposta precisa; certo è però che a chi volesse sostenere l'opportunità che la filosofia continui ad andare povera e nuda, l'esempio del Torricelli non calzerebbe proprio a pannello.

La morte colse il Torricelli quasi improvvisamente, il 25 ottobre 1647, nel pieno vigore delle forze, nel pieno rigoglio della sua attività scientifica.

* * *

Del Torricelli uscì per le stampe, lui vivente, una sola opera, che vide la luce nel 1644 e comprende varie parti; precisamente: « De sphaera et de solidis sphaeralibus libri duo », « De motu gravium naturaliter descendentium et projectorum », « De dimensione parabolae solidique hyperbolici problemata duo » e (a guisa di appendice) « De cycloide » e « De cochlea ».

Il resto, e possiamo dire la maggior parte, dell'opera e delle scoperte del Torricelli rimasero affidate ai manoscritti e alle lettere, che egli lasciò, morendo, all'amico Ludovico Serenai. Nonostante gli amorosi sforzi di quest'ultimo che, giureconsulto, si sobbarcò perfino alla fatica da amanuense di fare minuziose copie dei manoscritti stessi, questi rimasero inediti e, dopo innumerevoli vicissitudini, pervennero infine alla Biblioteca Nazionale di Firenze, dove oggi sono gelosamente custoditi.

Dal confronto con l'elenco dei manoscritti fatto dal Serenai dopo la morte del Torricelli, appaiono perduti alcuni scritti di astronomia, a cui tuttavia non pare che il Torricelli dedicasse molte delle sue vigilie, altri di fortificazioni militari, a cui certa-

mente il Torricelli si dedicò scrupolosamente dopo che fu nominato Lettore di tale materia (gennaio 1644), ma che non è probabile potessero aggiungere molto alla sua gloria, ed infine alcune commedie che forse sarebbe stato interessante conoscere, dato che le lettere rivelano nel Torricelli uno spirito arguto e vivace. La maggior parte dei manoscritti di geometria, alla cui pubblicazione maggiormente teneva il Torricelli, e di fisica, nonché delle lettere di interesse scientifico, sono invece a noi pervenuti.

Dopo la morte del Torricelli videro la luce nel 1715 « Le lezioni accademiche » che furono considerate dalla Crusca, cui il Torricelli aveva appartenuto, un modello di lingua (tra esse però solo la 7^a lezione « sul vento » presenta grande interesse scientifico) ed alcuni scritti riguardanti la bonifica della Val di Chiana, che vennero inclusi (nel 1768) in una raccolta di scrittori che trattano del moto delle acque. Altri frammenti comparvero qua e là successivamente.

Finalmente nel 1919, a cura dei proff. Loria e Vassura, uscì un'edizione completa delle opere; questa edizione che per la parte geometrica fu giudicata dal Bortolotti (Op. IV, pag. 300) non del tutto idonea ad illustrare l'effettivo sviluppo del pensiero matematico torricelliano, ha tuttavia il merito di mettere a più facile portata di mano degli studiosi tutto il copioso materiale sparso nei manoscritti conservati a Firenze; e se l'edizione conserva (anzi talvolta, secondo il Bortolotti, aggrava) il caratteristico disordine di una serie di scritti non ancora elaborati, spesso appena abbozzati, altre volte quasi finiti, ma non ancora organicamente sistemati, vi è tuttavia in essa quanto basta al lettore di buona volontà per farsi un'idea della vastità dell'opera e della profondità ed originalità di quella grande mente.

Per analizzare le opere del Torricelli appare dunque conveniente raggrupparle secondo una classificazione moderna per argomenti, piuttosto che seguire un dubbio ordine storico, o inseguire vanamente l'ordine che si può presumere volesse dare alla materia l'autore.

* * *

In un tempo in cui ancora si riteneva grande matematico chi riusciva a risolvere il maggior numero di nuove questioni, il Torricelli si guadagnò la fama di sommo geometra. Un cenno alle varie questioni da lui risolte convincerà anche noi che que-

sta fama era veramente meritata.

Egli infatti:

1) trovò per primo la quadratura della cicloide, già ritenuta difficilissima da Galileo (« De cycloide ») e ne calcolò il baricentro (Op. I, 1, 218) ⁽³⁾;

2) dette il primo esempio, seguito poi da numerosi altri, di quadratura di una figura che si estende all'infinito (« De solido hyperbolico acuto »);

3) dette il primo esempio di involuppo di una famiglia di curve piane (che non fossero solo cerchi o rette), calcolando la cosiddetta parabola di sicurezza nel tiro nel vuoto (« De motu projectorum » e altri luoghi);

4) dette il primo esempio, seguito poi da innumerevoli altri, di rettificazione di una curva piana;

5) introdusse un gran numero di nuove curve (per esempio $x^m \cdot y^n = \text{cost}$ con m, n interi positivi o negativi) per le quali dette le principali proprietà (quadratura, volume del solido di rivoluzione, baricentro, tangenti etc.);

6) calcolò innumerevoli baricentri di figure, sia nuove, sia già note;

7) risolse brillantemente un problema geometrico di massimo proposto dal Fermat.

Questo elenco sommario potrà bastare a documentare quella fecondità, di cui il Torricelli aveva dato prova fin da giovane con le ventuno dimostrazioni del teorema fondamentale di Archimede sulla quadratura della parabola, delle quali alcune « more veterum », cioè svolte con i procedimenti classici già usati da Archimede, altre basate sul metodo degli indivisibili cavalieriani (cfr. il resoconto del Viviani, in Op. IV, p. 23 segg.).

Ma la maggior grandezza del Torricelli come geometra consiste soprattutto nel fatto di non aver tanto badato alla soluzione del singolo problema, quanto alla ricerca del metodo generale per risolvere intere classi di problemi. Il metodo più ge-

(3) A proposito della quadratura della cicloide vi fu una lunga polemica di priorità col Roberval, ma dall'esame del carteggio risulta chiaro che, tutto al più, si può concedere al Roberval di aver ritrovato lo stesso risultato indipendentemente, e, molto probabilmente, dopo aver avuto notizia del risultato del Torricelli.

nerale e fecondo che egli conosceva era la geometria degli indivisibili del Cavalieri. È merito sommo del Torricelli avere risolutamente affermato la potenza di tale metodo sia per la ricerca, sia per la dimostrazione ⁽⁴⁾, e di averlo generalizzato ed esteso. Infatti il metodo del Cavalieri per il calcolo di un'area consisteva essenzialmente nel considerare la superficie come costituita da tanti segmenti rettilinei (gl'*indivisibili*, appunto) che, opportunamente ricomposti, venivano a formare una figura di cui già si sapeva calcolare l'area.

Ebbene il Torricelli:

a) chiarì che gl'*indivisibili* non andavano considerati come segmenti, ma come elementi di area, di cui una dimensione era la lunghezza del segmento e l'altra (che egli chiamava *spessezza* o *spissitudo*) era infinitesima, di cui tuttavia occorreva tener conto nel confronto degli indivisibili e nella loro ricomposizione. Ciò può sembrare ovvio a noi, ma non lo era affatto nella primitiva formulazione del Cavalieri, tanto da indurre in errore anche valenti matematici, che avevano perciò manifestato perplessità e critiche;

b) introdusse gl'*indivisibili* curvi, cioè elementi di area di spessore infinitesimo, costruiti però su curve note generiche, anziché su segmenti (ciò equivale alla nostra integrazione per sostituzione o all'uso di coordinate generiche, non cartesiane, negli integrali di superficie);

c) fornì teoremi generali, quali il teorema fondamentale che determina la posizione del baricentro mediante il rapporto di due integrali, il teorema che noi oggi esprimiamo con la formula $\int x^n \cdot dx = x^{n+1}/n + 1$ (per n razionale qualunque e con dimostrazione geometrica generale) etc. ⁽⁵⁾;

d) illustrò in numerosissimi esempi, spesso da lui stesso creati, la generalità e la fecondità del metodo;

e) applicò il metodo a problemi di nuovo tipo, come quelli cui si è già accennato, della rettificazione di curve, di quadratura tra limiti infiniti etc.

(4) Cfr. per es.: *proemium ad lectorem* nel «*De solido hyperbolico acuto*», Opere, I, 1; pag. 173.

(5) Il Torricelli, pur non enunciandolo formalmente, intrvide anche il teorema fondamentale di inversione dell'integrale definito.

Degni di nota, a questo riguardo, sono alcuni giudizi del fondatore del metodo, padre Bonaventura Cavalieri che, in una lettera a Giannantonio Rocca del 28 dicembre 1642, così si esprime sul Torricelli: « È veramente un soggetto di singolare valore, e dottrina... Lo stimo l'Archimede dell'età nostra. Potrei dirgliene molte, che sono da lui inventate, e per la via ordinaria e per la mia degli indivisibili, *de' quali egli è più pratico di me* », e il 10 marzo 1643 così scrive al Torricelli: « non posso dir altro se non chiamare avventurati gli indivisibili, che hanno ritrovato sì gran promotore ». Significativo è anche il fatto che la portata di alcuni risultati del Torricelli sfuggì perfino allo stesso Cavalieri, come nel caso del teorema del baricentro per cui il Cavalieri si preoccupava del modo con cui si sarebbero poi calcolati gli integrali dal rapporto dei quali dipendeva la posizione del baricentro.

Fra i caratteri dell'opera geometrica del Torricelli sono infine da annoverare un acuto spirito critico e una spiccata tendenza al purismo geometrico che gli fa disdegnare, pur attraverso modeste professioni di ignoranza, qualunque procedimento di carattere algebrico. La prima qualità risulta in vari luoghi ⁽⁶⁾ là dove egli si sofferma a discutere dell'origine e della funzione dei postulati della geometria, mentre la seconda, se può servire a farcelo classificare, col Loria, l'ultimo dei puristi, appare a noi, forti di una posteriore esperienza, essere stata piuttosto d'impaccio che di aiuto a quella aspirazione di generalità che costituisce il suo maggior titolo di gloria.

* * *

Meno vasta ma, a mio parere, di non minore portata, è l'opera del Torricelli nel campo della fisica. I suoi maggiori apporti a questa scienza sono:

a) la celebre esperienza dell'argento vivo, con cui si vibra un altro colpo deciso alla fisica aristotelica, si porta un notevolissimo contributo alla fluidostatica e si creano le premesse della meteorologia scientifica;

b) la sua teoria del vento, contenuta nelle lezioni ac-

(6) Per es.: « *De dimensione parabolae* » *proemium ad lectorem*, Op. II, pag. 96 e « *De proportionibus liber* », Op. II, pag. 295.

cademiche e poco conosciuta, ma che racchiude le basi delle teorie moderne (7);

c) l'enunciato chiaro e netto, anche se limitato ancora ad un caso particolare, del principio della minima altezza del baricentro (8), con alcune eleganti applicazioni;

d) la celebre legge dell'efflusso dei liquidi, notevole soprattutto per la precisione con cui egli la discute e per il ragionamento, che noi diremmo di tipo energetico, con cui egli la ricava;

e) i perfezionamenti da lui apportati alla tecnica delle lenti e dei telescopi, notevoli certamente anche se rimasti avvolti nel segreto impostogli dal Granduca (9).

Ma la grandezza del Torricelli, anche nel campo della fisica, risulta non tanto dall'enumerazione delle sue scoperte, quanto dall'analisi di ognuna di esse, che consente di conoscere il modo con cui egli vi giunge, la maniera elegante e sicura con cui rimuove obiezioni e difficoltà; solo così infatti si può ammirare insieme l'intuizione geniale e la profondità del suo pensiero fisico.

Accenneremo qui soltanto alla scoperta più universalmente conosciuta e meritatamente famosa, quella del barometro. È noto che i fontanieri fiorentini avevano constatato l'impossibilità per una pompa aspirante di sollevare l'acqua a più di 18 braccia; è noto anche che Galileo, pur non accettando la spiegazione aristotelica dell'orrore del vuoto (si ricordi la scherzosa spiegazione data al fontaniere « vuol dire che la natura ha orrore del vuoto fino a 18 braccia e non di più ») non era tuttavia riuscito a dare la corretta interpretazione del fenomeno. Questa, invece, balena alla mente del Torricelli, che, a proposito della forza che tien su l'acqua, dice « ma io pretendo che la sia esterna e che la forza venga di fuori »; egli immagina immediatamente

(7) A mio parere non è anzi improbabile che l'idea del barometro gli sia stata suggerita dal desiderio di prevedere i venti e il tempo in base alla sua teoria (vedi le parole più oltre citate dalla lettera a Michelangelo Ricci, in data 11 giugno 1644).

(8) Ecco l'enunciato del Torricelli: *Duo gravia simul coniuncta ex se moveri non posse, nisi centrum commune gravitatis ipsorum descendat.*

(9) Pur ammirando la perfezione tecnica delle lenti lavorate dal Torricelli, testimoniata dalle lenti di sua mano a noi pervenute, credo che a proposito di questo segreto si possa senz'altro accettare la tesi del Ronchi (*Toricelliana* 1945, edizione 1946, pag. 7) che ritiene trattarsi piuttosto di un principio teorico (come, per ipotesi, potrebbe essere il calcolo del rapporto dei raggi di curvatura che dà la minima aberrazione sferica) che di una particolare tecnica costruttiva.

l'esperienza dell'argento vivo a conferma della sua ipotesi, fa dei calcoli di massima, in base ai valori allora noti della densità dell'aria e dell'altezza dell'atmosfera (trovando appunto che il peso dell'aria sovrastante è sufficiente a spiegare il sostentamento dell'acqua o del mercurio, senza bisogno di ricorrere ad alcuna « forza di vacuo »), modifica l'esperienza, variando le dimensioni del pallone sovrastante il mercurio, in modo che non appaia più ragionevole l'ipotesi dell'orrore del vuoto, e infine (tanto era sicuro del risultato) dichiara di aver ideato l'esperienza « non per far semplicemente il vacuo, ma per fare uno strumento che mostrasse le mutazioni dell'aria, hora più grave e grossa, et hor più leggera e sottile ».

La lettera dell'11 giugno 1644 (Op. III, pag. 186) con cui il Torricelli comunica a Michelangelo Ricci la sua scoperta, meriterebbe di essere citata per disteso e potrebbe esser letta e commentata molto utilmente agli studenti come modello di ragionamento fisico.

Non meno brillante appare il Torricelli nel rimuovere le obiezioni propostegli dal Ricci (vedi lettera di risposta del Torricelli in data 28 giugno 1644, Op. III, pag. 198). Particolarmente elegante è il paragone tra un solido elastico e un gas compresso, che egli porta ad illustrazione del fatto che un gas, occupante un dato volume ed avente una determinata densità (e temperatura), eserciti una pressione indipendentemente dal suo peso; specialmente degno di nota è poi il passo in cui implicitamente afferma il principio di Pascal, là dove dice « ... se bene i liquidi gravitano per natura in giù, in ogni modo spingono, e schizzano per tutti i versi, anco all'insù, purché trovino luoghi dove arrivare, cioè luoghi, che resistano con forza minore della forza di essi liquidi ».

La risonanza dell'esperienza fu a quell'epoca grandissima; lo dimostrano l'encomio del Granduca al Torricelli⁽¹⁰⁾ ed il giudizio di molti illustri contemporanei. Ma noi, pur riconoscendo il grandissimo valore della scoperta, restiamo ancor più ammirati dinanzi alla potenza che il metodo sperimentale assume nelle mani del grande discepolo di Galileo. Il Torricelli infatti trae dai suoi studi un'idea (la pressione atmosferica come

(10) « Quod Evangelistae Torricellii virtute ac felicitate res prosperae gestae sunt, quod veritas recuperata, quod metus vacui profligatus, quod imperium scientiarum promotum, et Deo immortalis honorem et Evangelistae Torricellio triumphum decrevimus ».

causa della salita dei liquidi nei tubi vuotati), controlla la sua ipotesi sulla scorta dei dati quantitativi a sua disposizione (densità dell'aria e altezza dell'atmosfera) e, accortosi così che la sua ipotesi appare giustificata almeno come ordine di grandezza, progetta infine in tutti i suoi particolari un'esperienza che possa fungere da *experimentum crucis*, indicandone perfino le più importanti applicazioni (barometro).

Questo appunto e non altro (nemmeno il pur valido « provando e riprovando » degli accademici del Cimento) è il vero metodo sperimentale, quello creato da Galileo, che non era un empirista, ma cercava di leggere nel gran libro della natura « con sensate esperienze e con dimostrazioni necessarie ».

Così anche questa, come quasi tutte le grandi scoperte fisiche, che al profano, o a chi si limita ad apprenderne la formulazione finale, possono apparire casuali, risulta essere il frutto di una mirabile intuizione e di una magistrale applicazione del metodo sperimentale. Se poi analizzassimo anche le altre scoperte del Torricelli troveremmo in esse gli stessi caratteri, la stessa impronta geniale.

* * *

Umanista nel senso più vasto della parola, fecondo nell'invenzione ed acutissimo nella critica, geometra sommo ed innamorato della propria scienza, il Torricelli seppe allargarne i confini, precorrendo, colla sistematica e brillante applicazione del metodo degli indivisibili, alcuni dei teoremi fondamentali del calcolo infinitesimale. Sebbene egli si sia occupato relativamente poco di fisica, la sua maggiore gloria appare oggi legata alle sue scoperte in questa scienza. Se si eccettua la sua passione per il lavoro dei vetri, che forse era legata all'interesse del Granduca per questa attività, egli non può certo definirsi uno sperimentatore paziente; pare anzi che egli dimostrasse una certa indolenza per le osservazioni astronomiche e poca cura per le esperienze in genere. È forse sintomatico il fatto che anche l'esperienza più celebre, quella del barometro, non sia stata da lui eseguita, la prima volta, personalmente, ma fatta da lui eseguire al Viviani. Ciò nonostante nessuno oserebbe negare al Torricelli i meriti di un grande fisico, e ciò perché egli ebbe delle grandi idee e queste sono quelle che contano, anche nella fisica.

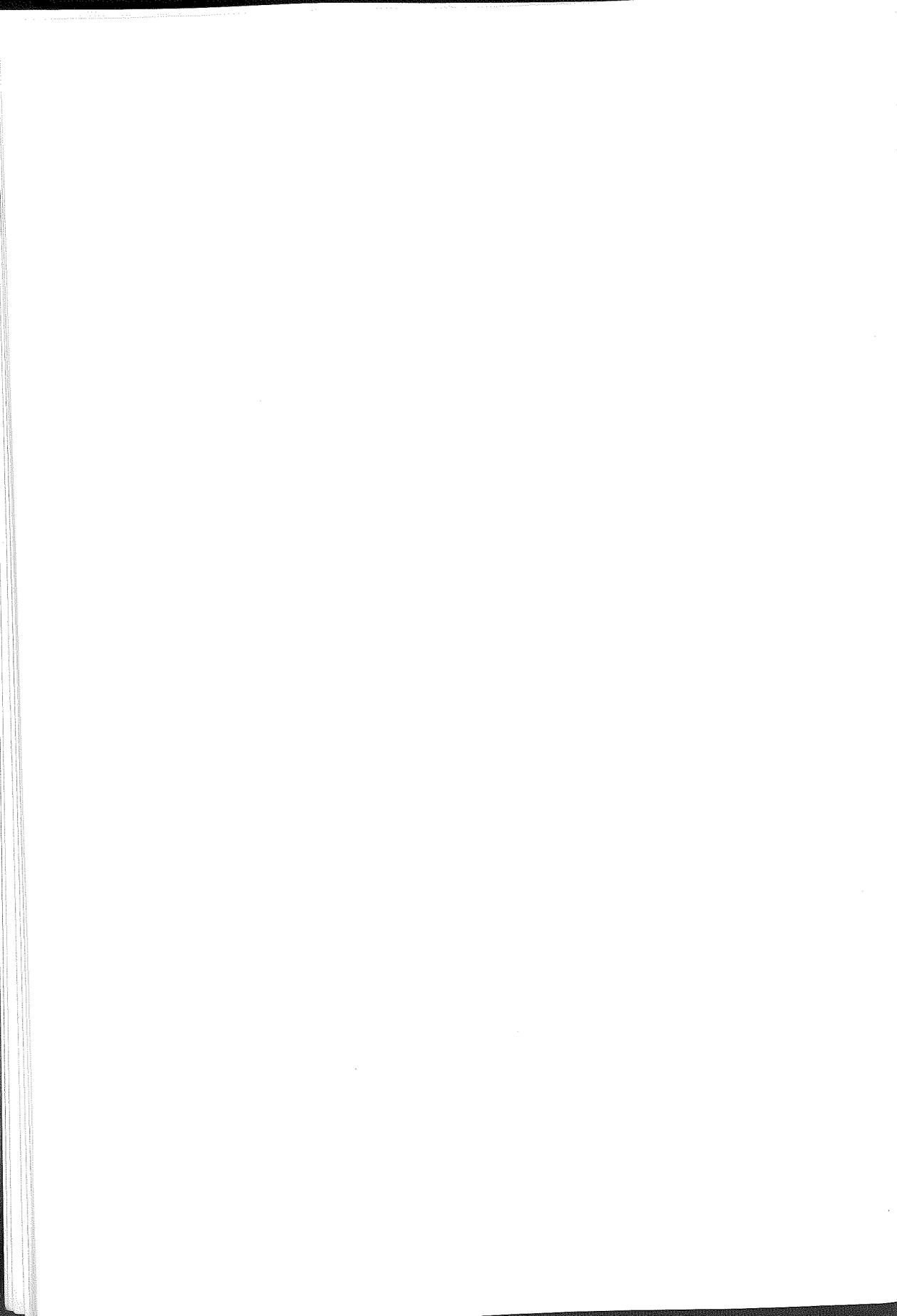
Forse la tendenza del Torricelli al razionalismo, che lo differenzia da Galileo, forse il suo smisurato amore per la geometria, lo distolsero alquanto dall'indagine fisica; ma io credo che principalmente la morte gli abbia impedito di cogliere in questa scienza quei frutti maturi che la prima meravigliosa fioritura prometteva.

A questa conclusione ci porta necessariamente lo studio della sua opera. Infatti, se è vero che egli spesso disdegnò di curare le applicazioni delle sue scoperte o di perder tempo a superare le difficoltà sperimentali che a ciò si frapponevano, se è vero che egli fu sempre incline più allo sviluppo matematico che all'applicazione concreta dei principi fisici, non è men vero che egli aveva compreso appieno il significato dell'opera del maestro ⁽¹¹⁾ e non è men vero che la sua cristallina chiarezza nell'enunciare i principi, nello svolgerne le applicazioni, nel rimuoverne le obiezioni, resta anche oggi un modello di ragionamento fisico. Egli potrebbe considerarsi il prototipo del fisico-matematico, il primo forse dell'eletta schiera cui appartennero poi Newton, Lagrange, Laplace.

L'avvicinamento non apparirà esagerato, se si pensa alla giovane età in cui il Torricelli morì e si paragona l'opera sua con quella che alla stessa età avevano svolto codesti grandi o, per restare nel suo tempo, con quella dello stesso Galileo che, a 39 anni, pur già celebre, non aveva tuttavia né inventato il cannocchiale, né quindi fatto le mirabili scoperte astronomiche che ne seguirono, né scritto il Dialogo dei massimi sistemi, né i Dialoghi delle Scienze nuove.

La sorte, che sembrò esser propizia al Torricelli in vita, apparve invece accanirsi contro di lui in morte, sia perché le sue ossa, sepolte in San Lorenzo in Firenze, andarono poi disperse, sia perché i suoi manoscritti scamparono per puro caso alla sorte delle cartacce e solo nel 1919 poterono uscir per le stampe. La sua opera è quindi rimasta in gran parte sconosciuta, se si eccettua la celebre esperienza del barometro e la regola di efflusso dei liquidi, ma merita invece una più diffusa conoscenza e può senza esitazione essere posta insieme con quella dei grandi classici della scienza.

(11) Basterebbe quanto egli scrive a proposito della bonifica della Val di Chiana: « Nelle cose poi della natura il negozio procede diversamente... Non basta avere la confessione e l'accordo dei periti, ma si vuole il consenso della natura istessa ». (Op. II, pag. 279. Risposta al Michelini).



LEONARDO MASOTTI
Professore Ordinario di Elettronica Applicata
nella Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze

ECOGRAFIA PRINCIPI FISICI E APPARECCHIATURE

Introduzione

Nella moderna medicina si tende sempre più a fare uso di immagini di significato diagnostico. In senso generale le immagini consistono in una rappresentazione sintetica di informazioni portate da una sorgente di energia che può essere generata dall'oggetto sotto osservazione o può essere messa a disposizione da una sorgente opportuna.

Per il corpo umano si possono creare immagini di organi o della loro attività utilizzando energia da questo emessa naturalmente: segnali elettrici (tracciati e mappe elettrocardiografici ed elettroencefalografici), segnali magnetici (magnetocardiogrammi), raggi infrarossi (termovisione), segnali fonici (fonogrammi) o facendo uso di energia iniettata (scintigrafia); altri sistemi: endoscopia, radiografia, ecografia, indagini mediante risonanza magnetica nucleare, richiedono l'intervento di sorgenti di energia esterne.

Nelle indagini con energia emessa da sorgenti esterne quali i raggi X, gli ultrasuoni, prodotti radioattivi iniettati, le informazioni contenute nelle immagini sono determinate dalle interazioni che avvengono tra l'energia e l'organo in esame. L'interazione tra l'organo e l'energia può essere visualizzata in due differenti modi; può essere creata un'immagine mediante l'energia che riesce a passare attraverso l'organo o sue porzioni, oppure può essere trasformata in immagini l'energia che viene riflessa o diffusa da porzioni della struttura in esame.

Le due tecniche sono chiamate rispettivamente visualizzazione per trasmissione e visualizzazione per riflessione.

Nella tecnica di visualizzazione per trasmissione l'energia si propaga attraverso l'oggetto, cioè i tessuti biologici: l'energia che non viene assorbita, diffusa o riflessa dai tessuti è visualizzata. La radiografia convenzionale impiega questa tecnica.

La tecnica di visualizzazione per riflessione utilizza l'energia che è stata retrodiffusa o riflessa dai tessuti. L'ecografia ad ultrasuoni attualmente utilizza nella maggior parte dei casi la tecnica di formazione delle immagini per riflessione.

1 - Proprietà e natura delle immagini tomografiche ad ultrasuoni

L'energia ultrasonica per formare l'immagine deve essere fornita da una sorgente esterna che può essere continua o impulsiva.

La creazione di immagini per riflessione impiega energia ultrasonica impulsiva.

La diagnostica ad ultrasuoni, sviluppata durante gli ultimi venticinque anni è usata di routine in Ostetricia e Ginecologia, Oculistica, Internistica, Cardiologia e Neurologia.

Le caratteristiche peculiari degli ultrasuoni consistono nella possibilità che essi offrono di visualizzare le interfacce tra tessuti molli senza l'uso di mezzi di contrasto; nel consentire una metodica non invasiva né traumatica per il paziente; nel permettere di compiere misure di profondità e di eseguire stratigrafie su organi; nel fornire informazioni sul flusso ematico.

Con la parola ultrasuoni si indica la forma di energia meccanica, della stessa natura di quella emessa dalla bocca quando parliamo, a frequenze al di sopra della massima frequenza dei suoni udibili. La massima frequenza udibile dall'uomo è di 16.000 oscillazioni al secondo, chiamate Herz (Hz); in ecografia clinica per ora si usano frequenze da 1 a 20 milioni di Hz.

Una caratteristica degli ultrasuoni è di propagarsi nei tessuti biologici molli ad una velocità sufficientemente bassa (circa 1500 metri al secondo) e molto prossima a quella di propagazione nell'acqua, cosicché sistemi elettronici possono essere impiegati per seguire l'evoluzione nel tempo dei segnali d'eco e fornire una rappresentazione che rende conto della morfologia di quanto gli ultrasuoni stanno illuminando all'interno del corpo umano.

Le onde ultrasoniche, a livelli di energia che non comportano danni né per il paziente né per l'operatore, vengono lan-

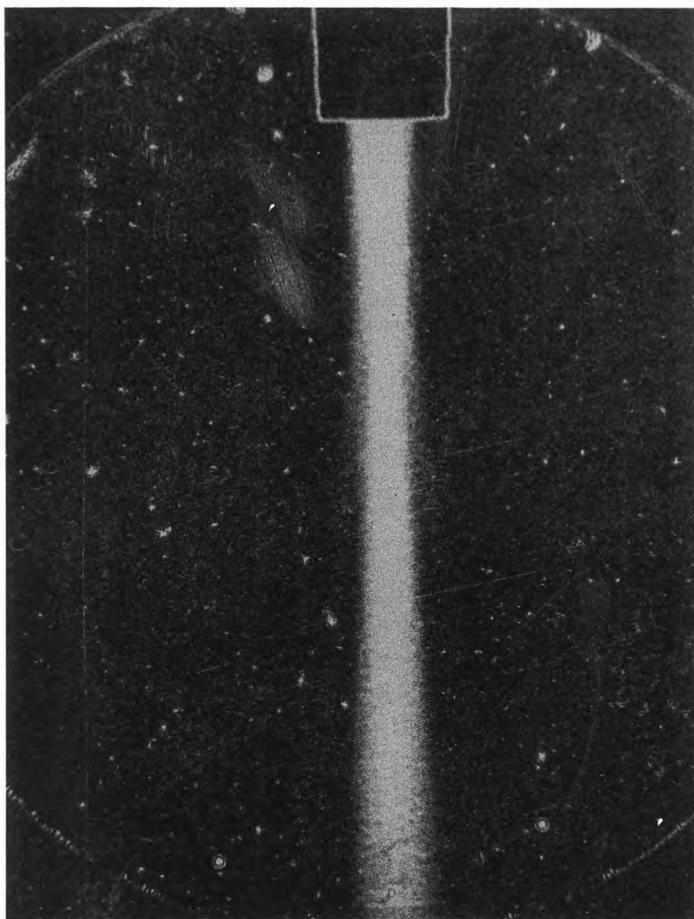


Fig. 1.1. Fascio ultrasonico emesso da una sonda funzionante a 3.5 MHz focalizzata, visualizzata secondo la tecnica Schlieren presso i laboratori di Prove non Distruttive del CCR di Ispra (Italia).

ciati all'interno del corpo umano mediante un trasduttore piezoelettrico, detto anche sonda, cioè un elemento che eccitato elettricamente vibra e trasmette queste vibrazioni (Fig. 1.1) nel mezzo con il quale è in contatto.

Nella maggior parte delle applicazioni ecografiche gli ultrasuoni sono emessi sotto forma di impulsi, cioè pacchetti di vibrazioni (v. Fig. 1.2); quando la vibrazione meccanica, lungo il cammino di propagazione, incontra un ostacolo (l'interfaccia tra un tessuto ed un altro, una discontinuità nel tessuto biologico, cavità ripiene di liquido, calcificazioni, bolle d'aria, corpi estra-

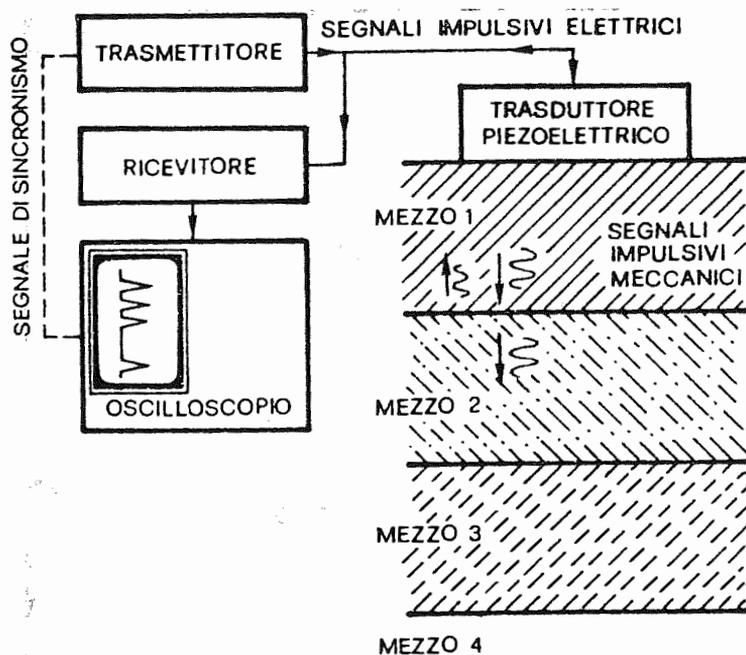


Fig. 1.2. Schema semplificato di apparecchiatura ecografica con presentazione tipo A.

nei) una parte dell'energia viene riflessa e una parte prosegue. Lo stesso trasduttore che ha emesso l'impulso ultrasonico, quando investito da vibrazioni meccaniche (segnali d'eco ultrasonici), fornisce ai suoi capi un segnale elettrico proporzionale a quello meccanico.

Il segnale elettrico viene trattato mediante dei circuiti elettronici e presentato molto frequentemente come segnale luminoso sullo schermo di un oscilloscopio; attraverso una correlazione che viene stabilita tra lo spostamento del punto luminoso sullo schermo e la distanza percorsa dagli ultrasuoni che si propagano all'interno dei tessuti, si crea una immagine della organizzazione degli strati che sono stati incontrati dagli ultrasuoni nella direzione di puntamento del trasduttore.

Principio analogo, cioè quello di rappresentare i segnali d'eco per creare immagini conformi del territorio esplorato dal sensore, viene utilizzato nelle apparecchiature sonar che impiegano onde meccaniche dello stesso tipo di quelle usate in ecografia clinica; le apparecchiature radar, anch'esse costituenti un

sistema ecografico, si basano invece sull'impiego di onde elettromagnetiche.

Le immagini utilizzate in ecografia clinica, come vedremo in dettaglio nel § 5.1, possono essere del tipo tomografico (B-mode), oppure appaiono sotto forma di tracciati descrittivi di movimento di organi o parte di essi in funzione del tempo (TM-mode), lungo una singola direzione di puntamento della sonda; altri tracciati forniscono una rappresentazione della ampiezza dei segnali d'eco in funzione della distanza dalla sonda lungo una singola direzione di puntamento (A-mode); infine possono essere rappresentate sotto forma di tracciati gli andamenti temporali della ampiezza dei segnali Doppler o l'evoluzione del relativo spettro di frequenza (v. § 5.2) o di mappe cromatiche correlate al flusso ematico nelle cavità cardiache o nei vasi.

2 - *Le caratteristiche delle onde ultrasoniche*

Le onde elastiche a frequenza ultrasonica, sono generate da una perturbazione che mette in vibrazione le particelle (*) di cui è formato un mezzo. La vibrazione delle particelle del mezzo è una caratteristica essenziale della propagazione delle onde elastiche ed è perciò impossibile per tali onde propagarsi nel vuoto.

Sono possibili diversi modi di propagazione; nelle applicazioni diagnostiche vengono impiegate le onde longitudinali. In questo tipo di onde le particelle che compongono il mezzo di propagazione, vibrano avanti e indietro attorno alla loro posizione intermedia, cosicché l'energia viene trasferita attraverso il mezzo come una perturbazione senza trasferimento di materia e le vibrazioni delle particelle sono nella direzione di propagazione dell'onda; questa è la ragione della denominazione « longitudinali »; quando la direzione del movimento delle particelle è perpendicolare alla direzione della propagazione dell'onda, si parla di onde « trasversali » o « di taglio ».

Le onde longitudinali possono attraversare tutti i tipi di mezzi, mentre le onde trasversali possono propagarsi solamente nei solidi. Questo è dovuto al fatto che i mezzi liquidi e gassosi,

(*) Si intende per particella un volume elementare sufficientemente piccolo cosicché in esso le quantità variabili nel mezzo (per esempio la pressione) siano costanti al suo interno.

in circostanze normali, non possono sopportare sforzi di taglio.

La presenza di una perturbazione acustica in un mezzo elastico è caratterizzata dal cambiamento di un certo numero di variabili fisiche che descrivono lo stato del sistema o del mezzo.

Esempi di queste variabili sono la pressione, la temperatura e la densità.

Per un'onda piana sinusoidale propagantesi lungo la direzione x (quando non si abbia attenuazione dell'onda a causa di assorbimento di energia da parte del mezzo o di altri meccanismi che esamineremo nel seguito), i cambiamenti delle variabili fisiche possono essere espressi nella forma (2.1), nel caso che il mezzo risponda linearmente agli sforzi a cui è sottoposto,

$$q = Q \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \quad (2.1)$$

In questa equazione q indica una delle variabili che subiscono variazioni sinusoidali dovute alla presenza della perturbazione nel mezzo, Q indica l'ampiezza massima dei cambiamenti ciclici di tale variabile, t e x sono il tempo e la coordinata spaziale, ω è la pulsazione legata alla frequenza f della relazione $\omega = 2\pi f$ e v è la velocità di propagazione dell'onda.

La lunghezza d'onda λ e la frequenza f sono legate alla velocità di propagazione v dalla nota equazione:

$$v = f \cdot \lambda \quad (2.2)$$

La velocità (*) alla quale viene trasferita l'energia lungo il mezzo, che coincide con la velocità di propagazione v , dipende dalle proprietà elastiche del mezzo, cioè da come la forza è legata allo spostamento del mezzo, e dal valore medio ρ_0 della densità, che lega la forza all'accelerazione del mezzo.

La velocità delle onde ultrasoniche nei tessuti molli è, come sopra accennato, quella delle onde longitudinali, perché solo

(*) La lunghezza λ è la distanza nel mezzo tra due particelle consecutive che assumono lo stesso valore di spostamento nello stesso istante; il periodo T è il tempo necessario all'onda per avanzare di una distanza λ nel mezzo (v. Fig. 2.1).

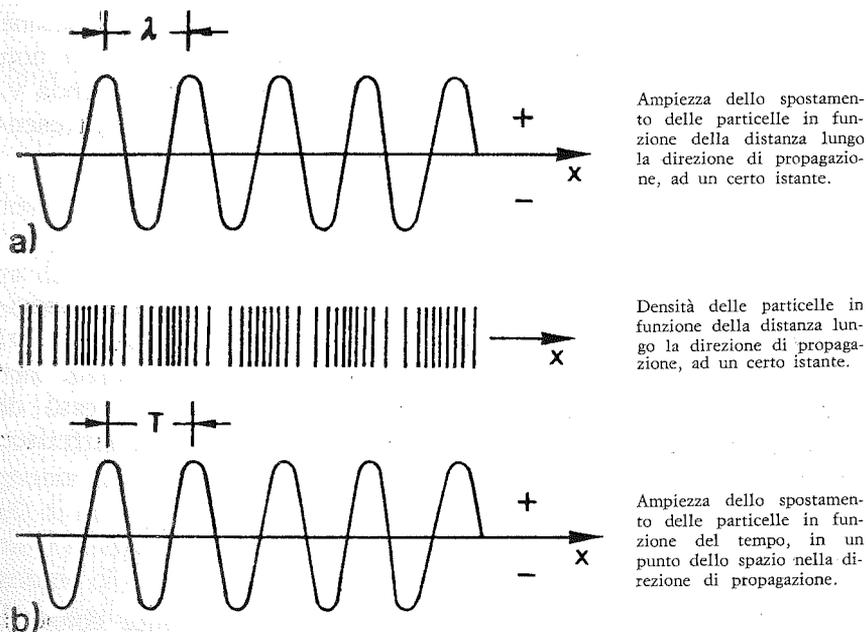
questo tipo di onde può propagarsi, e viene calcolata con la espressione, valida per i liquidi:

$$v = \sqrt{\frac{k}{\rho_0}}$$

dove v è la velocità di propagazione, k è il modulo di elasticità che lega la pressione locale alla variazione relativa di dimensione del volumetto elementare per dilatazione o compressione elastica e ρ_0 è la densità media.

Poiché il modulo di elasticità e la densità per un dato materiale variano con la temperatura, la velocità del suono varia anch'essa con la temperatura, aumentando in generale con l'innalzamento della temperatura fino ad un massimo per poi diminuire.

La velocità di propagazione può assumersi con buona approssimazione costante nell'intervallo di frequenze usato nelle applicazioni diagnostiche.



Ampiezza dello spostamento delle particelle in funzione della distanza lungo la direzione di propagazione, ad un certo istante.

Densità delle particelle in funzione della distanza lungo la direzione di propagazione, ad un certo istante.

Ampiezza dello spostamento delle particelle in funzione del tempo, in un punto dello spazio nella direzione di propagazione.

Fig. 2.1. Ampiezza dello spostamento delle particelle rispetto alla posizione di equilibrio per onde longitudinali: a) andamento nello spazio ad un certo istante, ad un certo istante successivo la figura sarebbe tralata verso la direzione x , essendosi mossa alla velocità di propagazione; b) andamento nel tempo dello spostamento delle particelle in un certo punto dello spazio.

Frequenza	Lunghezza d'onda
1 MHz	1,540 mm
3 MHz	0,513 mm
5 MHz	0,308 mm
7 MHz	0,220 mm
10 MHz	0,154 mm

TABELLA 2.1.

Valori di lunghezza d'onda per propagazione nei tessuti biologici molli, per i quali si assume una velocità media di 1540 m/s molto prossima a quella per l'acqua.

Altre importanti caratteristiche delle onde ultrasoniche sono la pressione acustica p , la velocità delle particelle u , l'intensità I e lo spostamento delle particelle y .

La pressione acustica è la variazione di pressione rispetto alla condizione a riposo, in un dato punto del mezzo e ad un dato istante, che dà luogo ad una compressione (o espansione quando sia negativa) come risultato di una perturbazione acustica.

La velocità u è la velocità di una particella in vibrazione in un dato punto del mezzo e ad un dato istante; questa non deve essere confusa con la velocità di propagazione dell'onda v .

Sia p che u variano secondo una legge del tipo rappresentato dalla equazione (2.1).

Impedenza caratteristica del mezzo

Il rapporto p/u viene chiamato impedenza acustica specifica e , per onde piane, è numericamente uguale al prodotto $\rho_0 \cdot v$, essa è più nota come *impedenza caratteristica del mezzo*. Per altre configurazioni di campo acustico, includendo il caso di onde piane stazionarie, l'impedenza acustica specifica differisce numericamente da $\rho_0 \cdot v$.

Intensità

L'intensità in ogni punto di un'onda è definita come il flusso di energia nell'unità di tempo attraverso l'area unitaria perpendicolare alla direzione di propagazione nel punto considerato. Essa è legata al valore della pressione acustica di picco p_p , al valore di picco dello spostamento della particella y_p , al

valore di picco della velocità della particella u_p e all'impedenza caratteristica $\rho_0 \cdot v$, dalla seguente relazione:

$$I = \frac{1}{2} p_p u_p = \frac{1}{2} p_p^2 / \rho_0 v = \frac{1}{2} u_p^2 \rho_0 v = \frac{1}{2} \omega^2 y_p^2 \rho_0 v \quad (2.3)$$

con

$$u_p = 2 \pi f y_p = \omega y_p .$$

L'intensità può essere espressa in watt per cm^2 . Il valore massimo della intensità ultrasonica è importante in relazione a possibili effetti biologici, il valore minimo in relazione alla capacità di un sistema ecografico di rivelare la presenza delle più piccole discontinuità nei tessuti esaminati. È spesso molto conveniente misurare il rapporto tra coppie di valori di intensità, particolarmente se il livello di una è preso come riferimento.

Decibel

In pratica è conveniente usare la scala dei decibel definiti come segue:

$$\text{numero di decibel (dB)} = 10 \log (I/I_0) \quad (2.4)$$

dove I_0 è assunto come intensità di riferimento.

Il logaritmo è il numero che rappresenta l'esponente che va dato a 10 per avere il rapporto dato; ad esempio se il rapporto vale 100, cioè 10^2 allora $\log 100 = 2$, per cui il rapporto 100 equivale a $2 \cdot 10 = 20\text{dB}$, così come il rapporto 10^1 equivale a $1 \cdot 10 = 10\text{dB}$ ed il rapporto $1000 = 10^3$ equivale a $3 \cdot 10 = 30\text{dB}$.

Il dB o decibel deriva dall'unione della parola *Bel* (dal cognome del ricercatore Bell) definito come il logaritmo in base 10 di un rapporto e *deci* cioè un decimo: il numero n che esprime l'attenuazione o il guadagno in decibel è perciò 10 volte più grande di quello che esprime l'attenuazione o il guadagno in Bel.

Nella seguente tabella 2.2 sono riportati valori di rapporto di intensità espressi in dB. Occorre ricordare che:

$$\log \frac{I}{I_0} = - \log \frac{I_0}{I}$$

Quando si esegue il confronto tra le ampiezze di due segnali d'eco, esso può essere ancora espresso in dB, ma poiché l'intensità è proporzionale al quadrato della ampiezza, come è descritto dalla formula (2.3) avremo che il rapporto delle ampiezze in dB è dato da:

$$\text{numero di decibel (dB)} = 10 \log \frac{A^2}{A_1^2} = 20 \log \frac{A_2}{A_1}$$

dove A_2 è proporzionale alla ampiezza del secondo segnale d'eco e A_1 è proporzionale alla ampiezza del primo segnale d'eco.

Il valore relativo alla ampiezza A rispetto ad una ampiezza di riferimento A_0 è dato in dB da $20 \log A/A_0$.

Occorre osservare che una attenuazione di 20 dB significa perciò una riduzione di intensità di 100 a 1 e una riduzione in ampiezza da 10 a 1.

2.1 - Assorbimento

Nei tessuti biologici l'intensità I decresce con la distanza x lungo la direzione di propagazione degli ultrasuoni, secondo la relazione:

$$I = I_0 \exp [-2\mu \cdot x] = I_0 e^{-2\mu \cdot x} \quad (2.1.1)$$

dove e è il numero di Nepero, I_0 è l'intensità per $x = 0$ e 2μ è il coefficiente di assorbimento per l'intensità.

Per l'ampiezza l'espressione corrispondente risulta:

$$A = A_0 \exp [-\mu \cdot x] = A_0 e^{-\mu \cdot x} \quad (2.1.2)$$

dove A_0 è l'ampiezza per $x = 0$ e μ è il coefficiente di assorbimento per l'ampiezza.

Risulta dalla (2.1.2):

$$\mu = -\frac{1}{x} \ln (A_0/A) = \frac{1}{x} \ln (A/A_0) \quad (2.1.3)$$

essendo \ln il simbolo di logaritmo naturale o in base e . In questo modo μ viene espresso in neper per centimetro (Np/cm).

Decibel negativi			Decibel positivi	
Rapporti di ampiezza	Rapporti di intensità (potenze)	dB	Rapporti di ampiezza	Rapporti di intensità (potenze)
1.000	1.000	0.0	1.000	1.000
0.989	0.977	0.1	1.012	1.022
0.977	0.955	0.2	1.023	1.047
0.944	0.891	0.5	1.059	1.122
0.891	0.794	1	1.122	1.259
0.794	0.631	2	1.259	1.585
0.703	0.501	3	1.413	1.995
0.631	0.398	4	1.585	2.512
0.562	0.316	5	1.778	3.162
0.501	0.251	6	1.995	3.981
0.447	0.200	7	2.239	5.012
0.398	0.159	8	2.512	6.310
0.355	0.126	9	2.818	7.943
0.316	0.100	10	3.162	10.000
0.282	0.0794	11	3.584	12.59
0.251	0.0631	12	3.981	15.85
0.224	0.0501	13	4.467	19.95
0.200	0.0398	14	5.012	25.12
0.178	0.0316	15	5.623	31.62
0.159	0.0251	16	6.310	39.81
0.141	0.0200	17	7.080	50.12
0.126	0.0159	18	7.943	63.10
0.112	0.0126	19	8.913	79.43
0.100	0.0100	20	10.000	100.00
0.0562	0.003 16	25	17.73	316
0.0316	0.001 00	30	31.62	1000
0.0178	0.000.32	35	56.23	3162
0.0100	0.000.10	40	100.00	10000
0.0056	0.000 03	45	177.80	31620
0.0032	0.000 01	50	316.20	100000
0.001 00	10 ⁻⁶	60	1000	10 ⁶
0.000 32	10 ⁻⁷	70	3162	10 ⁷
0.000 10	10 ⁻⁸	80	10000	10 ⁸
0.000 03	10 ⁻⁹	90	31620	10 ⁹
0.000 01	10 ⁻¹⁰	100	100000	10 ¹⁰
0.000003	10 ⁻¹¹	110	316200	10 ¹¹
0.000001	10 ⁻¹²	120	1000000	10 ¹²

TABELLA 2.2. Numero di decibel per vari valori di rapporti di intensità (o potenze) e ampiezze.

Usualmente la attenuazione è espressa in termini di un coefficiente di attenuazione α espresso in decibel per centimetro (dB/cm). Si ha che:

$$\alpha = 20 \log \frac{A}{A_0} = 20 \log \frac{A_0 e^{-\mu \cdot 1}}{A_0} = 20 \log_{10} (e^{-\mu \cdot 1})$$

essendosi scritto il simbolo di logaritmo in base 10 \log_{10} invece che Log.

Risulta inoltre:

$$|\alpha| = 20 (\log_{10} e) \mu = 8,686 \mu \quad (2.1.4)$$

Analogamente:

$$\begin{aligned} |\alpha| &= 10 \log \frac{I_0}{I} = 10 (\log_{10} e) 2 \mu = \\ &= 4,343 \cdot 2 \mu = 8,686 \mu \end{aligned} \quad (2.1.4)$$

Con questa definizione di coefficiente di assorbimento si ha che se il mezzo introduce una attenuazione tra due punti di 40 dB, questo significa che l'intensità si è ridotta da 10000 a 1 e l'ampiezza da 100 a 1; si ricordi infatti che l'intensità è proporzionale al quadrato della ampiezza (v. § 2. Decibel).

Per un segnale d'eco riflesso da una discontinuità che si trovi a $L = 10$ cm di distanza dalla sonda, con interposto un tessuto omogeneo per il quale il coefficiente di assorbimento sia di 1 dB/cmMHz, l'attenuazione dovuta al solo assorbimento, supponendo che la sonda funzioni a $f_0 = 2$ MHz, è data da:

$$(\alpha \cdot f_0 \cdot L \cdot 2) \text{ dB}$$

il fattore 2 tiene conto del percorso di andata (sonda-discontinuità) e ritorno (discontinuità-sonda) dell'onda ultrasonica, sostituendo i valori otteniamo:

$$(1 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 2) = 40 \text{ dB}$$

Cioè solo per questa causa l'ampiezza del segnale è ridotta da 100 a 1.

L'assorbimento acustico è forte in tutti i tessuti biologici ed è dovuto principalmente alla trasformazione di energia ultrasonica in energia termica.

L'attenuazione della intensità ultrasonica del fascio ultrasonico non solo è dovuta all'assorbimento ma anche alla divergenza del fascio ultrasonico, alla diffusione e riflessione da parte di piccole discontinuità, alla conversione di modo per cui l'energia si divide in più onde che si propagano in direzioni diverse e con velocità diverse.

Per i tessuti molli l'assorbimento è all'incirca proporzionale alla frequenza secondo la legge: $\alpha(f) = \alpha \cdot f$, cosicché l'attenuazione dovuta all'assorbimento per il solo percorso di andata è in generale compreso fra 1 e 2 dB/cm MHz (cioè fra 1 e 2 dB per ogni centimetro e per ogni Megahertz).

L'assorbimento nei tessuti biologici è prevalentemente legato al contenuto di proteine, sebbene si abbia una componente di assorbimento legata ad altri costituenti (6, 7).

Nella tabella 2.1.1 sono riportati i valori del coefficiente di assorbimento α per vari mezzi e, per alcuni, una legge approssimata di dipendenza della frequenza.

Nei mezzi liquidi l'assorbimento è molto piccolo, nei tessuti molli l'assorbimento ha un valore intermedio, nell'osso l'assorbimento è molto alto; nei gas, alle frequenze usate in diagnostica l'assorbimento è molto forte.

L'andamento dell'assorbimento in funzione della frequenza potrebbe essere uno degli elementi per la classificazione dei tessuti (30); numerose ricerche sono in atto in diversi laboratori nel mondo in questo settore attualmente (anno 1980) (v. § 2.2.4.1).

Occorre anche tenere presente che quando le strutture si trovano *nel campo lontano* (v. § 3.2), *l'intensità acustica diminuisce come l'inverso del quadrato della distanza*. Questa attenuazione è nota come attenuazione per effetto della divergenza del fascio; si può calcolare che in zona lontana la intensità si riduca a un quarto per ogni aumento della distanza dal trasduttore di un fattore uguale a due. Chiamando I_0 l'intensità alla distanza caratteristica (v. § 3.2) e con

$$I_1 = \frac{I_0}{D^2_1}$$

TABELLA 2.1.1.

Materiale	Coefficiente di attenuazione α a 1 MHz e 37 °C (dB/cm)	Riferimenti Bibliografici	Dipendenza approssimativa di α dalla frequenza
Acqua	0,002	(10)	f^2
Olio di ricino	0,37	(1, 4)	f^2
Polistirene	0,35	(1, 4)	
Perspex	2,0	(1, 4)	
Polietilene	4,7	(1, 4)	$f^{1,1}$
Grasso	0,6	(1, 4)	
Sangue	0,2	(11, 30)	$f^{1,3}$
Milza	0,3	(29)	$f^{1,6}$
Muscolo	1,5 ÷ 2,5	(13, 16, 17, 30)	f^2
Cervello	0,5	(29)	f^2
Fegato	0,7	(29)	$f^{1,1}$
Osso del cranio	10	(31)	$f^{1,7}$
Polmone gonfio	35	(6)	$f^{0,7}$
Aria a STP	12	(*)	f^2

(*) Wells PNT: Physical Principles of Ultrasonic Diagnosis. New York, Academic Press, 1969.

l'intensità alla distanza D_1 , maggiore di quella caratteristica, la intensità I_2 ad una distanza D_2 pari al doppio di D_1 sarà esprimibile come:

$$I_2 = \frac{I_0}{D_2^2} = \frac{I_0}{4 D_1^2}$$

e quindi:

$$I_2 = \frac{1}{4} I_1$$

2.1.2 - Scelta della frequenza

La conoscenza dell'assorbimento dei vari tessuti e della profondità dell'organo da studiare consente di selezionare le sonde per le varie applicazioni. Le frequenze più alte consentono una migliore risoluzione, cioè un migliore apprezzamento dei dettagli, ma sfortunatamente non possono essere usate se, a parità di energia emessa dalla sonda, non ne arriva un livello sufficiente all'organo da studiare. Per l'addome attualmente si usano le frequenze 1,5; 2,25; 3,5 MHz, per la mammella e tiroide 5;

7 MHz, per il cuore 2,25; 3,5 MHz e 5, per i neonati 7 MHz, per il cervello 1; 2,25 MHz, per l'occhio 10 MHz e oltre.

2.2 - *Andamento in corrispondenza dei bordi*

Quando un'onda ultrasonica, che si sta propagando in un mezzo acusticamente uniforme, raggiunge l'interfaccia con un mezzo di differente impedenza caratteristica meccanica, si ha riflessione e rifrazione dell'onda.

2.2.1 - *Incidenza normale*

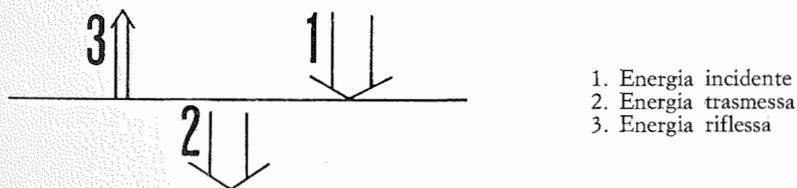
Per incidenza di un'onda su una superficie teoricamente piana, secondo la direzione della perpendicolare alla superficie, cioè per incidenza normale, la frazione della energia incidente che viene riflessa è data dall'equazione:

$$R = \frac{(z_2 - z_1)^2}{(z_2 + z_1)^2} \quad (2.2.1.1)$$

in cui z_2 e z_1 sono le impedenze caratteristiche dei due mezzi (v. § 2 e Fig. 2.2.1.1).

La frazione dell'energia incidente che viene trasmessa nel mezzo 2 è pari a $1 - R$.

Nella seguente tabella 2.2.1.1 sono riportati i valori di impedenza caratteristica di vari mezzi.



1. Energia incidente
2. Energia trasmessa
3. Energia riflessa

Fig. 2.2.1.1. Riflessione per incidenza normale dell'onda ultrasonica sulla superficie di separazione tra due mezzi diversi: una parte dell'energia incidente viene trasmessa, la restante viene riflessa.

TABELLA 2.2.1.1. Dati riguardanti alcuni materiali inerti e alcuni tessuti biologici. Per l'acqua, l'alluminio, il mercurio, il perspex i dati si riferiscono alla frequenza di 1 MHz.

Materiale	T (°C)	Z (g/cm ² ·s·10 ⁵)	v (m/s)		
Acciaio	20	47.6	5810		
Acqua	20	1.48	1430		
Alluminio		18.0	6400		
Araldite		3.0			
Aria	20	0.0004	331		
Bachelite		3.63	2590		
Ferro		40.7	5850		
Mercurio		19.7	1450		
Olio di ricino	37	1.43	1500		
Ottone		38.0	4490		
Perspex		3.20	2680		
Piombo		27.3	2130		
Polistirene		2.90	2670		
P.V.C.		3.38	2400		
Rame		41.1	4600		
Stagno		19.9	3320		
Vetro		13.6	5420		
Tessuto biologico					
Grasso	24	1.38	1476	0.6	1.8
Sangue	22	1.67	1570	0.3	2
Fegato	24	1.64	1585	1.8	1.8
Rene	24	1.62	1560	1.3	1.8
Cervello	24		1560	1.7	1.8
Mammella	in vivo		1450 ÷ 1570	0.5 ÷ 1.1	1.76
Ossso cranico	in vivo	4.00	3370	2.7	0.1
Muscolo scheletrico (parallelo alle fibre)	26	1.65	1592	2.5	4
Muscolo scheletrico (perpendicolare alle fibre)	26	1.65	1610	1.1	4
Milza	18	1.63	1578	2	2

Se si considera il caso di passaggio tra tessuto biologico molle per il quale si assume $z_1 = 1,5 \cdot 10^5 \cdot \text{g/cm}^2 \cdot \text{s}$ e l'aria per cui $z_2 = 0,0004 \cdot 10^5 \cdot \text{g/cm}^2 \cdot \text{s}$, dalla (2.2.1.1) otteniamo $R \approx 1$ e cioè $1 - R \approx 0$, non abbiamo cioè trasmissione di energia ultrasonica nel mezzo 2, cioè nell'aria. Ciò giustifica come eventuali bolle d'aria lungo il cammino dell'onda ultrasonica non consentono di visualizzare ciò che sta dietro la bolla a meno che questa non sia di dimensioni confrontabili con la lunghezza d'onda alla frequenza impiegata; in questo ultimo caso per la diffrazione (v. § 2.4) l'onda ultrasonica passa oltre l'ostacolo.

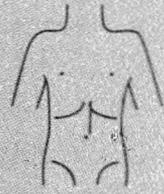
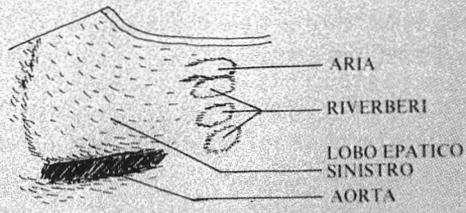
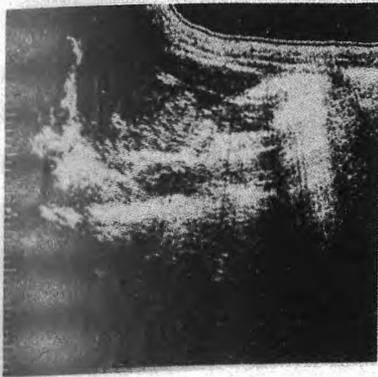
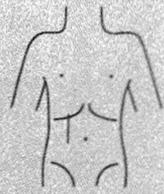
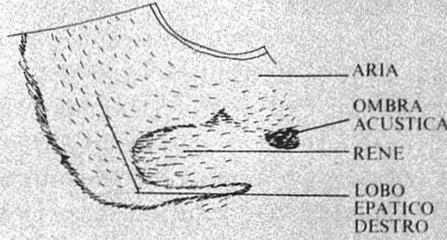
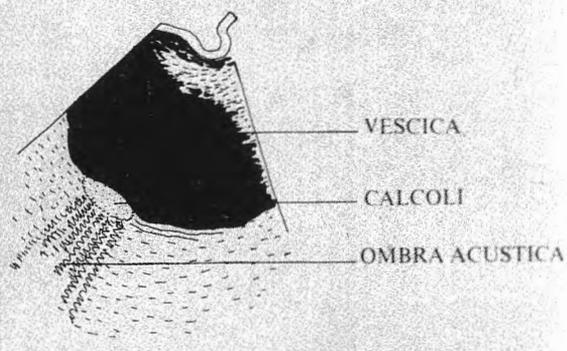
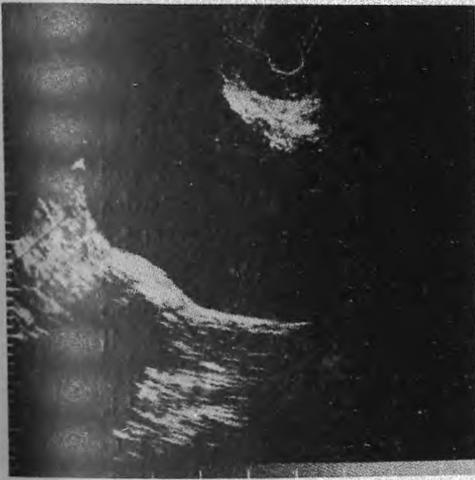


Fig. 2.2.1.2.



A

Fig. 2.2.1.3. Immagine ecografica di calcolo in vescica con il tipico cono d'ombra dovuto alla forte riflettività e all'assorbimento della formazione litica.

Analogamente se si considera il passaggio da un mezzo 1 liquido (per esempio bile, urina) con $z_1 = 1,5 \cdot 10^5 \cdot \text{g/cm}^2 \cdot \text{s}$ ad un mezzo 2 costituito da una formazione litiaca con $z_2 \approx 10 \cdot 10^5 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{s}$, si ottiene $R \approx 0,5$ e $1 - R \approx 0,5$, per cui l'energia ultrasonica che penetra nella formazione litiaca è una frazione bassa di quella in arrivo. Si ha inoltre un assorbimento di questa energia trasmessa che si propaga nel calcolo, infine una bassa frazione della energia che arriva all'altra interfaccia, cioè quella di uscita, tra calcolo e mezzo sottostante, può trasmettersi nel tessuto sottostante; di questa energia, la parte che viene riflessa da eventuali discontinuità incontrate dagli ultrasuoni a valle del calcolo trova ancora questo ostacolo lungo il cammino di ritorno verso il trasduttore.

Nel complesso quanto detto rende ragione della presenza dei tipici coni d'ombra dietro ai calcoli, per la mancanza dei segnali riflessi da eventuali strutture a valle dei calcoli (v. Fig. 2.2.1.3).

2.2.2 - Rifrazione

Per incidenza obliqua (Fig. 2.2.2.1) l'onda è deviata se la velocità v_1 nel mezzo 1 è diversa dalla velocità v_2 nel mezzo 2; la relazione tra l'angolo d'incidenza e quello di rifrazione è governato dalla legge di Snell:

$$\frac{\text{sen } \vartheta_i}{\text{sen } \vartheta_t} = \frac{v_1}{v_2}$$

La differenza di velocità tra i vari tessuti molli è relativamente piccola come appare dalla tabella 2.2.1.2. Quando nel cammino degli ultrasuoni è presente osso, la rifrazione risulta pronunciata. Questa è la ragione per cui immagini tomografiche con ultrasuoni del corpo umano, con tecniche di ricostruzioni analoghe a quelle del TAC e raggi X, sono in fase di sviluppo per la mammella e non altri organi per i quali nel cammino degli ultrasuoni è compreso osso. Infatti la rifrazione dovuta alla presenza di osso non consente di correlare la misura dell'assorbimento nella direzione trasmettitore-ricevitore con quella dei tessuti interposti, come invece avviene per i raggi X. D'altra parte, come si è già anticipato le immagini tomografiche ad ultrasuoni possono essere costruite direttamente come ecografie, grazie alla

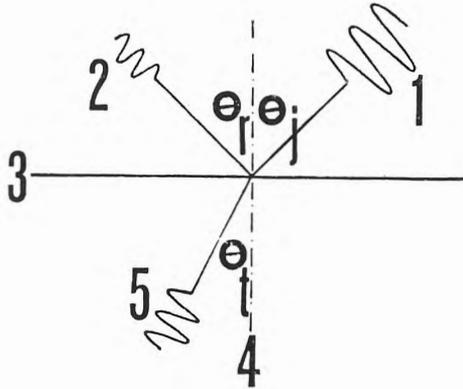


Fig. 2.2.2.1. Rifrazione dell'onda ultrasonica nel passaggio con incidenza obliqua tra due mezzi a diversa velocità di propagazione: 1) onda incidente; 2) onda riflessa; 3) discontinuità tra i due mezzi; 4) retta normale al bordo.

bassa velocità di propagazione degli ultrasuoni che consente di utilizzare direttamente la energia riflessa. La utilità della tomografia computerizzata con ultrasuoni, quando sia teoricamente possibile come nella mammella, consiste nella prospettiva di poter ricostruire mappe di assorbimento e di velocità di propagazione dell'organo nel piano di esplorazione; in questo modo potrebbero essere aggiunte altre informazioni a quelle morfologiche e di riflettività diffusa, contenute nella immagine ecografica.

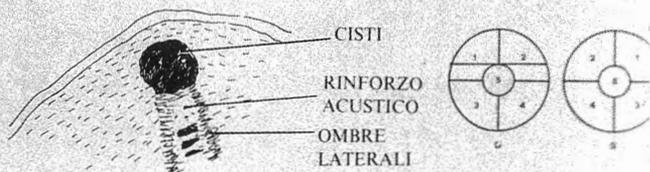


Fig. 2.2.2.2.

2.2.3 - Riflessione da superfici inclinate

Quando l'incidenza non è normale la ampiezza del segnale d'eco raccolto dalla sonda è fortemente dipendente dallo scostamento dalla incidenza normale (v. Fig. 2.2.3.1). Per un angolo di incidenza superiore a pochi gradi l'ampiezza scende sotto il valore di un decimo di quella ottenuta per incidenza normale

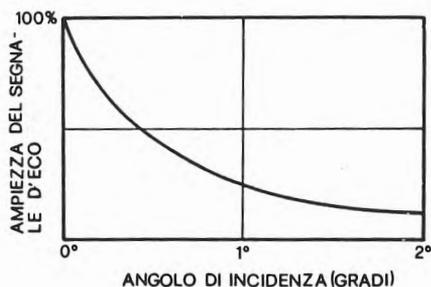


Fig. 2.2.3.1. Andamento dell'ampiezza relativa del segnale d'eco per una superficie riflettente piana in funzione dell'angolo di incidenza.

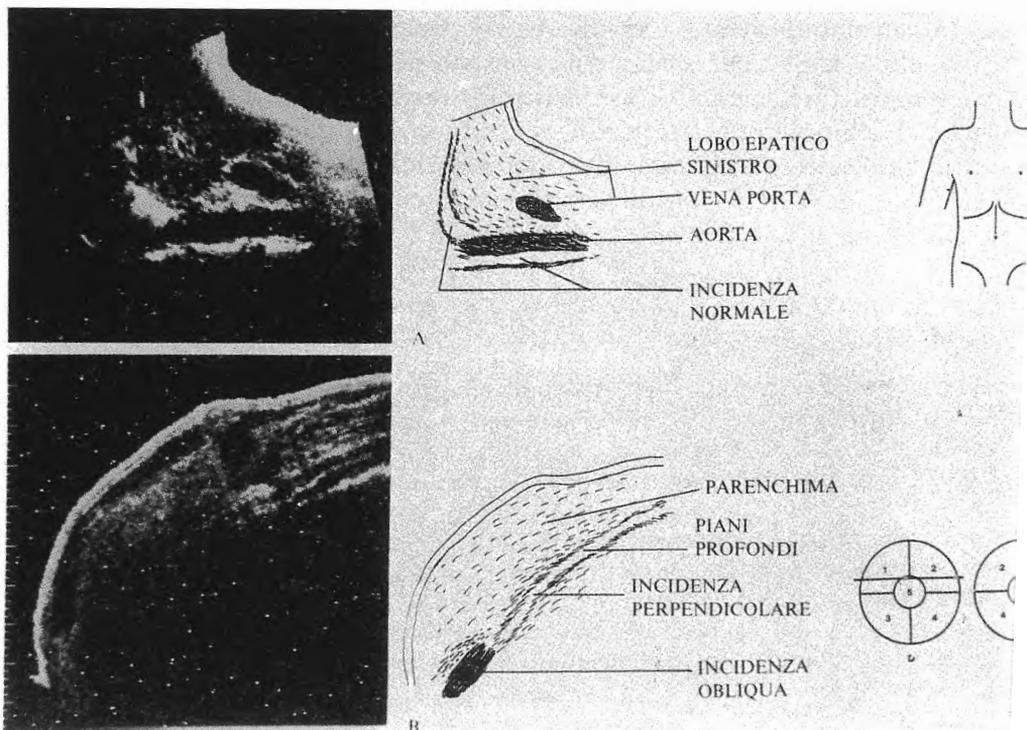


Fig. 2.2.3.2. a) Immagine ecografica di vasi raggiunti per una porzione della parete con incidenza normale per cui si genera un forte segnale d'eco; b) immagine ecografica di mammella in cui una scansione è con scansione con raggio ultrasonico obliquo.

(angolo 0^0); ciò accade sia a piccole che a grandi distanze dal trasduttore. La spiegazione qualitativa di questa osservazione è abbastanza semplice: vicino al trasduttore la porzione di superficie ricevente interessata dal fascio riflesso diminuisce all'aumentare dell'angolo di incidenza: per distanze in cui il fascio è formato il trasduttore viene illuminato quasi uniformemente dal fascio riflesso, ma la sensibilità del trasduttore si riduce allontanandosi dalla normale, come imposto dalla funzione di direttività del trasduttore stesso (v. § 4).

2.2.4 - Diffusione

Nel caso di interfacce grandi rispetto alla lunghezza d'onda la riflessione è di tipo speculare, come visto nei paragrafi 2.2.2 e 2.2.3, accompagnata da effetto ombra sulle strutture che stanno a valle, con entità dipendente dal coefficiente di riflessione sulla interfaccia. Quando l'ostacolo ha dimensioni molto più piccole della lunghezza d'onda la radiazione viene diffusa uniformemente in tutte le direzioni, e l'onda incidente aggira l'ostacolo per diffrazione, con una limitata perturbazione.

Il parenchima dei tessuti biologici si comporta per gli ultrasuoni come un insieme di centri di diffusione più o meno grandi e distanziati in dipendenza dello stato e della natura del tessuto stesso. La diffusione all'interno dei tessuti biologici riduce la energia che si propaga per cui contribuisce alla attenuazione assieme alla riflessione, la rifrazione, la divergenza del fascio e l'assorbimento per trasformazione della energia acustica in energia termica. La diffusione da parte delle strutture interne dei tessuti molli appare di particolare importanza per la differenziazione dei tessuti nella immagine tomografica. Infatti la struttura interna dei tessuti molli non è omogenea, sia per la organizzazione che per il tipo di cellule che lo compongono, per cui la ampiezza, la forma e la distribuzione spaziale dei segnali d'eco interni sono dipendenti dalla natura e dallo stato del tessuto esaminato. È stato rilevato che la energia diffusa dipende dalla orientazione del trasduttore rispetto al tessuto (*).

(*) D. Nicholas and C.R. Hill: « Acoustic Bragg Diffraction From Human Tissue » *Nature*, 257: 305-306 (1975).

2.2.4.1 - Interazione tra ultrasuoni e tessuti biologici

Si è accennato in precedenza alla diffusione (*scattering*) dovuta alle piccole strutture incontrate dagli ultrasuoni. Se le dimensioni delle strutture incontrate sono più piccole della lunghezza d'onda ultrasonica si ha la così detta diffusione alla Rayleigh; in altre parole in questo caso le microstrutture si comportano come riflettori puntuali, cosicché l'energia viene diffusa in tutte le direzioni. La dipendenza della diffusione alla Rayleigh e quindi la attenuazione causata da questo effetto segue la legge:

$$\alpha_R(f) = k_R \cdot f^4$$

Questo tipo di dipendenza è stato osservato per il sangue (**). Quando le disomogeneità nei tessuti sono dello stesso ordine di grandezza della lunghezza d'onda ultrasonica si ha una diffusione chiamata alla Tyndall.

La diffusione in questo caso è più direzionale e l'attenuazione viene a dipendere dalla frequenza della onda ultrasonica secondo la legge.

$$\alpha_T(f) = k_T \cdot f^2$$

Molte alterazioni patologiche localizzate o diffuse hanno una architettura strutturale che differisce da quella dei tessuti normali. Questa possibilità apre perciò una nuova dimensione alla indagine clinica mediante ultrasuoni.

Non è ancora chiaro quale proprietà dei tessuti biologici sia direttamente responsabile delle discontinuità di impedenza caratteristica presenti all'interno. Tenendo presente la espressione per la velocità degli ultrasuoni nei liquidi, valida anche per le onde longitudinali nei tessuti biologici abbiamo (v. § 2)

$$v = \sqrt{\frac{k}{\rho_0}}$$

(**) K.P. Shung, R.A. Sigelman, and G. Schmer: «Ultrasonic measurement of blood coagulation time» Ieee Trans. B.M.E., 22: 334-337 (1975).

ricordando la espressione $z = \rho_0 \cdot v$ otteniamo:

$$z = \sqrt{k\rho_0}$$

La densità ρ_0 ha valori che differiscono di poco tra i vari tessuti molli, per cui sarebbero le variazioni nella elasticità (tenuta in conto dal modulo di compressibilità di volume k) che rendono ragione delle discontinuità di impedenza, e quindi dei segnali diffusi dalle strutture all'interno dei tessuti molli.

Le fibre collagene presentano un modulo di elasticità molto più grande di quello di altri tessuti molli.

Fields e Dunn (*) hanno ipotizzato che la quantità di collagene sia il componente dominante per determinare il valore della impedenza caratteristica. La maggior ampiezza dei segnali d'eco del fegato cirrotico rispetto al fegato normale sarebbe attribuibile alla aumentata presenza di collagene nel fegato cirrotico. Similmente nella mammella di soggetto postmenopausa si nota un aumento nella densità dei segnali d'eco e infatti si ha un aumento del tessuto fibroso rispetto alla mammella premenopausa.

Si fanno anche altri esempi di cambiamenti del tessuto connettivo che potrebbero essere messi in relazione al cambiamento della riflettività associata alle malattie. Qualunque siano le proprietà dei tessuti biologici che contribuiscono alla nascita di discontinuità di impedenza caratteristica e alle loro variazioni, la fisica della diffusione o riflessione delle strutture distribuite è notevolmente complicata. Pur non essendo ancora possibile stabilire la quantità di informazioni che possono essere ottenute dall'esame dei segnali d'eco ottenuti da un volumetto di tessuto, tuttavia per lo studio dell'occhio sono ormai affermati metodi di diagnosi differenziali attraverso l'esame di caratteristiche del tracciato ecografico rilevato in condizioni standard; per il fegato, la mammella e la placenta sono stati ottenuti risultati incoraggianti. Interessanti, se pur non ancora applicabili clinicamente, sono le differenze nei meccanismi di diffusione e di creazione dei segnali d'eco in dipendenza della lunghezza d'onda e quindi della frequenza; analisi nel dominio delle frequenze delle modificazioni spettrali sono un importante filone di ricerca attual-

(*) Fields, Sand, Dunn F.: Correlation of echographic visubility of tissue with biological composition and physiological state. *J. Acoust. Soc. Am.* 54, 809-12 (1973)

mente seguito (1986). Secondo molti autori e, come del resto si è accennato via via discutendo le caratteristiche fisiche degli ultrasuoni, è già possibile stabilire una grossolana identificazione di caratteristiche dei tessuti raccolta schematicamente nella seguente tabella:

TABELLA 2.2.4.1.

Tessuto	Echi interni	Attenuazione	Caratteristiche
Calcificazione	Forti	Molto alta	Opaca per le strutture sottostanti.
Fibroso Molle Grasso	Grandi Medi Bassi	Alta Media Bassa	Penetrazione ridotta. Qualche esaltazione delle echo posteriori.
Liquidi	Nessuno	Trascurabile	Esaltazione delle echo posteriori; effetti di cono d'ombra per rifrazione ai bordi.

3 - *Trasduttori*

3.1 - *Cenni costruttivi*

La sonda che trasmette e riceve gli impulsi ultrasonici è realizzata nella versione base, da un disco piezoelettrico, tipicamente da 1 a 2 cm di diametro, oppure da elementi rettangolari o anulari per le cortine che esamineremo nel seguito, eccitati elettricamente per mezzo di due elettrodi in forma di metallizzazioni delle due facce parallele (Fig. 3.1.1). Applicando una tensione alternata (un impulso elettrico per gli apparati impulsivi o un'onda continua per gli apparati Doppler in onda continua) tra gli elettrodi l'effetto piezoelettrico inverso provoca una variazione sincrona dello spessore del trasduttore; reciprocamente, una perturbazione meccanica (un impulso ultrasonico) che colpisce il trasduttore facendone variare lo spessore, provoca la nascita di una differenza di potenziale (un segnale elettrico) tra gli elettrodi per effetto piezoelettrico diretto. Lo spessore del disco piezoelettrico viene fatto pari ad una mezza lunghezza d'onda, nel mezzo ceramico, alla frequenza per cui si vuole che funzioni il trasduttore; questa condizione è chiamata di « risonanza » poiché in queste condizioni le variazioni di spessore del disco sono massime. Similmente, il trasduttore presenta la mas-

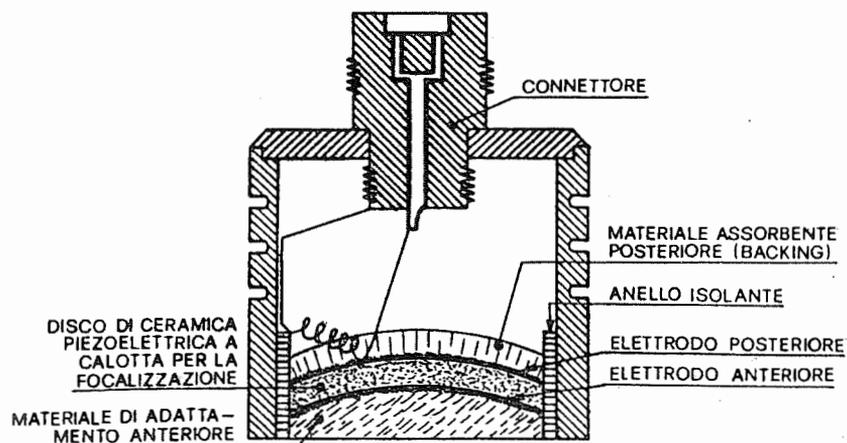


Fig. 3.1.1. Sezione schematica di trasduttore per ecotomografia focalizzata.

sima sensibilità come ricevitore quando è investito da energia acustica alla sua frequenza di risonanza. L'elemento piezoelettrico è collegato posteriormente ad un materiale assorbente acustico, destinato ad assorbire l'onda che viene irradiata posteriormente. Questa struttura posteriore contribuisce a smorzare l'elemento risonante in modo che possa funzionare su di una banda di frequenze più larga (sono tipiche bande a 3 dB fino al 40% della frequenza centrale) cosicché possono essere emessi impulsi di poche oscillazioni, cioè brevi, per ottenere un buon potere risolutivo assiale (v. § 4.1) nei sistemi ecografici impulsivi.

Lo spettro dell'impulso generato dal trasduttore è dato dal prodotto dello spettro dell'impulso elettrico di eccitazione per la risposta in frequenza del trasduttore.

Tra l'elemento piezoelettrico e la faccia anteriore emittente viene realizzato uno strato adattatore di impedenza tra quella della ceramica, pari a circa $30 \cdot 10^5$ g/cm²s e quella dei tessuti biologici molli, pari a circa $1,5 \cdot 10^5$ g/cm²s molto vicina a quella dell'acqua.

Lo strato, nella forma più semplice ha uno spessore di $\lambda/4$, o un suo multiplo dispari, alla frequenza centrale di risonanza dell'elemento piezoelettrico e per la velocità delle onde longitudinali nel mezzo di cui è fatto tale strato; questo materiale viene ottenuto caricando resine epossidiche con polvere di tungsteno fino ad approssimare valori di impedenza caratteristica di circa

$6,7 \cdot 10^5 \text{ g/cm}^2 \text{ s}$ che rappresenta il valore teorico di impedenza media geometrica tra quello della ceramica e quello dell'acqua o dei tessuti biologici molli; questo consente di raggiungere il massimo trasferimento di energia tra i due mezzi; in trasduttori di più recente introduzione si fa uso di più strati sovrapposti ognuno di $\lambda/4$ con salti di impedenza più ravvicinati per passare dalla impedenza della ceramica a quella dell'acqua o dei tessuti biologici.

Tale trasduttore, chiamato spesso anche sonda, è accoppiato alla pelle del paziente mediante un gel acquoso o olio per garantire una continuità meccanica senza interposizione di aria che darebbe luogo a riflessioni di energia indietro verso il trasduttore e non permetterebbe la formazione di immagini o tracciati. Tutto il complesso è alloggiato in un involucro che ha anche funzione di schermo elettrico oltre che di contenitore.

Nella Fig. 3.1.1 è rappresentato un trasduttore per apparato a scansione manuale. Il disco appare concavo con concavità rivolta verso la parte destinata ad accoppiarsi con il paziente o con liquido nel caso di sonde con vasca di accoppiamento. La ragione di questa curvatura delle superfici è dovuta alla necessità di focalizzare il fascio ultrasonico per migliorare la risoluzione laterale (v. § 3.2.1).

In altre soluzioni l'elemento piezoelettrico è a facce piane e viene fissata una lente convergente sulla faccia emittente del trasduttore; altre soluzioni per la focalizzazione fanno uso di specchi o di elementi multipli, con linee di ritardo elettroniche programmabili opportunamente, per la focalizzazione elettronica (v. § 3.2.1.2).

3.2 - Campo ultrasonico

Se si rileva l'intensità acustica lungo l'asse del trasduttore con disco piano senza lente si ottiene l'andamento illustrato in Fig. 3.2.1. Nella parte superiore della figura sono mostrati schematicamente gli andamenti della intensità acustica su piani perpendicolari all'asse del trasduttore a varie distanze dalla faccia emittente.

Sull'asse l'intensità aumenta avvicinandosi al trasduttore

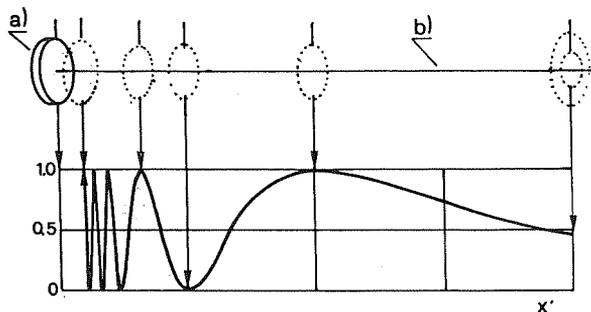


Fig. 3.2.1. Andamento dell'intensità acustica in funzione della distanza del trasduttore. - a) Intensità acustica sulla faccia emittente del trasduttore. - b) Asse centrale del fascio acustico. Nella porzione superiore è mostrato schematicamente l'andamento della intensità acustica su piani perpendicolari all'asse del trasduttore. Nella porzione inferiore l'andamento della intensità lungo l'asse.

fino a raggiungere un massimo ad una distanza x' , chiamata distanza caratteristica, dalla sorgente data da:

$$x' = \frac{a^2}{\lambda} \quad (3.2.1)$$

dove a è il raggio del disco piezoelettrico, λ è la lunghezza d'onda nel mezzo in cui si propagano gli ultrasuoni. Da questo punto procedendo sempre verso la sorgente i massimi ed i minimi assiali si susseguono a breve distanza l'uno dell'altro, così anche l'intensità in piani perpendicolari all'asse acustico subisce variazioni notevoli per piccoli spostamenti.

Si possono distinguere due regioni nel fascio, quella fra la sorgente e l'ultimo massimo assiale in x' è nota con nome di zona vicina (o zona di Fresnel); la regione dalla distanza x' dalla sorgente fino teoricamente all'infinito è denominata zona lontana o zona di fascio formato (zona di Fraunhofer). Nella zona vicina il fascio è approssimativamente cilindrico (Fig. 3.2.2); in quella lontana invece il fascio è conico e diverge di un angolo $\pm \vartheta$, rispetto all'asse centrale, ricavabile da:

$$\text{sen } \vartheta = 0,61 \lambda/a \quad (3.2.2)$$

dove a e λ hanno il significato precisato per la (3.2.1).

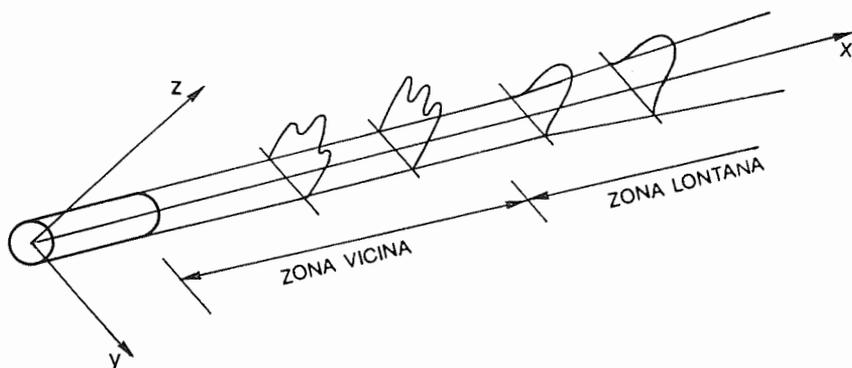


Fig. 3.2.2. Rappresentazione schematica della forma del fascio acustico emesso da un trasduttore non focalizzato. Nella zona vicina il fascio è approssimativamente cilindrico, in quella lontana è conico.

Nella zona vicina le variazioni notevoli per piccoli spostamenti sono dovute alla interferenza delle onde emesse dai vari punti della sorgente (disco piano) che per differenze di cammino pari a multipli dispari di mezza lunghezza d'onda si sottraggono dando luogo a punti in cui l'intensità ha valori minimi, mentre per differenze di cammino pari ad una lunghezza d'onda o a suoi multipli interi interferiscono costruttivamente dando luogo a valori di intensità massima; nella zona lontana, le differenze di cammino per le onde emesse dai vari punti dalla sorgente sono piccole specialmente nell'intorno dell'asse acustico, per cui l'intensità acustica ha un andamento molto più regolare e diminuisce con la distanza come il quadrato del suo inverso (v. § 2.1) (forma conica che il fascio assume).

Come appare dalla (3.2.1) la forma del fascio dipende principalmente dal diametro del trasduttore e dalla lunghezza d'onda nei tessuti in cui si propagano gli ultrasuoni. Per un trasduttore con un disco di 20 mm di diametro, operante ad una frequenza di 1,5 MHz, il fascio che si forma in acqua può essere considerato cilindrico fino ad una distanza di 10 cm dalla faccia del cristallo piezoelettrico (zona vicina), oltre questa distanza il fascio è conico con una apertura complessiva di circa 7 gradi.

La lunghezza del campo vicino aumenta all'aumentare del diametro del trasduttore e della frequenza dell'ultrasuono; nella zona lontana invece, all'aumentare del diametro e della frequenza, la divergenza diminuisce.

3.2.1 - Focalizzazione

Nella zona vicina come si è detto il fascio ha un andamento irregolare e non conviene utilizzarlo poiché si perde in fedeltà di riproduzione delle strutture esaminate con l'ecografia. Come è già stato accennato in precedenza è possibile focalizzare il fascio ultrasonico per ottenere che il fascio si formi ad una distanza più piccola dalla faccia emittente, rispetto a quello non focalizzato, e con una divergenza più piccola entro un certo livello di distanze, per poi aumentare rispetto al fascio non focalizzato, ma a distanze maggiori non più utili per il particolare esame ecografico.

3.2.1.1 - Focalizzazione mediante lente

Come accennato in precedenza il fascio ultrasonico può essere focalizzato ponendo lenti acustiche davanti al cristallo piezoelettrico (Fig. 3.2.1.1.1). L'oggetto bersaglio è « a fuoco »

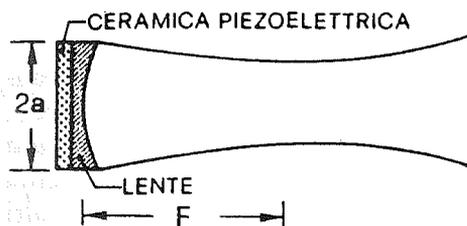


Fig. 3.2.1.1.1. Trasduttore focalizzato mediante la sovrapposizione di una lente acustica sulla faccia emittente della ceramica piezoelettrica.

nella zona dove le onde lanciate dalle varie parti del trasduttore arrivano contemporaneamente, cioè in fase, interferendo costruttivamente; reciprocamente in ricezione i segnali d'eco dal bersaglio posto nel fuoco arrivano simultaneamente ad ogni punto del trasduttore e quindi in fase. In assenza di focalizzazione, questo non avviene poiché il tempo di transito tra i vari punti del trasduttore e l'oggetto bersaglio dipende dalla posizione radiale del punto.

Vista in questo modo la lente raggiunge la sua azione focalizzante introducendo nel percorso di ogni raggio uno spessore di materiale di alta velocità che aumenta con il crescere del raggio, per compensare l'aumento del ritardo dovuto al corrispon-

dente aumento nella lunghezza del cammino per raggi emergenti o riuniti da punti della ceramica più distanti dal suo centro.

Generalmente il materiale delle lenti è assorbente e l'aumentare dello spessore verso i bordi ha anche l'effetto di ridurre l'ampiezza dell'onda irradiata. Questa porta a modificazioni del campo ultrasonico con una riduzione del guadagno del sistema ma con una utile riduzione dei lobi laterali.

Lobi laterali

I lobi laterali sono dannosi perché corrispondono, in zona di fascio formato, a direzioni spurie, più o meno lontane da quelle dell'asse principale, in cui il trasduttore irradia e riceve se pur con ampiezza minore; oggetti molto riflettenti presenti in queste direzioni danno segnali in ricezione che si sovrappongono a quelli di oggetti presenti lungo l'asse del fascio, cioè lungo la direzione di puntamento del trasduttore, e quindi lungo la linea di vista presentata sullo schermo di visualizzazione; possono perciò dare luogo a ingannevoli immagini (v. Fig. 3.2.1.1.2).

3.2.1.2 - *Focalizzazione elettronica*

Nella diagnostica ultrasonica il bersaglio è un oggetto continuo e una soluzione ottima richiederebbe una focalizzazione, cioè una buona risoluzione laterale (v. § 4.2), sull'intero campo di vista. Ciò può essere ottenuto con un sistema che consenta una distanza focale variabile con continuità, oppure con salti discreti, come avviene in pratica, dal momento che il fascio resta stretto nella zona focale per una certa profondità (v. § 3.2.1.3). In ricezione occorre fare in modo che il fuoco si formi a distanze via via maggiori di pari passo con l'arrivo del segnale che torna da interfacce sempre più lontane; lo spostamento del fuoco verso le distanze maggiori, ripetuto ciclicamente ad ogni eccitazione del trasduttore, deve avvenire alla velocità con cui viaggiano i segnali ultrasonici di ritorno, nei tessuti biologici; ciò è possibile solo disponendo di un sistema in cui la variazione del fuoco avvenga mediante un comando elettronico. Per la trasmissione, poiché solo all'atto della eccitazione del trasduttore può essere impressa una focalizzazione del fascio emesso, ciclicamente per ogni eccitazione viene predisposta una distanza focale; l'intera distanza da esplorare viene suddivisa in un numero

finito di zone di focalizzazione e per ogni impulso trasmesso viene interessata una diversa zona.

In alcune apparecchiature viene realizzata una sola focalizzazione in trasmissione per ogni linea di vista.

La focalizzazione programmabile dinamica si ottiene elettronicamente impiegando trasduttori formati da una cortina costituita da più anelli concentrici (v. Fig. 3.2.1.2.1) o da cortine di elementi lineari radianti e linee di ritardo programmabili operanti in trasmissione e ricezione, similmente a quanto viene fatto per la scansione settoriale elettronica del fascio ultrasonico. Intuitivamente la creazione di un fascio focalizzato può essere

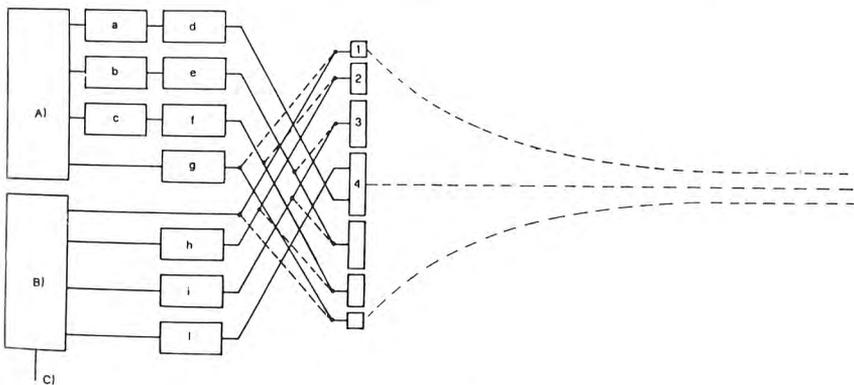
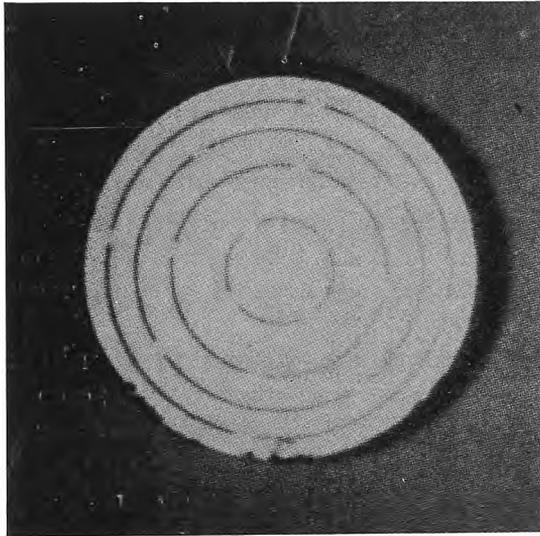


Fig. 3.2.1.2.1. Cortina anulare a focalizzazione dinamica (L. Masotti).

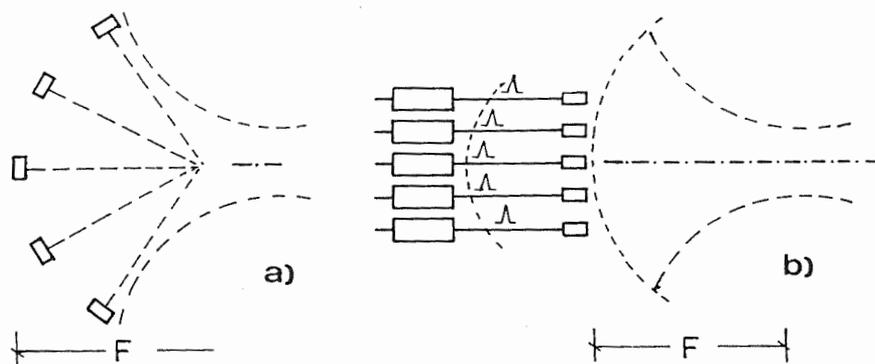


Fig. 3.2.1.2.2. Sonda a multielementi con fascio ultrasonico focalizzato: a) cortina su superficie curva; b) cortina piana con variazione dei ritardi tra i segnali dei vari elementi.

immaginata come ottenuta dalla convergenza di raggi uscenti perpendicolarmente da una superficie concava. Se si assume di realizzare la superficie emittente non continua ma formata da elementi discreti (Fig. 3.2.1.1.2a), la distanza focale potrebbe essere cambiata variando la curvatura della superficie su cui sono posti gli elementi emittenti.

Possono crearsi elettronicamente i ritardi corrispondenti alle distanze fisiche che dovrebbero essere percorse dalle onde ultrasoniche lanciate dai singoli elementi posti invece su di una superficie piana.

Se, come mostrato schematicamente in Fig. 3.2.1.2.2a, si dispone di una cortina anulare di elementi, la differenza di cammino delle varie onde che comporta una interferenza costruttiva alla distanza F , può essere creata elettronicamente ritardando maggiormente gli impulsi di eccitazione che alimentano i trasduttori più vicini al centro, secondo il profilo mostrato in Fig. 3.2.1.2.2b) con una legge di ritardo simmetrica rispetto all'elemento centrale. Il ritardo del trasduttore centrale rispetto ai due estremi deve essere $t = P/v$, essendo P il cammino che deve essere percorso in più dalle onde lanciate dai trasduttori estremi e v la velocità di propagazione degli ultrasuoni nei tessuti molli; per gli altri trasduttori il ritardo sarà via via fissato dalle corrispondenti differenze di cammino. In ricezione i segnali ricevuti dai singoli elementi saranno ritardati con la stessa legge e poi sommati.

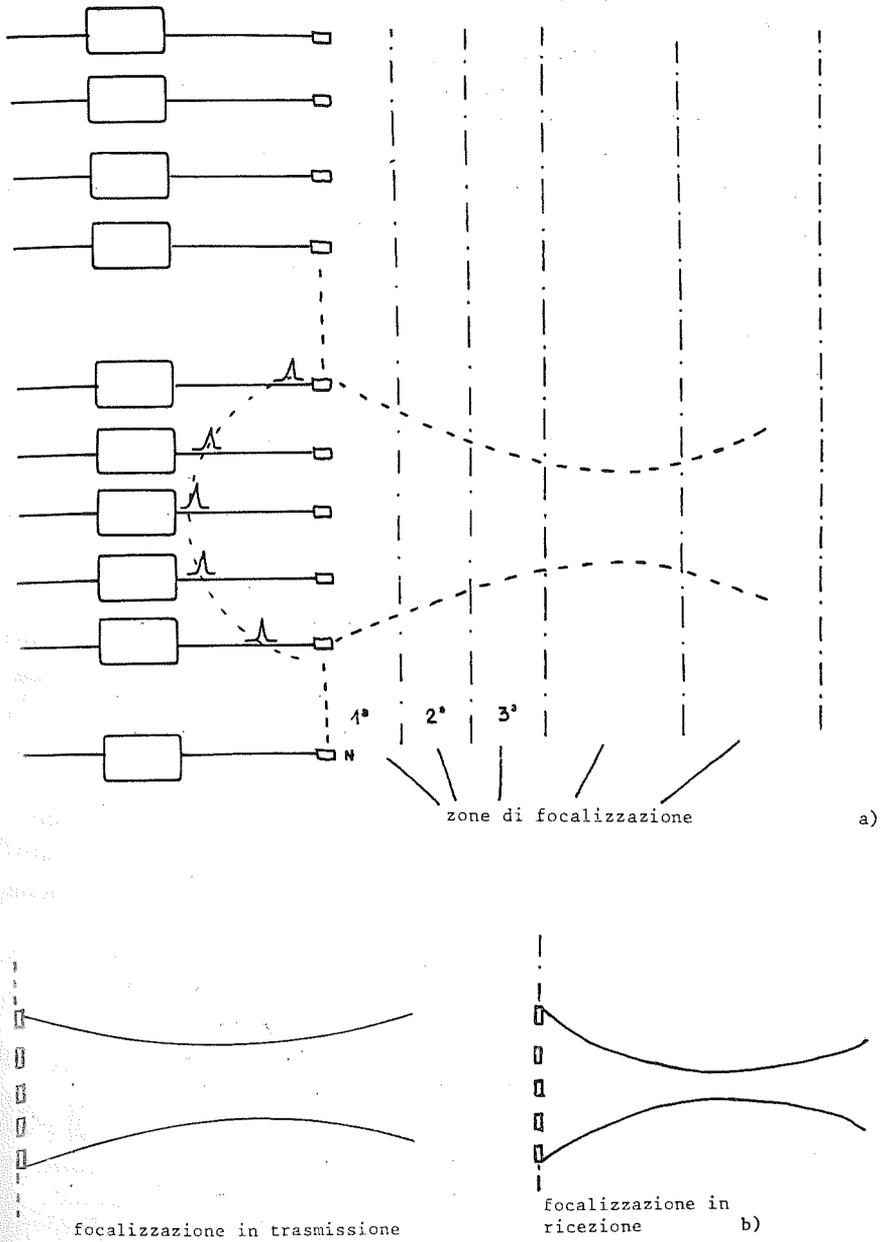


Fig. 3.2.1.2.3. Sonda a cortina lineare con focalizzazione dinamica elettronica: a) andamento qualitativo dei ritardi dei segnali; b) andamento qualitativo della forma del fascio focalizzato.

Del resto anche nel caso della lente di Fig. 3.2.1.1.1 per la focalizzazione fissa, il meccanismo di focalizzazione può essere intuitivamente giustificato tenendo presente che il materiale di cui è fatta la lente è caratterizzato da una velocità di propagazione per gli ultrasuoni più alta di quella del mezzo in cui si ottiene la focalizzazione stessa (acqua, tessuti biologici), per cui i pacchetti d'onda emessi contemporaneamente dai vari punti della ceramica piana escono con ritardi diversi (minori per quelli più vicini ai bordi poiché hanno attraversato un maggiore spessore di materiale ad alta velocità) e quindi tendono ad arrivare in fase sull'asse alla distanza F come se fossero stati emessi da una superficie curva come quella di Fig. 3.2.1.2.1a).

Il cambiamento della distanza focale, che richiederebbe un cambiamento della curvatura della superficie del trasduttore composto di Fig. 3.2.1.2.2a) viene così ottenuto variando la legge dei ritardi in trasmissione e in ricezione. In pratica si usano leggi diverse in trasmissione e in ricezione; più precisamente in trasmissione si usa un numero limitato di fuochi poco pronunciati e quindi più estesi. Per ognuno di essi si crea il corrispondente tratto della linea di vista nell'immagine mediante una focalizzazione dinamica formata da fuochi più fitti e più pronunciati nella zona di interesse, agendo sulla legge dei ritardi in ricezione (Fig. 3.2.1.2.2).

Nella Fig. 3.2.1.2.1 si è mostrato uno schema equivalente per la focalizzazione elettronica per una cortina di elementi anulari. Le differenze tra i due sistemi sono essenzialmente nella forma del fascio: per le cortine anulari il fascio focalizzato ha la stessa forma in tutti i piani passanti per l'asse del fascio (ciò dipende dalla simmetria alla rotazione della struttura), mentre per le cortine lineari il fascio risulta focalizzato dinamicamente solo nel piano contenente l'asse del fascio e perpendicolare al lato stretto degli elementi radianti; per le cortine lineari con scansione lineare laterale il fascio risulta focalizzato solo nel piano di scansione. Vedremo che analogamente per le cortine a scansione settoriale elettronica, la focalizzazione elettronica è possibile solo nel piano di scansione. Nel piano perpendicolare al precedente può solo essere fatto, al momento (1986) una focalizzazione fissa mediante lente.

3.2.1.3 - Caratteristiche del fascio focalizzato

Per trasduttori a focalizzazione fissa si distinguono tre tipi diversi di focalizzazione, debole, media, forte.

La prima produce un fascio stretto su una gamma utile piuttosto estesa ed è largamente usata in diagnostica, assieme a quella media.

Le dimensioni e la forma della regione focale dipendono dalla lunghezza d'onda nel mezzo, dal diametro del trasduttore e dalla distanza focale F della lente. La focalizzazione è tanto più spinta quanto più grande è il diametro del trasduttore.

Per un trasduttore circolare il volume focale è un elissoide avente secondo Fry e Dunn (*) una dimensione D_y in direzione perpendicolare all'asse acustico, tra i punti per cui l'intensità si riduce di 3 dB rispetto al massimo,

$$D_y \approx k_y F/2a \quad (3.2.3)$$

con k_y circa uguale a 1 purché Ψ sia minore di 50 gradi (v. Fig. 3.2.1.3.1).

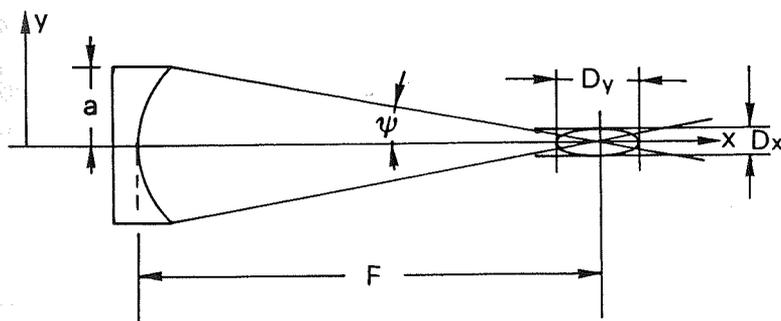


Fig. 3.2.1.3.1. Rappresentazione schematica della zona focale per un trasduttore focalizzato.

(*) Fry, W.J. and Dunn, F.: «Ultrasound: analysis and experimental method in biological research. «Physical Techniques in Biological (ed. W.L. Nastuk). Vol. IV, pp. 261-394. Academic Press N.Y. (1962).

La lunghezza del volume focale nella direzione dell'asse acustico è dato da:

$$D_x \approx K \cdot D_y \quad (3.2.4)$$

se Ψ è minore di 50 gradi, K è dato da $15 (1 - 0,01 \Psi)$ con Ψ espresso in gradi.

È importante osservare dalla (3.2.3) che quanto più è grande il diametro $2a$ del disco piezoelettrico, a parità delle altre condizioni, e tanto più piccola è D_y , cioè è piccola la macchia focale. Inoltre dalla (3.2.4) si ottiene che quanto più piccola è la macchia focale, tanto più piccolo è il campo in cui si ottiene la focalizzazione.

Nella Fig. 3.2.1.3.2 sono sintetizzati questi concetti.

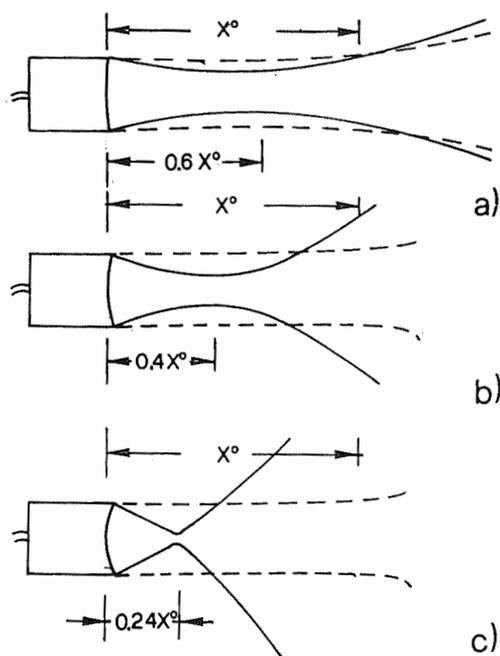


Fig. 3.2.1.3.2. Rappresentazione schematica del fascio ultrasonico per focalizzazione debole a), media b), forte c). A tratto pieno è rappresentato il profilo del fascio focalizzato, a tratteggio quello del fascio non focalizzato.

Infine va osservato che quanto più forte è la focalizzazione, tanto più alta è la densità di energia nella zona di focalizzazione e quindi tanto più intensi sono i segnali d'eco riflessi da oggetti ivi presenti.

4 - Risoluzione

Si distinguono due tipi di risoluzione: *risoluzione in distanza* o *assiale*, e *risoluzione angolare o laterale*.

Come verrà accennato nel seguito è importante tener presente che le risoluzioni ottenibili da un sistema dipendono fortemente dalla posizione dei comandi di regolazione dell'apparecchio e dal sistema di presentazione. Si definiscono quindi nel seguito le risoluzioni potenzialmente raggiungibili e le cause di scostamento da queste, di quelle ottenibili in pratica. Occorre anche osservare che buone risoluzioni, agli effetti delle immagini, comportano un miglioramento in termini di evidenziazione di dettagli nelle strutture esaminate e nettezza dei contorni.

4.1 - Risoluzione assiale

Si intende la capacità di risolvere due riflettori puntiformi nella direzione dell'asse del fascio ultrasonico. Nei sistemi attuali la risoluzione assiale è molto migliore della risoluzione laterale ottenibile in pratica.

Questa risoluzione assiale dipende dalla durata dell'impulso ultrasonico; infatti più corto è questo impulso e più piccola sarà la distanza tra due oggetti contigui che danno luogo a due segnali d'eco che non siano sovrapposti, se non parzialmente. Vediamo nella Fig. 4.1.1 che per una data durata dell'impulso i segnali dei due oggetti (fili nel nostro caso) tendono a sovrapporsi e quindi a rendersi indistinguibili (cioè non risolvibili) quanto più i due fili sono vicini.

Se assumiamo che per la distanza x_2 i due segnali d'eco siano al limite della distinguibilità potremo legare la risoluzione assiale alla durata τ , misurata tra i punti da parti opposte rispetto al picco, per cui l'ampiezza è scesa di 6 dB (cioè metà valore) rispetto al valore massimo. Infatti la distanza temporale tra i picchi sarà ancora τ e tale distanza è calcolabile come tempo di andata e ritorno degli ultrasuoni tra il filo 1 e il filo 2. Il legame tra le due grandezze: x_2 , assunto come risoluzione assiale e τ durata dell'impulso risulta:

$$2 x_2 = v \cdot \tau \quad (4.1.1)$$

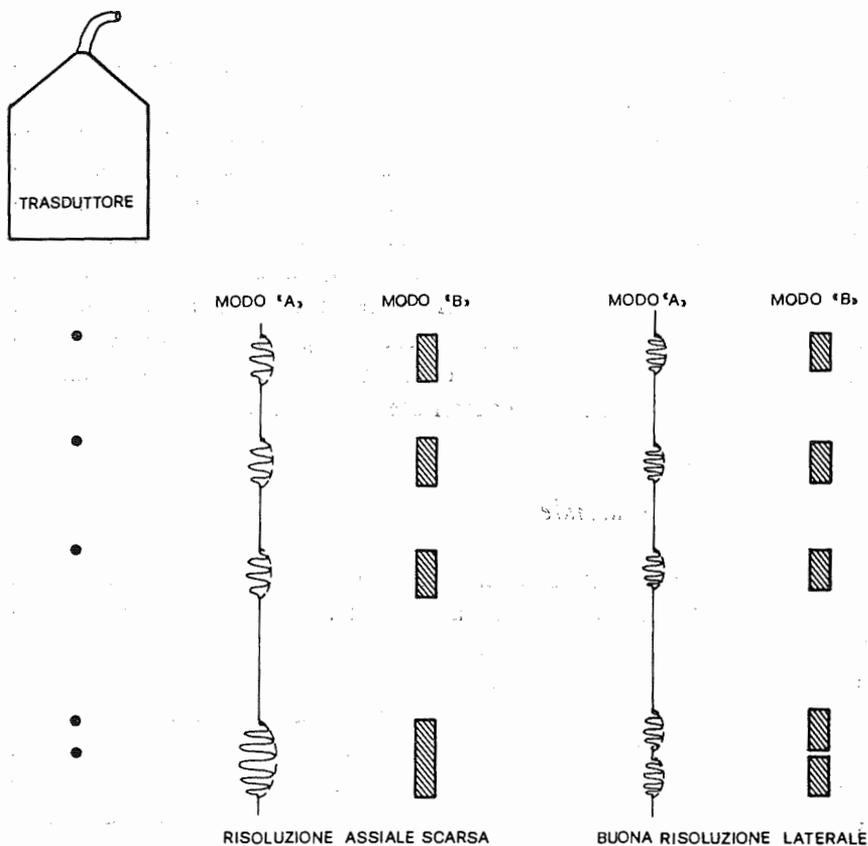


Fig. 4.1.1. Rappresentazione schematica di segnale ecografico presentato in modo A per tre differenti situazioni di fili paralleli tra di loro e perpendicolari all'asse del fascio colpiti dal fascio ultrasonico secondo la direzione del loro allineamento. In dipendenza della distanza reciproca dei fili i segnali ecografici risultano più o meno distinguibili.

da cui:

$$x_2 = \frac{v \cdot \tau}{2} \quad (4.1.2)$$

dove v è la velocità degli ultrasuoni nel mezzo di propagazione.

Dalla (4.1.2) si deduce che a parità di v la risoluzione assiale è tanto migliore, cioè x_2 piccolo, quanto minore è la durata dell'impulso. La durata dell'impulso dipende da quanto è smorzato il trasduttore (v. § 3.1), cioè dal numero di oscillazioni emesse dal trasduttore quando viene eccitato in trasmissione; un trasduttore, a parità di frequenza centrale di funzionamento con-

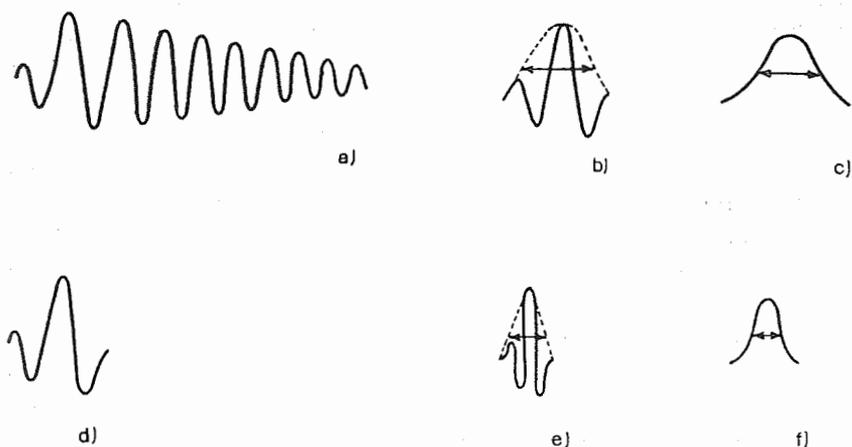


Fig. 4.1.2. a) A parità di frequenza un trasduttore più smorzato emette e riceve impulsi più brevi e quindi consente una migliore risoluzione assiale; b) A parità di smorzamento cioè di numero di oscillazioni nell'impulso un trasduttore a frequenza più alta consente impulsi più brevi e quindi una migliore risoluzione assiale.

sente una migliore risoluzione assiale quanto più è smorzato (v. Fig. 4.1.2). La risoluzione assiale dipende anche dalla frequenza, diventando migliore all'aumentare della frequenza. La dipendenza dalla frequenza si giustifica considerando che per trasduttori aventi lo stesso smorzamento (coefficiente Q), il numero di oscillazioni significative contenute nell'impulso è praticamente lo stesso per le varie frequenze, però all'aumentare della frequenza diminuisce la durata, cioè il periodo, della singola oscillazione e quindi la durata dell'impulso.

4.2 - Risoluzione laterale

Si intende la capacità di risolvere due riflettori puntiformi che si trovino ad uguale distanza dal trasduttore ma secondo due direzioni diverse.

Questa risoluzione dipende dalla larghezza del fascio ultrasonico alla distanza a cui la si consideri, cioè quella a cui sono posti gli oggetti da risolvere. Come ci si accorge in pratica della più o meno buona risoluzione laterale? Immaginiamo, come in Fig. 4.2.1 di muovere il fascio ultrasonico: muovendo il trasduttore o manualmente o meccanicamente, secondo una scansione automatica, o facendo una commutazione elettronica degli ele-

menti attivi di una cortina o infine operando una scansione elettronica, controllando il ritardo tra i singoli elementi; in questo modo esploriamo gli oggetti che si trovano lungo le varie linee di vista che vengono presentate sullo schermo.

Idealmente si vorrebbe che solo gli oggetti presenti lungo la singola direzione di puntamento del fascio ultrasonico apparissero nella immagine sulla corrispondente linea di vista rappresentata sullo schermo. In pratica poiché il fascio ultrasonico è più largo della striscia che corrisponde ad una singola linea di vista, abbiamo sulla presentazione una deformazione degli oggetti, cioè una specie di allungamento degli oggetti in senso trasversale, cioè perpendicolare alla direzione di spostamento del fascio ultrasonico. In tal modo può accadere di vedere attaccati nella immagine oggetti che sono distinti nella realtà (v. Fig. 4.2.1).

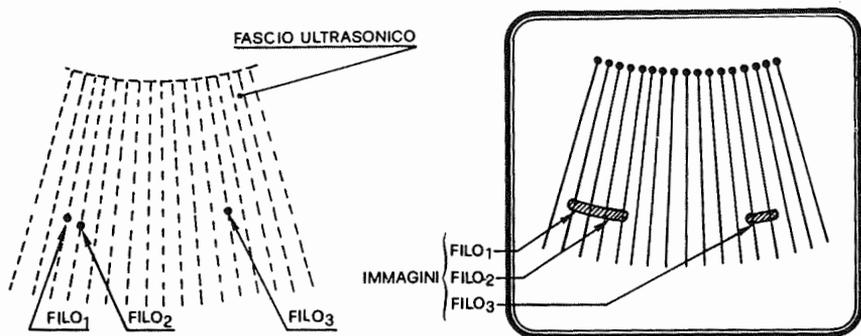


Fig. 4.2.1. Esempio schematico di perdita di informazioni nella immagine ecografica a causa della scarsa risoluzione laterale. Infatti i fili 1 e 2 investiti perpendicolarmente al loro asse dal fascio ultrasonico non risultano distinguibili nella immagine ecografica.

Nella zona focale del fascio ultrasonico per un trasduttore focalizzato si ha la massima risoluzione laterale; quanto più stretta è la macchia focale tanto minore è la distanza trasversale tra due riflettori puntiformi per la quale essi possono essere ancora distinguibili nella immagine. Può essere quantizzata la risoluzione laterale conoscendo l'andamento della pressione acustica del fascio ultrasonico che scandisce un oggetto. Assumiamo come oggetto una piccola sfera, nella Fig. 3.2.2 sono rappresentati i profili di intensità acustica a varie distanze dal trasduttore. Per le varie distanze dal trasduttore nel profilo di pressione acustica si può definire una larghezza y_0 a -3 dB o a -6 dB ri-

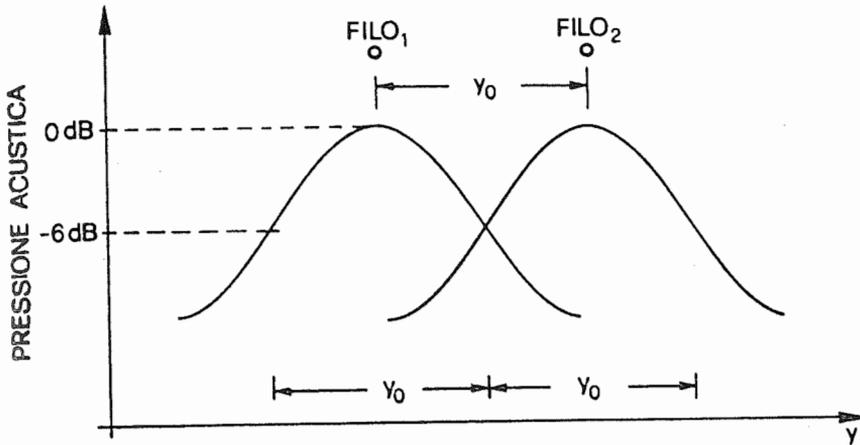


Fig. 4.2.2. Andamento relativo della pressione acustica, in direzione perpendicolare a quella dell'asse del fascio ultrasonico che investe due fili a distanza reciproca y_0 , muovendo il trasduttore parallelamente a se stesso. Per differenti distanze dal trasduttore si hanno differenti valori delle distanze tra i punti per i quali la pressione acustica è scesa di -6 dB rispetto al massimo.

spetto al massimo e legarla alla risoluzione laterale. Infatti se assumiamo che il sistema di presentazione consenta, eventualmente anche utilizzando opportuni codici cromatici, di distinguere livelli contigui differenti, per una situazione come quella presentata in Fig. 4.2.2, potremo attribuire al trasduttore (semplice o a cortina) una risoluzione pari alla larghezza del fascio y_0 a -6 dB alla distanza considerata. Per una diversa distanza cambia l'andamento della pressione acustica e quindi anche il valore y_0 (v. Fig. 3.2.2).

Occorre ricordare che possono essere dati altri valori per la risoluzione laterale definendola come larghezza del fascio misurata a -20 dB o a -40 dB rispetto al massimo invece che che riferita a -6 dB come assunto da noi.

Deve essere tenuto presente che se l'andamento della pressione acustica per il singolo filo è quella mostrata in Fig. 4.2.2 l'ampiezza del segnale ricevuto per oggetti lungo le direzioni distanti $y_0/2$ rispetto alla direzione del massimo risultano non a -6 dB ma a -12 dB rispetto a quello ricevuto da oggetti lungo la direzione di massimo poiché il trasduttore irradia una ampiezza 6 dB più bassa nelle direzioni a $y_0/2$ ma anche in ricezione risulta 6 dB meno sensibile lungo queste direzioni rispetto a quella di massimo, perciò in totale l'ampiezza ricevuta risulta

più bassa di 12 dB; questo rende più plausibile la possibilità di distinguere bersagli puntiformi avendo definito la risoluzione laterale coincidente con la larghezza del fascio a -6 dB. Vedremo nel seguito che la risoluzione laterale verrà peggiorata dall'effetto di compressione sui segnali che viene eseguito per utilizzare la rappresentazione sugli schermi (v. Fig. 5.3.1.3).

4.3 - Influenza del guadagno sulla risoluzione nelle presentazioni modo B

Sia per la risoluzione assiale che per quella laterale è importante la corretta regolazione del guadagno. In tutti i sistemi di presentazione tipo B si ha una soglia al di sopra della quale si comincia a visualizzare il segnale.

Come si può osservare dalla Fig. 4.3.1 si ottengono immagini differenti al variare della regolazione di guadagno dell'apparecchio ultrasonico. Si ottengono immagini differenti per gli stessi oggetti illuminati con lo stesso trasduttore e quindi con la stessa risoluzione laterale potenziale, misurata come larghezza del segnale a -6 dB dal massimo.

L'aumento di guadagno fa sì che venga presentata una maggiore larghezza del segnale. La presentazione tipo B di Fig. 4.3.1 si riferisce ad una presentazione bistabile, con scala dei grigi questo effetto è meno sentito.

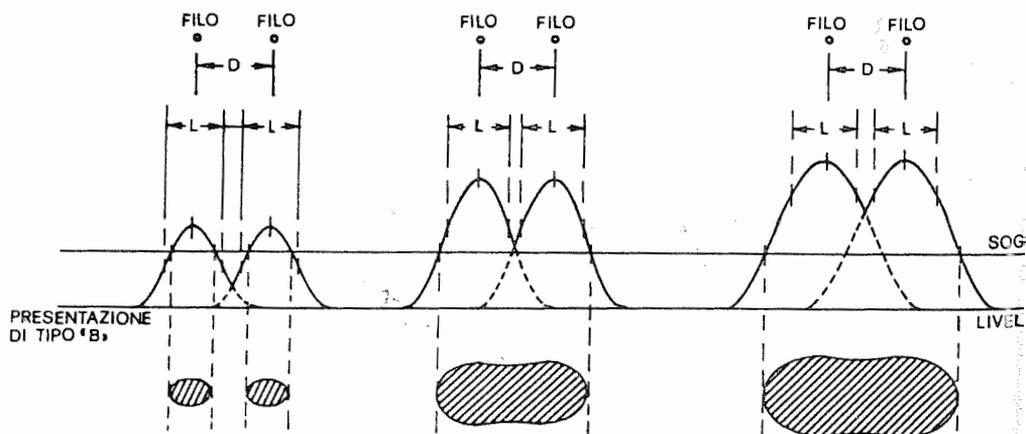


Fig. 4.3.1. Esemplificazione schematica della influenza della regolazione del guadagno della apparecchiatura ecografica, sulla risoluzione ottenibile nella presentazione di tipo B. All'aumentare del guadagno (da sinistra verso destra) si peggiora l'apprezzamento di dettagli della immagine.

5 - Apparecchiature

Si è accennato nel primo paragrafo al principio di rappresentare i segnali d'eco per creare immagini conformi del territorio esplorato dal sensore. Riprendiamo i concetti per illustrare brevemente alcune caratteristiche delle apparecchiature.

In Fig. 5.1 è rappresentato lo schema di una apparecchiatura per ecotomografia a scansione manuale.

La sonda è costituita da un singolo elemento trasducente, sostituibile in base alla scelta delle dimensioni, frequenza, lunghezza focale più opportune per l'esame; la sonda viene fatta muovere manualmente facendola scorrere sulla cute del paziente nel piano di sezione che si vuole esaminare.

Nella scansione automatica viene impiegata o una sonda a singolo elemento messo in rapida oscillazione meccanica secondo una esplorazione settoriale o sistemi meccanici equivalenti, oppure si utilizza una sonda composta da più elementi trasducenti

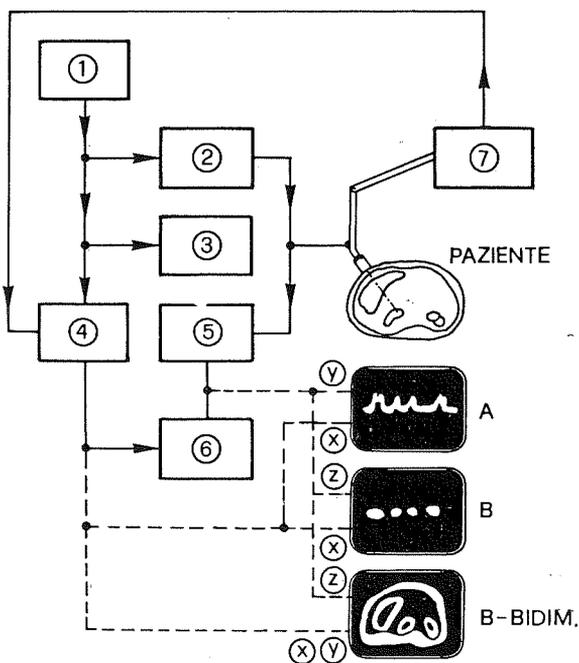


Fig. 5.1. Schema a blocchi di apparecchiatura ecotomografica a scansione manuale.
 1) Pilota di cadenza, ovvero generatore della cadenza di ripetizione degli impulsi.
 2) Trasmettitore. 3) Pilota della compensazione di guadagno in funzione della profondità. 4) Generatore della base dei tempi. 5) Ricevitore. 6) Tubo a raggi catodici.
 7) Generatore dei dati di posizione del fascio ultrasonico.

(in termini tecnici il gruppo di elementi viene chiamato « cortina », in inglese « array ») posti l'uno accanto all'altro ed alimentati elettronicamente con una successione opportuna. Si tornerà nei paragrafi successivi su tale argomento.

Nello schema di Fig. 5.1 appare il pilota di cadenza che sincronizza simultaneamente il trasmettitore, il generatore della base dei tempi e l'amplificatore a guadagno variabile nel tempo.

La sonda contiene un trasduttore piezoelettrico, comunemente costruito impiegando come materiale piezoelettrico zirconato titanato di piombo. Il trasduttore, come accennato nel primo paragrafo, eccitato da un impulso elettrico proveniente dal trasmettitore, genera un breve impulso di energia ultrasonica. La sonda, accoppiata alla cute del paziente mediante un liquido che garantisce la continuità meccanica, lancia l'impulso ultrasonico secondo un fascio molto stretto all'interno del corpo umano. Durante la propagazione l'impulso incontra le interfacce tra le varie strutture e se in corrispondenza della interfaccia vi è un salto di impedenza acustica anche piccolo una parte della energia ultrasonica viene riflessa, mentre la restante prosegue.

Le leggi che regolano la riflessione degli ultrasuoni, come detto in precedenza, sono simili a quelle dell'ottica, per cui i segnali d'eco, provenienti da interfacce perpendicolari o quasi all'asse del fascio ultrasonico, ritornano al trasduttore che li converte in segnali elettrici. Il tempo di arrivo di questi segnali dipende dalla distanza delle interfacce e dalla velocità degli ultrasuoni. Nei tessuti umani soffici la velocità, come si è detto, si può assumere all'incirca pari a 1500 m/s per cui lo spessore di un centimetro, percorso dagli ultrasuoni in andata e ritorno, corrisponde a un ritardo di *circa* 13,3 μ s (microsecondi) per tutti i tessuti molli. Se la trasmissione viene ripetuta, con il trasduttore puntato sulla medesima direzione, con una sufficiente rapidità (con una frequenza superiore a 20 ÷ 50 Hz) l'immagine della singola linea di vista che si ottiene inviando i segnali ad un tubo a raggi catodici, risulta persistente. La maggior parte delle apparecchiature per diagnostica ultrasonica impulsiva ha una frequenza di ripetizione compresa tra 300 e 1200 Hz con una durata dell'impulso ultrasonico di pochi microsecondi. La frequenza portante dell'impulso, come si è detto in precedenza, varia da 1 a 15 MHz a seconda dell'impiego cui l'apparecchiatura è destinata; le frequenze più alte da un lato permettono una migliore risoluzione dei dettagli degli organi interni del corpo umano, dall'altro consentono una minor penetrazione

poiché comportano un maggior assorbimento degli ultrasuoni da parte dei tessuti viventi (circa 2 dB per MHz e per cm di spessore di tessuto attraversato in andata e ritorno).

Per ottenere una migliore interpretazione dei segnali presentati sul tubo a raggi catodici, si utilizza in ricezione un amplificatore il cui guadagno aumenta nel tempo a partire dall'istante di sincronismo del pilota di cadenza, cioè dall'istante di trasmissione. Idealmente, questo dovrebbe far sì che i segnali d'eco provenienti da strutture più profonde, e quindi maggiormente attenuati a causa dell'assorbimento, vengano maggiormente amplificati per ottenere presentazioni simili per strutture simili, indipendentemente dalla loro profondità.

Le presentazioni dei segnali d'eco sul tubo a raggi catodici sono diverse in dipendenza dall'impiego diagnostico della apparecchiatura. Nelle apparecchiature ecografiche ad ultrasuoni sono possibili varie regolazioni. Tipiche sono le variazioni dell'ampiezza dell'impulso ultrasonico trasmesso, la regolazione della legge di variazione di guadagno nel tempo, la variazione di soglia di un circuito per la soppressione dei segnali d'eco più bassi eventualmente comandi di pre e post elaborazione, oltre ad alcune delle normali regolazioni di un oscilloscopio.

5.1.1 - Presentazione tipo A

Inviando i segnali d'eco alle placchette di deflessione verticale e l'uscita del generatore della base dei tempi a quelle di deflessione orizzontale si ottiene la presentazione tipo A (dalla iniziale della parola inglese Amplitude) (Fig. 5.1.1.1).

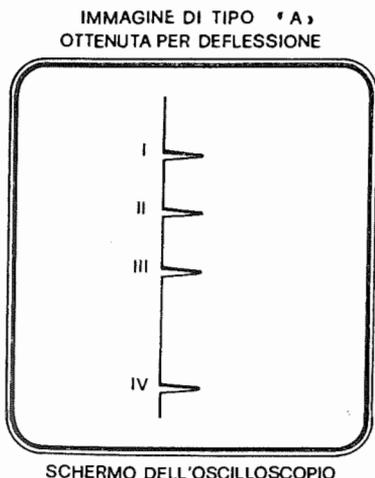


Fig. 5.1.1.1.

Questa presentazione viene usata quando le informazioni diagnostiche possono essere ottenute studiando l'ampiezza dei segnali d'eco.

La limitazione di questa presentazione sta nel fatto che essa fornisce informazioni tempo-ampiezza lungo la direzione di una singola linea ultrasonica e quindi fortemente dipendenti dalla angolazione e dalla posizione della sonda.

5.1.2 - *Presentazione tipo B*

Inviando i segnali d'eco a modulare la luminosità del tubo a raggi catodici e l'uscita del generatore della base dei tempi alle placchette di deflessione si ottiene la presentazione tipo B (dall'iniziale della parola inglese Brightness) (Fig. 5.1). In questo modo ogni segnale d'eco è presentato in un appropriato punto di una base dei tempi altrimenti invisibile. L'immagine è formata sullo schermo mediante l'apparizione di punti luminosi in corrispondenza dei segnali d'eco ultrasonici. La luminosità del punto aumenta con l'ampiezza del segnale d'eco con una legge che non è necessariamente lineare. La presentazione tipo B ha come limitazione soprattutto la bassa dinamica consentita dalla modulazione di luminosità del tubo a raggi catodici; tuttavia essa costituisce la base della presentazione tipo B bidimensionale e dei sistemi di presentazione TM (tempo-movimento trattati nel seguito).

5.1.3 - *Presentazione tipo B bidimensionale*

Nella presentazione tipo B l'apparizione dei segnali d'eco come punti luminosi consente di avere lo schermo disponibile per rappresentare più linee di vista contemporaneamente, cioè più direzioni di puntamento della sonda manuale o di quella a scansione automatica; è così possibile eseguire l'esame con la sonda in movimento manuale o con il fascio scandito automaticamente; i punti luminosi sono riprodotti sullo schermo nella stessa sequenza di tempo e geometria secondo i quali il segnale ultrasonico incontra le discontinuità di impedenze lungo il suo cammino, mentre il fascio ultrasonico si muove nel piano di scansione.

Per le macchine a scansione manuale è possibile collegare la sonda ad un braccio meccanico che ne permetta i movimenti

su un piano e trasmetta i relativi dati di posizione in forma elettronica al sistema di presentazione, oppure, per la scansione automatica, i riferimenti del fascio ultrasonico sono creati ripetitivamente in forma elettronica. Inviando i segnali d'eco alla modulazione di luminosità del tubo a raggi catodici, i dati di posizione, assieme ai segnali della base dei tempi al sistema di deflessione, si ottiene la presentazione tipo B bidimensionale. I dati di posizione della sonda e la direzione del fascio ultrasonico all'interno del paziente, sono impiegati per determinare sullo schermo la posizione e la direzione della base dei tempi modulata in intensità. Questo sistema permette di ottenere la presentazione bidimensionale di una sezione (tomografia) nel piano di scansione, registrando con continuità i segnali d'eco mentre la sonda si muove attorno al paziente manualmente oppure il fascio ultrasonico viene mosso automaticamente.

Affinché l'occhio sia in grado di vedere tutta la immagine man mano che il fascio ultrasonico viene mosso durante la scansione occorre che la luminosità nei vari punti persista nel tempo, per la scansione manuale o per scansioni automatiche lente, cioè venga conservata la memoria dei segnali d'eco ricevuti via via dalle interfacce incontrate dal segnale ultrasonico nelle differenti direzioni di puntamento della sonda.

Nelle prime apparecchiature questa conservazione della immagine veniva ottenuta con tubi oscillografici a memoria, nel seguito sono state usate memorie ausiliarie (scan converter) su cui formare elettronicamente l'immagine; recentissimamente sono state introdotte memorie digitali, cioè basate su principi simili che ispirano quelle usate nei calcolatori (§ 5.3). Per i sistemi a scansione automatica, ad alto numero di immagini al secondo, le immagini formate dall'insieme delle linee di vista ad organizzazione fissa, si susseguono in rapida cadenza cosicché l'occhio dell'osservatore riesce a seguire l'evoluzione direttamente sullo schermo del tubo a raggi catodici senza la necessità di un sistema di memoria ausiliario; tuttavia nelle più recenti apparecchiature è possibile « congelare » una immagine di particolare interesse impiegando memorie digitali. Anche i sistemi automatici ad alta densità di linee per cui il numero di immagini per secondo è basso richiedono l'uso di memorie ausiliarie su cui formare l'immagine.

5.1.4 - *Time motion*

È un modo di presentazione abbastanza particolare che ha un vastissimo impiego in ecocardiografia ma che sta acquistando interesse anche in ostetricia per il monitoraggio dell'attività cardiaca fetale e per i movimenti fetali.

La sonda è tenuta fissa lungo una prescelta linea di vista, i segnali d'eco vengono presentati come punti luminosi sullo schermo lungo una linea verticale (od orizzontale) che scorre lentamente (alcuni centimetri al secondo) in senso orizzontale (o verticale) mantenendosi parallela a se stessa. I segnali d'eco che provengono da strutture anatomiche in movimento, come ad esempio le valvole e le pareti cardiache, corrispondono a punti luminosi che si allontanano e si avvicinano rispetto al punto luminoso che corrisponde alla faccia emittente della sonda; lo scorrere della linea di presentazione parallelamente a se stessa permette di rappresentare l'evolversi nel *tempo (time)* di questo *movimento (motion)* secondo il fattore di scala dovuto alla velocità di scorrimento della traccia luminosa (v. Fig. 5.1.4.1).

Si ottiene in questo modo un tracciato che fornisce l'andamento nel tempo delle varie posizioni assunte dalle superfici riflettenti incontrate dal segnale ultrasonico nel suo percorso. Il tracciato oltre che sullo schermo di un tubo a raggi catodici

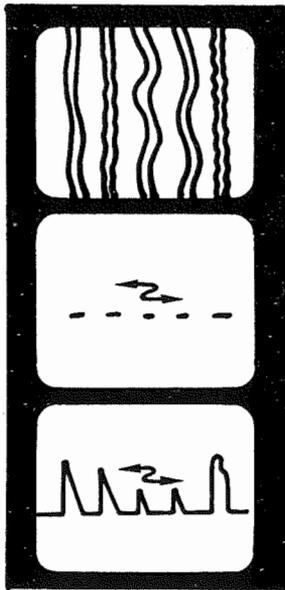


Fig. 5.1.4.1. Rappresentazione schematica del tracciato TM.

ad alta persistenza può essere registrato su carta fotosensibile mediante un registratore a fibre ottiche, oppure essere fotografato da immagine « congelata » sullo schermo mediante l'uso di memorie digitali.

5.2.1 - *Tecnica Doppler*

Se un'onda ultrasonica viaggia tra due trasduttori lungo un cammino di lunghezza variabile nel tempo la frequenza al ricevitore differisce da quella al trasmettitore (effetto Doppler) di una quantità $f_D = 2v_r (\cos\gamma)f/v$, essendo f la frequenza trasmessa, v_r la velocità del riflettore, v la velocità di propagazione degli ultrasuoni nel mezzo considerato, γ l'angolo tra la direzione del raggio ultrasonico incidente e la direzione di movimento del riflettore.

In molte applicazioni viene utilizzato lo spostamento in frequenza di un raggio ultrasonico ad onda continua, riflesso da una struttura in movimento, per raccogliere informazioni sulla sua velocità; oggetto dello studio sono i movimenti dei globuli rossi dei vasi sanguigni e lo spostamento dei lembi valvolari del cuore fetale; in questa seconda applicazione la grandezza desunta è la frequenza del battito cardiaco fetale.

In ostetricia e cardiologia le frequenze usate sono $2 \div 5$ MHz, mentre nello studio di flusso sanguigno in vasi, si usano frequenze fino a 10 MHz.

5.2.1 - *Sistemi Doppler in onda continua*

Il trasmettitore emette una oscillazione continua; la sonda contiene un trasduttore ricevente e uno trasmittente. I segnali a frequenza differente in uscita dal mescolatore (ottenuti dal battimento di segnali provenienti da strutture in movimento con segnali provenienti da strutture fisse o dal segnale di riferimento emesso) sono filtrati, amplificati e inviati ad un trasduttore elettroacustico per un aiuto interpretativo mediante l'orecchio dell'operatore e ad una apparecchiatura di registrazione ed elaborazione, che può fornire anche, nelle più recenti versioni, analisi spettrale.

5.2.3 - Sistemi Doppler sensibili alla direzione

Le informazioni sulla direzione di movimento della struttura in esame sono fornite dal segno di f_D ; mediante una elaborazione più complessa, basata su conversioni multiple di frequenza, è possibile estrarre anche l'informazione sul segno di f_D e presentare separatamente lo spettro degli spostamenti in frequenze per velocità positiva e quelli per velocità negativa.

5.2.4 - Sistemi Doppler impulsivi

I sistemi Doppler in onda continua non forniscono informazioni sulla distanza dei vari riflettori dalla sonda, mentre lo consentono i sistemi con trasmissione ad impulsi.

È possibile separare i segnali Doppler mediante una tecnica di « porta di distanza », nella quale le frequenze dei segnali d'eco isolati in un intervallo di distanze sono confrontate con quella di un oscillatore in onda continua che, modulato ad impulsi, fornisce lo stesso segnale trasmesso. Esistono apparecchiature che presentano tracciati della evoluzione nel tempo della velocità di volumetti di sangue individuabili su immagini ecotomografiche dinamiche sia del cuore che di sezioni del corpo comprendenti vasi.

5.3 - Immagini tomografiche presentate con livelli di grigio

Per le immagini presentate per intensificazione, cioè del tipo B, l'uso del tubo oscillografico a memoria non permetteva di presentare la informazione delle differenti ampiezze dei segnali d'eco a causa della limitatissima variabilità di luminosità consentita.

Il tubo a memoria convenzionale consente la presentazione dei contorni degli organi ma non consente di apprezzare le informazioni portate dall'ampiezza dei segnali d'eco data la piccolissima dinamica dei segnali che possono essere visualizzati. Le variazioni di ampiezza dei segnali d'eco dovuti alla debole riflessione delle strutture interne dei tessuti, tipiche della loro architettura interna, contengono informazioni riguardanti il tipo e lo stato dei tessuti. Per la ricchezza della interazione tra l'energia ultrasonica e i tessuti, la visualizzazione è stata spinta verso la presentazione dei segnali dovuti sia all'energia riflessa che a

quella diffusa dalle microstrutture. Mediante l'introduzione della amplificazione non lineare è stato possibile modificare i rapporti tra le ampiezze dei segnali d'eco cosicché nella dinamica dei grigi, o delle gradazioni cromatiche, dello schermo sia possibile visualizzare gli effetti sia dell'energia riflessa che di quella diffusa, molto più debole. In particolare viene riservata la maggior parte della dinamica dei grigi o delle scale cromatiche alla presentazione dei deboli segnali d'eco provenienti dai contorni, del resto, derivanti da variazioni dipendenti quasi esclusivamente dalla loro inclinazione. La gradualità dei grigi necessaria non è consentita dai tubi a memoria convenzionale per cui sono stati sviluppati due tipi di supporto delle informazioni, la memoria a mosaico dei convertitori d'immagini televisive o le memorie elettroniche per segnali discreti messi in forma digitale.

5.3.1 - *Convertitore di immagini a memoria digitale*

Una importante evoluzione nella utilizzazione della scala dei grigi è costituita dalla introduzione di supporti di immagini realizzati mediante banchi di memoria digitali. Lo schema di principio di un tale sistema è mostrato in Fig. 5.3.1.1. Nel primo blocco, chiamato convertitore analogico digitale, il segnale ecografico video, che nei sistemi a presentazione diretta viene inviato a intensificare il punto luminoso sullo schermo, viene trasformato in una successione di impulsi elettrici che in un codice particolare ne rappresentano numericamente l'ampiezza istantanea « letta » ad intervalli regolari. I valori numerici, o digitali, del segnale vengono inviati ad una memoria allo stato solido, corredati da opportuni indirizzi di posizioni, per essere poi prelevati nei tempi e nei modi voluti, ritrasformati in segnale continuo, o analogico, e inviati ad intensificare il punto luminoso di un cinescopio video o alla testina di scrittura di un registratore magnetico video.

Accenniamo brevemente ad alcuni dettagli del sistema per poter apprezzare meglio gli elementi caratteristici per l'applicazione alle immagini ecografiche. Le « letture » istantanee o campionamenti del segnale originario analogico, vengono eseguite ad intervalli sufficientemente piccoli per non perdere informazioni, cioè tali da consentire, con operazioni di interpolazione, di ricostruire fedelmente il segnale continuo originario. I risultati delle « letture » vengono assegnati per confronto ad uno dei possibili Q livelli discreti in cui è stato diviso l'intervallo previsto per

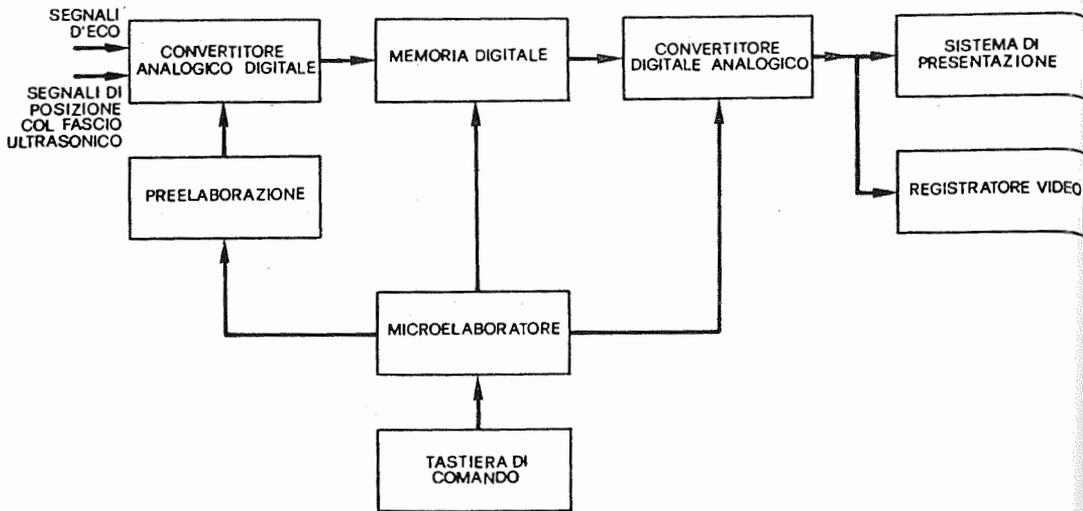


Fig. 5.3.1.1. Schema a blocchi di sistema di memoria digitale e convertitore di formato.

tutta la variazione possibile di ampiezza del segnale analogico. Usualmente sono utilizzati sedici o trentadue livelli discreti a cui corrispondono i livelli possibili di grigio presentati sullo schermo finale (Fig. 5.3.1.2). Il numero con il quale si identifica il livello, fra i Q possibili, cui è assegnata l'ampiezza è espresso in codice binario e viene rappresentato da una sequenza di impulsi, corrispondenti alle potenze del due, necessarie per esprimere il valore del livello; nel caso di $Q = 16$ ognuno dei campioni di ampiezza è rappresentato da una « parola » di quattro impulsi (bit); per $Q = 32$ la « parola » è di cinque impulsi.

Le parole che così corrispondono alla luminosità dell'immagine negli istanti di campionamento, vengono « scritte », come cambiamento di stato di un circuito elettronico allo stato solido per ogni bit, in una matrice di circuiti, in posizioni aventi come coordinate, cioè indirizzi, segnali ancora digitali, corrispondenti alla posizione che avrebbe sullo schermo il punto luminoso, in dipendenza dalla direzione del fascio ultrasonico e dalla distanza del trasduttore. La memoria digitale (Fig. 5.3.1.1) che può essere pensata come composta da un certo numero di matrici sovrapposte (Fig. 5.3.1.2) una per ogni bit, conserva le informazioni della immagine ultrasonica secondo una trasformazione conforme tra le posizioni delle interfacce che hanno



Fig. 5.3.1.2. Configurazione schematica delle matrici di memoria digitale.

provocato i segnali d'eco e gli indirizzi di scrittura dei corrispondenti segnali digitali.

Normalmente le immagini ultrasoniche sono a sviluppo rettangolare, la densità del campionamento della immagine è uniforme, la memoria ha di conseguenza una struttura rettangolare con un numero di righe (linee) diverso da quello delle colonne (punti per ogni linea) (Fig. 5.3.1.2). Le immagini possono essere formate su un cinescopio televisivo, conservando i livelli di grigio scritti digitalmente mediante una lettura della memoria secondo la trama di linee dello standard televisivo, in generale diversa da quella che è stata la sequenza di scrittura, che dipende dalla legge di scansione del fascio ultrasonico, però conservando la reale posizione relativa dei punti dell'immagine. Gli indirizzi di lettura si susseguono secondo la trama voluta, il segnale digitale viene convertito in analogico, cioè di nuovo in un impulso di ampiezza variabile che viene inviato ad intensificare il punto luminoso sullo schermo, in corrispondenza della linea e della posizione in essa voluta. Per i sistemi a scansione manuale l'immagine memorizzata viene letta e presentata sullo schermo un numero di volte al secondo sufficientemente alto, in dipendenza dallo standard televisivo usato, per evitare lo sfarfallamento (flicker); può essere presentata l'immagine anche mentre si forma, inviando i segnali di lettura negli intervalli

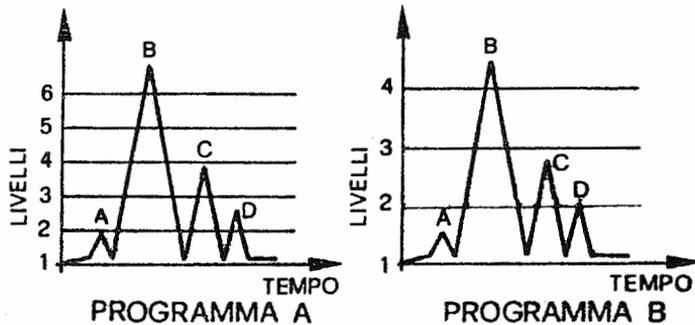
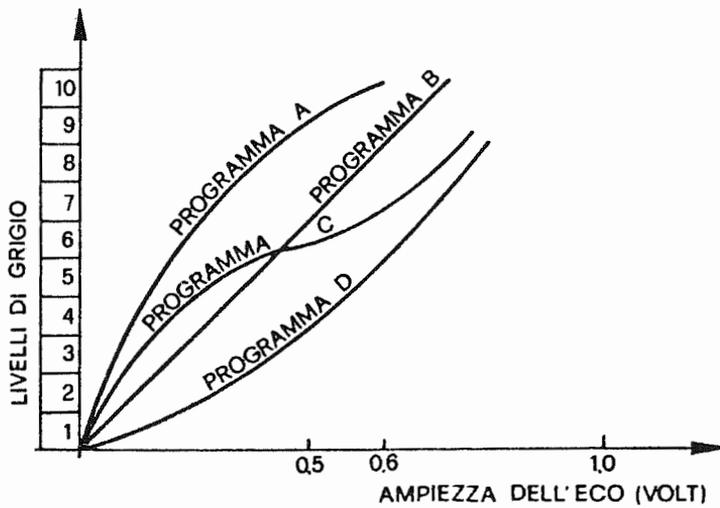


Fig. 5.3.1.3. Curve caratteristiche di pre-elaborazione per l'assegnazione dell'ampiezza dei segnali d'eco ai livelli di grigio o di scala cromatica. Sulla destra sono riportati i due abbinamenti tra ampiezza dei segnali d'eco e livelli di grigio per due differenti programmi.

tra una scrittura, o campionamento, e la successiva, l'immagine che appare sullo schermo si modifica aggiornandosi durante la ricerca da parte dell'operatore del piano di scansione più opportuno. Una volta individuato il piano di scansione può essere imposta dall'operatore una modalità di scrittura secondo la quale in ogni indirizzo della memoria viene scritto il valore di picco risultante dalle varie passate durante la scansione composta. In alcuni sistemi è stato introdotto un microelaboratore che consenta all'operatore di intervenire sull'immagine con operazioni di pre e post elaborazione.

Interessante appare la possibilità di selezionare programmi diversi per variare la legge di assegnazione di ampiezza dei segnali d'eco ai diversi livelli di grigio o di colore (Fig. 5.3.1.3).

Nell'esempio riportato in Fig. 5.3.1.3 è mostrato come questo tipo di preelaborazione consenta di separare mediante il programma A due segnali d'eco (c, d) che nel programma B risultano assegnati allo stesso livello di grigio. La prospettiva aperta da questa innovazione è una aumentata potenzialità di discriminare i tessuti per ogni particolare studio selezionando il programma di assegnazione più adatto per differenziare i segnali d'eco diffusi dal parenchima di due organi differenti per lo stesso paziente.

Presupposto essenziale per verificare clinicamente questa potenzialità è una corretta taratura della apparecchiatura e una sufficiente stabilità nel funzionamento. Nel confronto fra il convertitore di immagine digitale e quello a tubo a mosaico di semiconduttore vanno a vantaggio di quest'ultimo l'ottima dinamica e la eccellente risoluzione dovuta al gran numero di celle nel mosaico, raggiungibili quando il sistema è accuratamente tarato.

Il sistema a memoria digitale ha prestazioni più stabili nel tempo e consente più facilmente alte velocità di scrittura, poiché consente le operazioni contemporanee di scrittura e di lettura.

Il disporre di immagini già in forma digitale consente, per i sistemi sia a scansione manuale che automatica, di poter trasferire direttamente le informazioni al calcolatore quando si vogliono sperimentare elaborazioni complesse quali le quantificazioni dei dati ultrasonici, la ricostruzione di immagini, la estrazione di dati per la caratterizzazione dei tessuti o si vogliono immagazzinare immagini per successivi confronti.

Per i sistemi a scansione automatica risulta importante la possibilità di congelare una singola immagine conservando la rappresentazione con la scala dei grigi. In questo caso la memoria non viene più aggiornata alla cadenza con cui si susseguono le immagini ultrasoniche ma conserva il contenuto della immagine prescelta che viene letta ripetutamente alla cadenza e con la trama dello standard televisivo impiegato.

Quando le caratteristiche del sistema o le condizioni di impiego lo richiedano, può essere ottenuta la rappresentazione senza sfarfallamento (flicker) anche di immagini ultrasoniche

che si susseguono a bassa cadenza. Una ulteriore possibilità consentita dalla memoria digitale, per i sistemi a scansione elettronica per linee parallele, è la creazione per interpolazione di linee di vista supplementari rispetto a quelle fisicamente ottenute dai trasduttori. Infine, qualora si disponga di memorie digitali di sufficiente capacità si possono sviluppare elaborazioni in tempo reale, potenzialmente interessanti, quali il confronto tra immagini e immagine, la presentazione sulla immagine dei diversi livelli mediante codici cromatici, il calcolo di contorni o di aree, il calcolo di istogrammi, la presentazione di dati di modificazioni spettrali del segnale per assorbimento selettivo o per effetto Doppler mediante codici cromatici sulla immagine presentata con livelli di grigio.

5.4 - *Controlli disponibili sulle apparecchiature ecografiche*

Per ottenere immagini ultrasoniche significative è necessario da parte dell'operatore, una completa comprensione e quindi un corretto uso dei controlli disponibili nell'apparato ecografico.

Infatti una regolazione non appropriata della apparecchiatura porta ad immagini brutte e che possono indurre a diagnosi con falsi positivi e falsi negativi. Purtroppo, ancora ogni apparecchiatura ha una organizzazione diversa e una nomenclatura differente dei controlli; occorre perciò avere chiari i concetti fondamentali che stanno dietro alle regolazioni delle apparecchiature sia manuali che automatiche.

Le funzioni che sono governate dalle regolazioni disponibili sono:

1) La variazione della ampiezza dei segnali d'eco; essa può essere ottenuta mediante la variazione: 1) della potenza (regolazione di potenza) emessa dalla sonda, e 2) del guadagno complessivo della apparecchiatura in ricezione (guadagno totale o sensibilità), 3) della forma del guadagno in funzione del tempo (compensazione del guadagno in funzione del tempo); questa ultima regolazione consente di variare la ampiezza dei segnali d'eco, relativamente, da una profondità ad un'altra, la funzione corretta essendo quella di riportare i segnali d'eco da strutture simili, tutti allo stesso livello, indipendentemente dal diverso assorbimento dovuto alle diverse profondità a cui devono arri-

vare ad essere riflessi gli ultrasuoni. Un'altra variazione relativa di ampiezza dei segnali d'eco per la stessa profondità, ma per strutture riflettenti diverse è consentita dalla regolazione di curve di compressione attraverso le preelaborazioni (v. Fig. 5.3.1). In fase di presentazione dei segnali d'eco sulla immagine, possono essere apparentemente cambiati i livelli relativi di segnale d'eco attraverso la postelaborazione, cioè la operazione di attribuzione, secondo leggi selezionabili, dei livelli di grigio, e eventualmente di colore, ai livelli di ampiezza dei segnali d'eco ricevuti e memorizzati.

II) La variazione di ampiezza e di posizione della immagine ecografica; essa può essere ottenuta mediante la regolazione 1) del fattore di scala (scala, prezoom) in fase di acquisizione, 2) dell'ingrandimento in fase di lettura (zoom), 3) dello spostamento del riferimento di autocentro; quest'ultima regolazione può consentire di spostare, a parità di fattore di scala, la porzione di organo presentato nel piano di scansione scelto.

III) Le variazioni di contrasto, di luminosità e di eventuale scala cromatica della immagine. Queste variazioni possono essere ottenute, oltre che mediante le variazioni di luminosità e di contrasto del visore di immagini, anche mediante le varie operazioni di postelaborazione cui si è fatto cenno in I.

È opportuno inoltre che si conoscano le operazioni di elaborazione analogiche, che sono fatte ordinariamente sui segnali ricevuti, al fine di una migliore comprensione del meccanismo di formazione delle immagini ecografiche.

Come appare in Fig. 5.4.1 il segnale d'eco ricevuto viene amplificato o rivelato, filtrato, eventualmente differenziato e ancora amplificato prima della formazione della immagine.

Sono in corso ricerche per estrarre informazioni dal segnale nella forma che esso assume prima della rivelazione (radiofrequenza).

Di particolare rilevanza al fine della immagine è la compressione del segnale; essa è illustrata nel paragrafo 5.3.

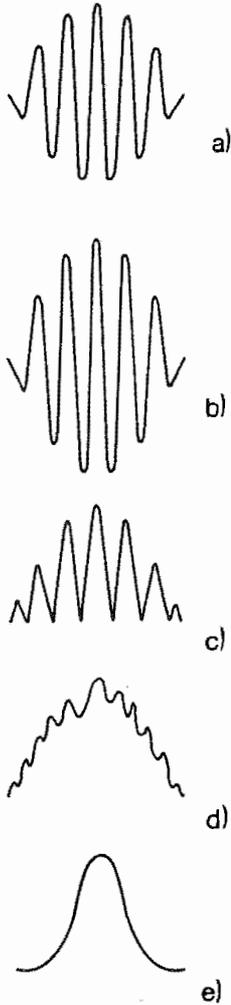


Fig. 5.4.1. Operazioni di elaborazione analogica che vengono eseguite sul segnale impulsivo ricevuto come eco, prima della presentazione.

6.1 - Linee di sviluppo delle nuove apparecchiature ecografiche

Le apparecchiature ad ultrasuoni per la diagnostica medica diventano via via più sofisticate sotto la spinta di un intenso lavoro di ricerca condotto in collaborazione da ricercatori di diverse discipline mediche e tecniche. Alcune delle più recenti innovazioni sono presenti nelle apparecchiature già in commercio, altre sono ancora in fase di sperimentazione nei prototipi di laboratorio.

Due direttrici di ricerca hanno caratterizzato e caratterizzano il lavoro dedicato allo sviluppo delle potenzialità diagnostiche della strumentazione ad ultrasuoni. La prima che possiamo denominare ottimizzazione del campo ultrasonico da creare all'interno del corpo umano nel territorio di interesse, si articola in:

- sviluppo dell'ottica del trasduttore ultrasonico per quanto riguarda le dimensioni, la forma, la legge di focalizzazione statica e la programmazione della focalizzazione dinamica;
- miglioramento delle modalità di esplorazione della zona di interesse, come tipo e velocità di scansione;
- miglioramento del segnale ultrasonico emesso dal trasduttore.

La seconda, che possiamo sinteticamente individuare come lo sviluppo delle possibilità di estrazione delle informazioni portate dai segnali d'eco, potenziate dagli sviluppi sopra accennati circa i miglioramenti della distribuzione spaziale della energia ultrasonica nell'organo da esaminare e che si articola in due grandi rami:

- utilizzazione delle informazioni di ampiezza contenute nei segnali d'eco, che ha portato già alla introduzione della scala dei grigi, degli istogrammi e dei codici cromatici (1986);
- utilizzazione non solo delle informazioni legate all'istante d'arrivo dei segnali d'eco e quindi alla posizione dell'interfaccia di provenienza, ma anche alla forma del segnale di ritorno, e quindi al suo contenuto in frequenza, legato da un lato all'effetto Doppler cioè alla velocità di spostamento, dall'altro alla struttura e natura dei tessuti biologici riflettenti e diffondenti.

Con apparecchiature immesse recentemente sul mercato ed alcune ancora allo stato di prototipo, è possibile raccogliere informazioni quantitative sulla distribuzione spaziale della velocità del sangue nel cuore e in grossi vasi; è ancora a livello di esperienze preliminari la differenziazione di tessuti mediante il contenuto spettrale dei segnali d'eco.

6.2 - *Alcuni concetti di base delle nuove apparecchiature*

Si esaminano i principi ispiratori di alcune apparecchiature della generazione più recenti, con la convinzione di non poter accennare, in questo breve scritto, a tutto quanto di nuovo si sta sviluppando. Va sottolineato il risalto che nelle ricerche più recenti ha l'ottimizzazione della distribuzione spaziale della energia ultrasonica nell'organo in esame affinché sia possibile raccogliere la maggior quantità di informazioni. Particolare importanza riveste la legge di scansione del fascio ultrasonico durante l'esplorazione della zona di interesse. Ai sistemi di movimento manuale della sonda ultrasonica si sono affiancati sistemi automatici della scansione del fascio ultrasonico.

6.2.1 - *Scansione automatica meccanica o mista elettronica meccanica*

La scansione automatica meccanica o mista elettronica meccanica è caratterizzata dall'uso di motori elettrici per muovere i trasduttori a commutazione elettronica per fare entrare in funzione con leggi opportune gli elementi trasducenti quando si usino trasduttori multipli; mentre il fascio ultrasonico così mosso esplora l'area di interesse, i segnali di ritorno sono presentati in intensificazione — B (Brightness) mode — del punto luminoso sullo schermo secondo una organizzazione delle linee che formi sullo schermo stesso una rappresentazione conforme della sezione in esame. Per ogni scansione dei trasduttori si ha una immagine; se le scansioni si susseguono a frequenza sufficientemente elevata, si ha una visione continua in tempo reale di una sezione dell'organo anche se in movimento.

Vari sono i sistemi di scansione automatica del fascio ultrasonico:

I) oscillazione settoriale del trasduttore come il moto di un pendolo (Fig. 6.1):

- a diretto contatto del paziente
- mediante la oscillazione di uno specchio riflettente posto sul
- mediante la oscillazione di uno specchio riflettente posto sul cammino del fascio ultrasonico emesso dal trasduttore fisso (Fig. 6.2)

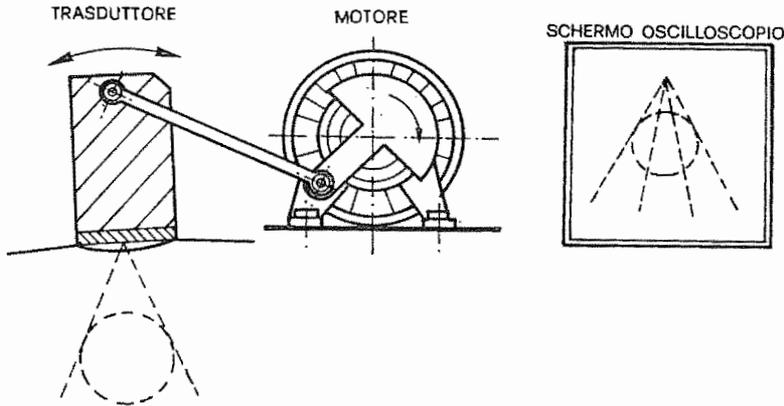


Fig. 6.1.a) Rappresentazione schematica di sonda a scansione meccanica settoriale.

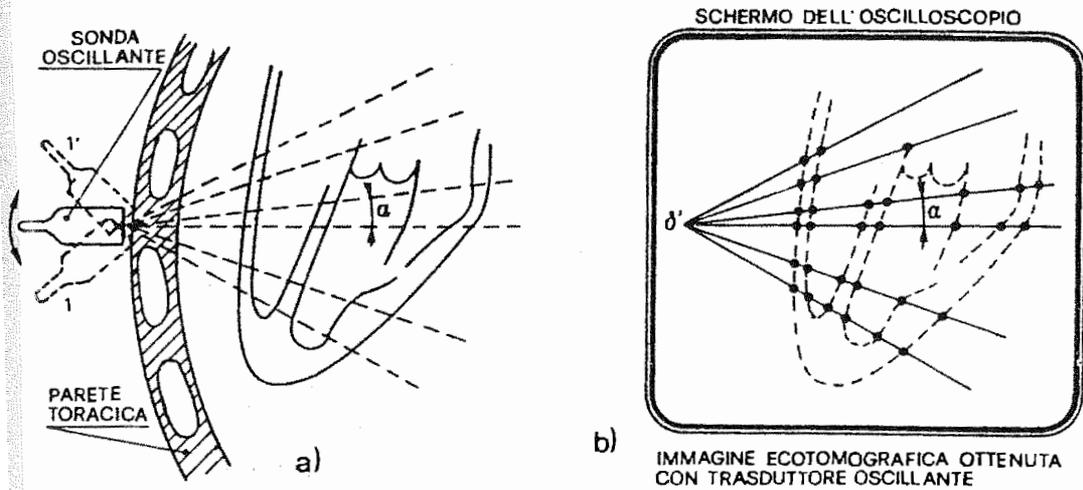


Fig. 6.1.b) Rappresentazione schematica di sonda a scansione meccanica settoriale. Sulla destra appare in forma semplificata l'immagine ecotomografica.

II) rotazione di una struttura multipla circolare con i trasduttori sulla periferia, direttamente accoppiati al paziente pur non essendo, nelle versioni più recenti, a diretto contatto con la pelle del paziente (Fig. 6.3)

— rotazione di una struttura multipla circolare cava che porta i trasduttori internamente, con specchi fissi per indirizzare il fascio all'interno del paziente con scansione nel piano di rotazione, oppure secondo un settore avente per asse, l'asse di rotazione (Fig. 6.4a)

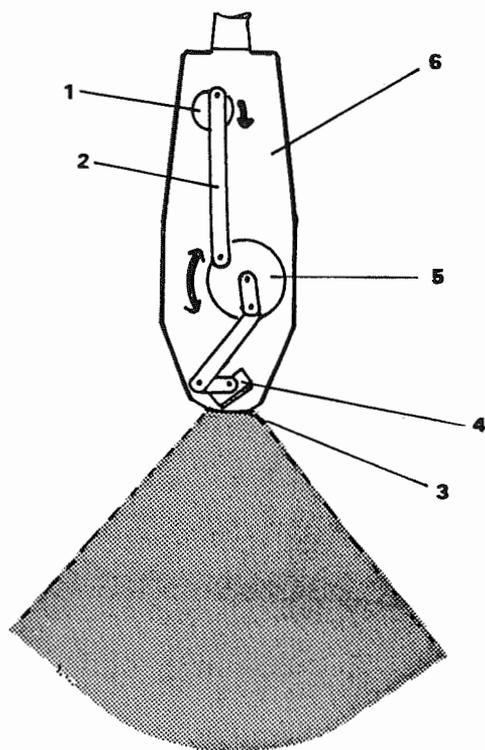


Fig. 6.1.c) Rappresentazione schematica di sonda settoriale a scansione meccanica oscillante (Aloka, Siemens). 1) Manovella; 2) biella; 3) membrana di accoppiamento; 4) trasduttore; 5) codificazione di posizione per individuare la linea di vista; 6) contenitore comprendente il motore di azionamento.

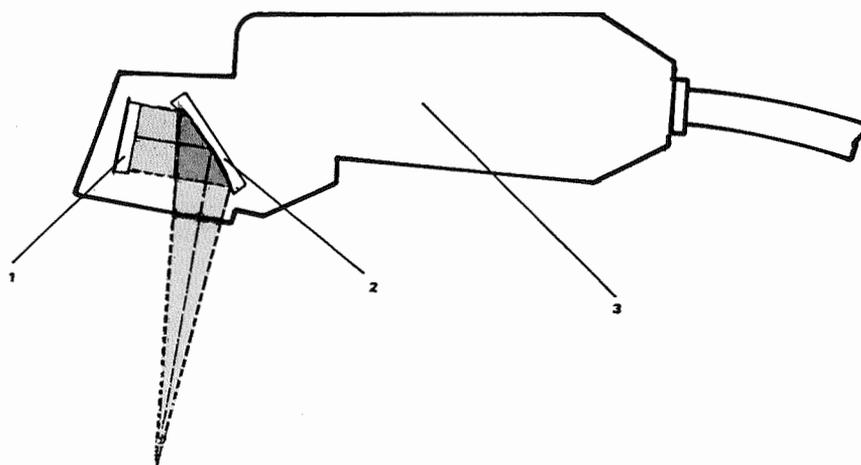


Fig. 6.2.a) Sonda a scansione settoriale con trasduttore fisso a specchio oscillante: 1) trasduttore; 2) specchio oscillante; 3) alloggiamento per motore e trasduzione di posizione angolare per fornire i dati della linea di vista al sistema di presentazione (Sonda Technicare, USA).

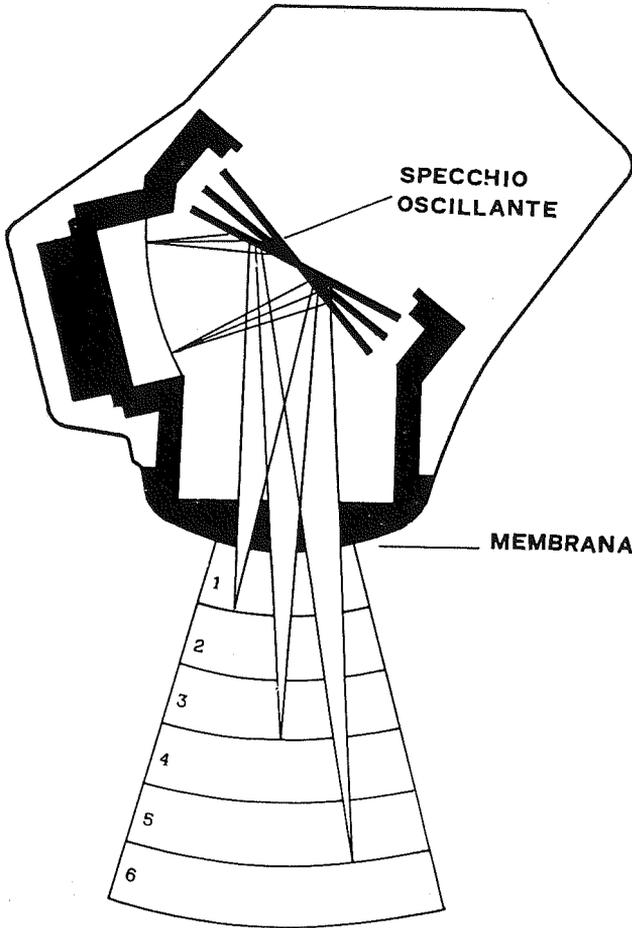


Fig. 6.2.b) Sonda ad anelli concentrici a focalizzazione dinamica (Fig. 3.2.1.2.1) con specchio oscillante per la scansione del fascio (Smith and Kline).

— rotazione di più strutture multiple circolari con i trasduttori sulla periferia per scansione settoriale o composta (Fig. 6.4b)

III) Struttura multipla da arco con percorso d'acqua interposto, con trasduttori commutati elettronicamente ed oscillanti per ottenere scansione settoriale o composta (Octoson) (Fig. 6.5)

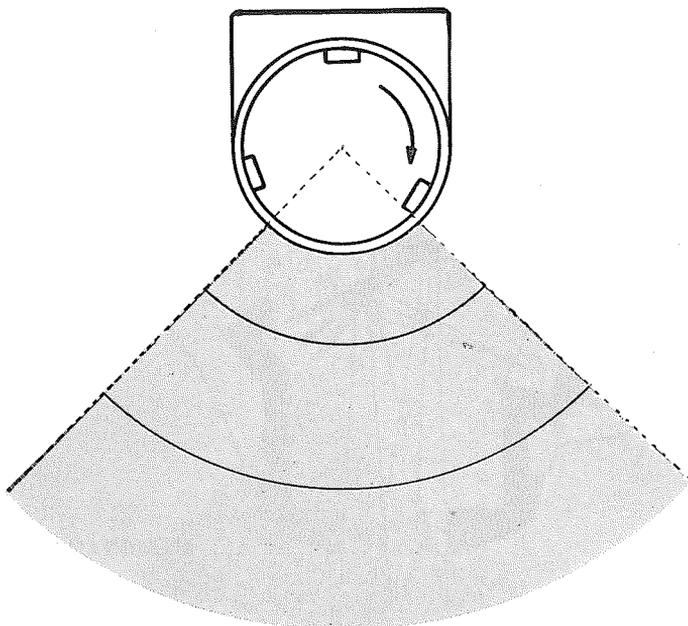


Fig. 6.3.a) Sonda rotante con trasduttori multipli montati sulla periferia.

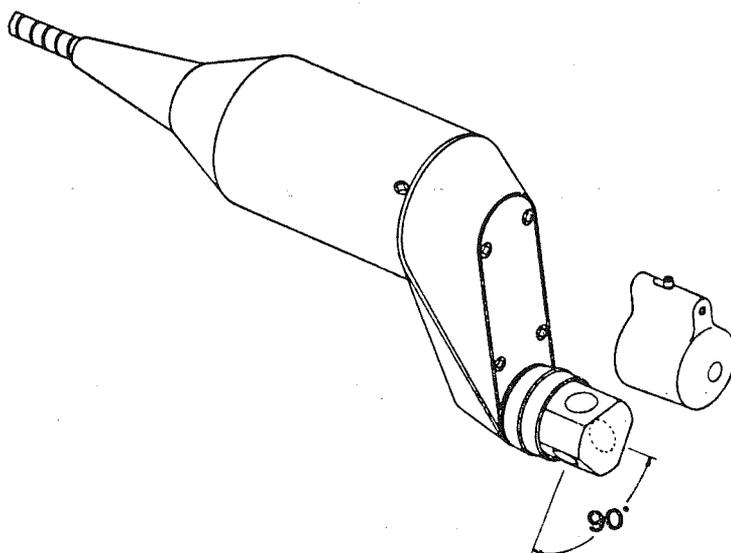


Fig. 6.3.b) Rappresentazione schematica di una sonda rotante a più trasduttori. I trasduttori sono montati su di una ruota che gira; sonda costruita dalla ATL Corp. Seattle, Washington.

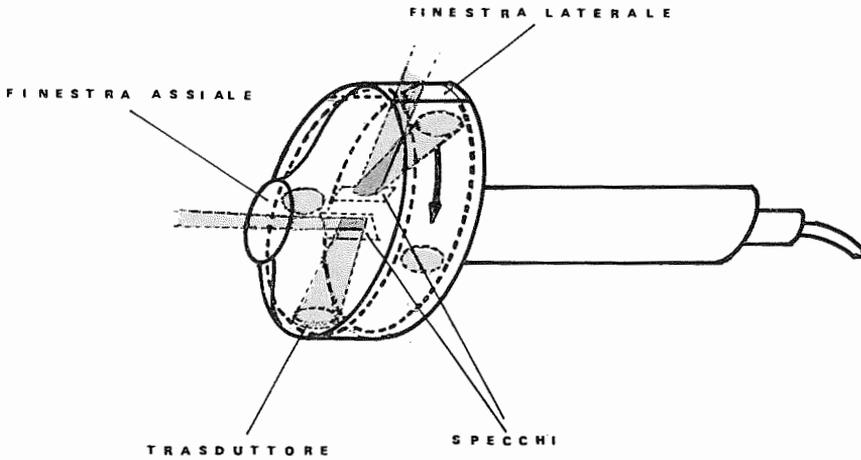


Fig. 6.4.a) Sonda rotante formata da una struttura circolare cava che porta i trasduttori sulla superficie interna, con specchi fissi per indirizzare il fascio con scansione settoriale nel piano di rotazione attraverso la finestra laterale, oppure con scansione in un piano ortogonale (General Electric).

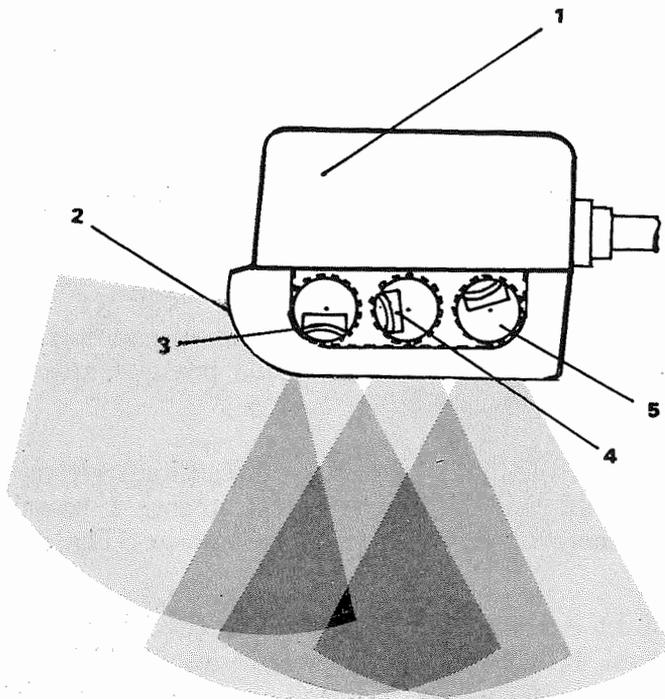


Fig. 6.4.b) Rappresentazione schematica di sonda multipla per scansione settoriale e/o composta: 1) contenitore del motore di azionamento e del dispositivo di codificazione per ottenere i dati di posizione della linea di vista; 2) membrana di accoppiamento; 3) cinghia dentata per la trasmissione del motore; 4) trasduttore; 5) ruota dentata porta trasduttore (Siemens).

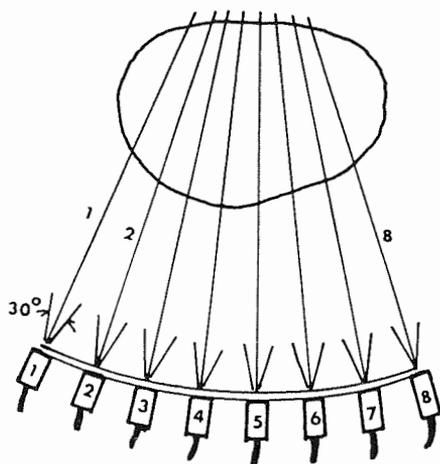


Fig. 6.5. Sistema di scansione a 8 trasduttori montati su di un arco, ognuno oscillante di $\pm 15^\circ$, commutati elettronicamente secondo una sequenza opportuna per eseguire scansioni settoriali semplici o composite (Octoson, Ausonics).

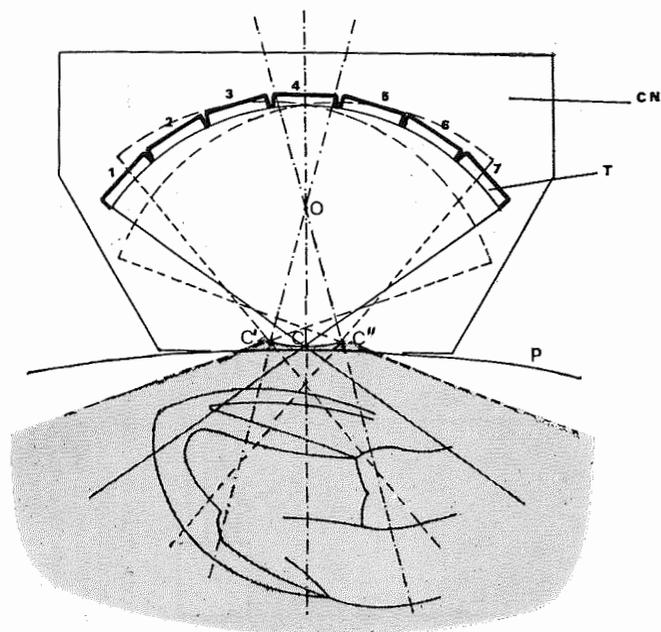
— struttura multipla ad arco oscillante con percorso d'acqua interposto e trasduttori commutati elettronicamente per scansione settoriale o composta (Fig. 6.6)

IV) trasduttore rotante con fascio riflesso da uno specchio parabolico accoppiato al paziente mediante percorso in acqua (Fig. 6.7)

V) strutture ruotanti od oscillanti poste su endosonde per esami di organi attraverso l'esofago o della prostata attraverso l'ano (Fig. 6.8)

VI) strutture oscillanti o cortine a scansione elettronica settoriale, poste in cima al braccio di strumenti a scansione manuale per ottenere scansioni semplici o composite (Fig. 6.10).

I sistemi I) e II) forniscono immagini di tipo settoriale, mentre i sistemi III) forniscono immagini trapezoidali curvilinee; i sistemi IV) forniscono immagini rettangolari poiché il fascio ultrasonico, dopo la riflessione sullo specchio parabolico, al ruotare del trasduttore si muove traslando parallelamente a se stesso; i sistemi V) possono fornire immagini circolari o settoriali in dipendenza dalla rotazione completa oppure dalla oscil-



a)

EPTACOMP

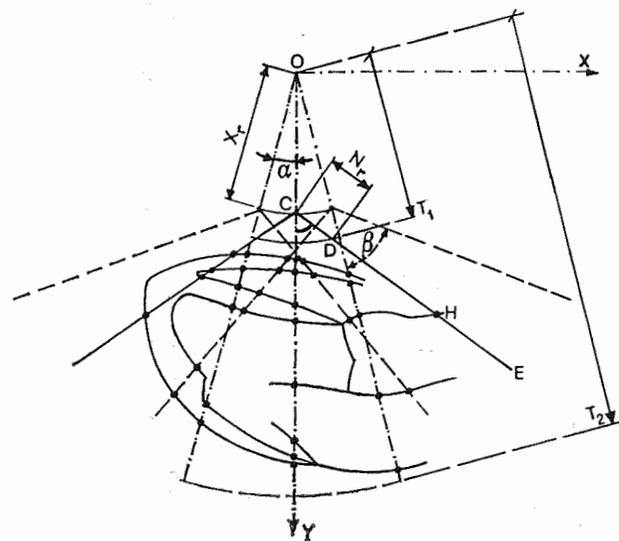


Fig. 6.6. Rappresentazione schematica di sonda multipla a scansione settoriale e/o composta, con percorso in acqua tra trasduttori e paziente: T) trasduttore a doppia corona a lunga focale. L'arco su cui sono montati i sette trasduttori oscilla attorno al punto O con una escursione angolare di 30° ; i trasduttori vengono commutati elettronicamente secondo una sequenza opportuna controllata dall'operatore (EPTACOMP, strumento prototipo sviluppato da L. Masotti): CN) contenitore; P) paziente; a) arco oscillante con trasduttori; b) andamento delle linee di vista per scansione composta secondo una delle possibili sequenze di commutazione dei trasduttori.

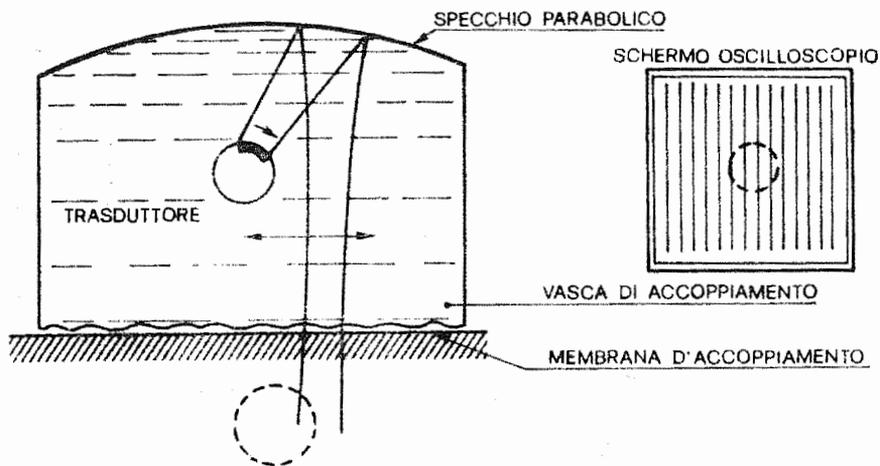


Fig. 6.7. Sonda a scansione meccanica per linee parallele mediante rotazione del trasduttore e riflessione del fascio su specchio parabolico (Vidoson, Siemens).

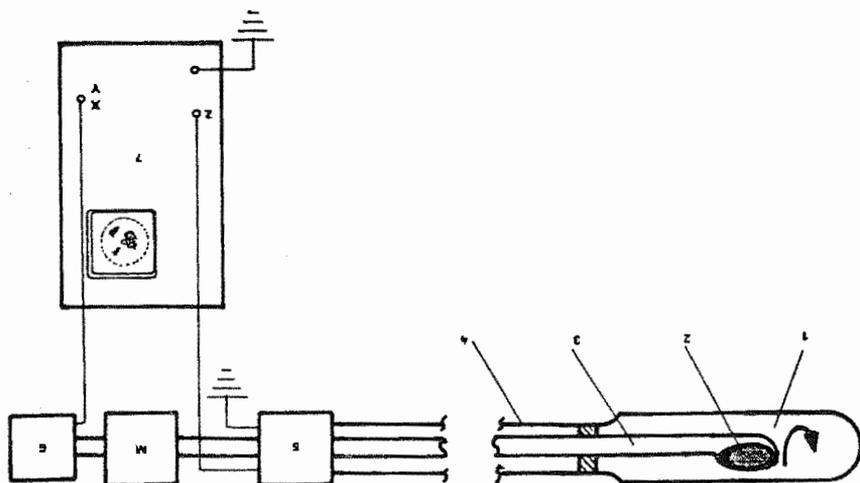


Fig. 6.8. Endosonda: 1) testa della endosonda eventualmente gonfiabile con acqua o olio per aderire alle pareti della cavità in cui è inserita; 2) trasduttore; 3) guaina interna cava ruotante che trasmette il moto rotatorio o oscillatorio al trasduttore e contiene i cavi di alimentazione del trasduttore; 4) guaina esterna sterilizzabile; 5) struttura per trasferire i segnali elettrici ai cavi di alimentazione del trasduttore ruotante; M) motore; 6) sistema di trasduzione per fornire i dati della direzione del fascio ultrasonico al sistema di presentazione; 7) sistema di presentazione (Sonda sviluppata da L. Masotti).

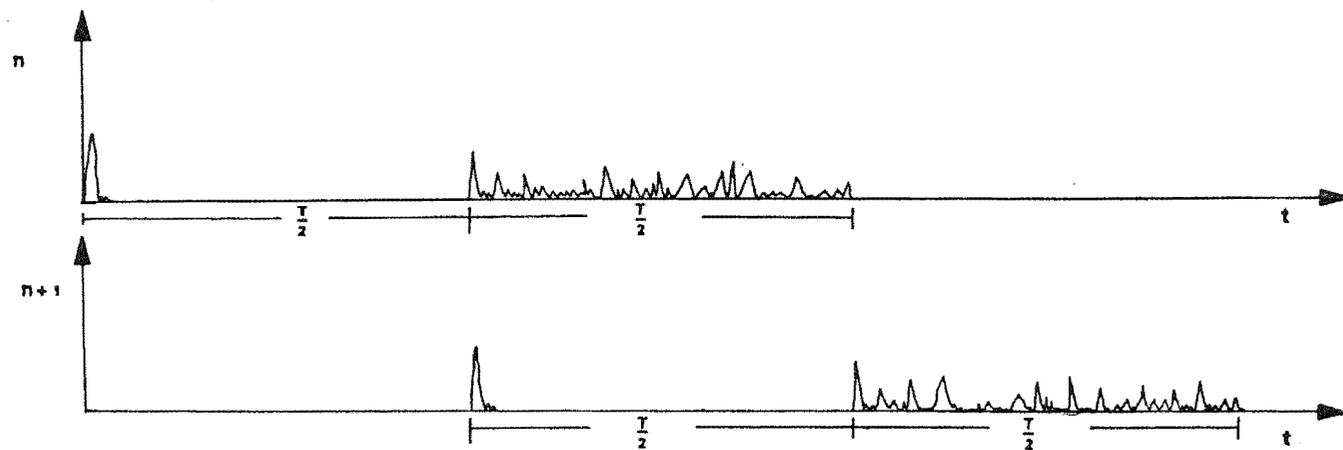


Fig. 6.9. Rappresentazione schematica del funzionamento interlacciato, per sonde multiple, di due trasduttori consecutivi. Quando il trasduttore n -esimo comincia a ricevere segnale dall'interno del corpo umano, comincia a trasmettere il trasduttore successivo $n + 1$ - esimo, il quale non riceverà segnale per tutto il percorso in acqua, di durata $T/2$, tra trasduttore e membrana di accoppiamento con la pelle del paziente.

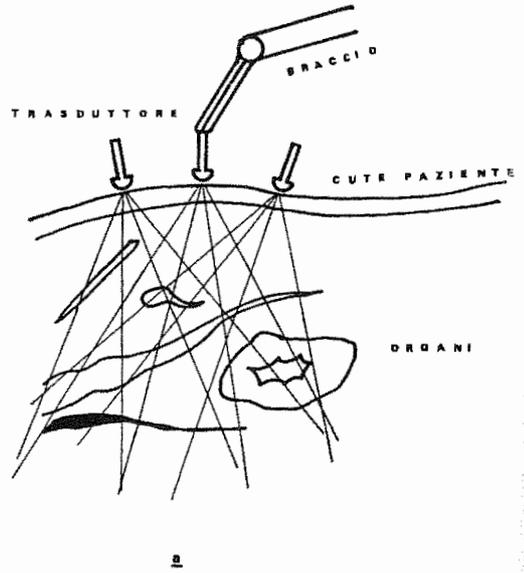
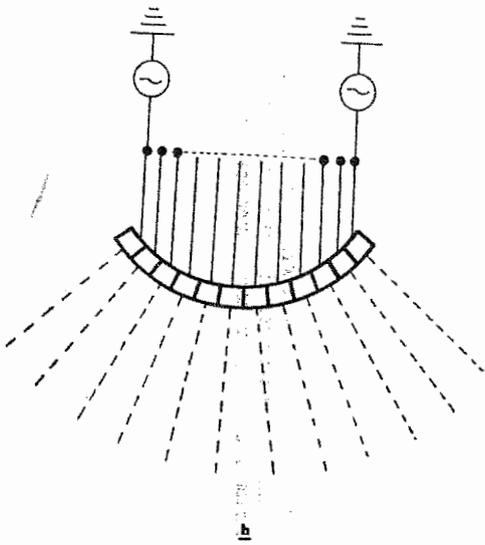


Fig. 6.10.1. Sonda a scansione settoriale a commutazione elettronica montata su braccio di strumento a scansione manuale (Aloka): a) scansione composta con scanner manuale; b) trasduttore.

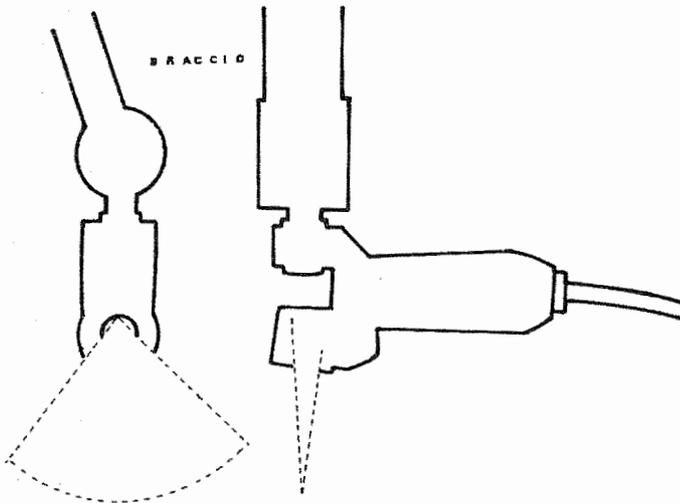


Fig. 6.10.2. Sonda a scansione settoriale meccanica montata su braccio di strumento a scansione manuale (Technicare - USA).

lazione entro un angolo limitato: recentissimi tipi di endosonde a cortina lineare a scansione per linee parallele elettronica, montate su endoscopi, forniscono immagini rettangolari (S.R.I. International - Cal - USA - 1986).

6.2.1.1 - *Limitazioni dei sistemi a scansione automatica o mista elettromeccanica*

Il massimo numero di immagini al secondo è comparabile con quello delle sonde a scansione elettronica, tuttavia non appare una limitazione neanche nell'osservazione di cuori con alte frequenze di battito come quelle dei neonati. La velocità massima di ripetizione delle immagini, cioè il massimo numero di immagini al secondo non è limitato da problemi meccanici, quali vibrazioni o potenze di motori, ma dal fatto che gli impulsi ultrasonici emessi dal trasduttore, per via della limitata velocità degli ultrasuoni nei tessuti biologici (— 1500 metri al secondo), si susseguono con una cadenza non superiore a 3000 o 4000 al secondo, per le normali profondità di esplorazione; per formare una immagine con un sufficiente numero di linee di vista — 100 ad esempio — occorre un tempo finito da 35 a 25 millesimi di secondo nell'esecuzione, il che corrisponde al massimo a 30 o 40 immagini al secondo.

Le sonde a scansione settoriale del tipo I) e V) in alcune realizzazioni, tra queste le prime che sono state sviluppate, non sono dotate di moto uniforme, ma si muovono alla massima velocità nella zona centrale mentre sono più lente ai margini, cioè in fase di accelerazione e decelerazione; questo provoca una densità di linee, cioè un numero di linee per unità angolare, variabile dal centro ai margini della immagine. Nelle più recenti realizzazioni questo inconveniente è stato eliminato variando la cadenza degli impulsi emessi dal trasduttore, quindi la cadenza delle linee di vista in modo opportuno, correlato con la velocità angolare del trasduttore o delle strutture, quando questi siano multipli (Figg. 6.5 e 6.6).

L'unica vera limitazione delle sonde a scansione meccanica è la impossibilità di ottenere un tracciato TM mentre il trasduttore è in movimento per fornire l'immagine bidimensionale. Infatti mentre il trasduttore è in movimento passa sulla linea di vista prescelta per il TM una sola volta per ogni immagine — ad esempio 30 volte al secondo — per cui il tracciato TM ottenibile, risulta costituito da una sequenza di punti intervallati

di 1/30 di secondo, cioè in numero insufficiente per un buon tracciato delle strutture cardiache più veloci; al contrario, quando la sonda viene arrestata nella posizione prescelta si insiste sempre sulla stessa linea di vista alla massima cadenza a cui si ripetono gli impulsi emessi dal trasduttore. Occorre tuttavia osservare che è già un buon aiuto per l'operatore potere selezionare mediante una linea di vista intensificata sulla immagine dinamica bidimensionale la direzione desiderata, poi passare al congelamento della immagine bidimensionale mediante memorie e raccogliere il tracciato TM.

Per le sonde oscillanti, per scansione settoriale, di prima generazione, si aveva un piccolo angolo di scansione per evitare di perdere il contatto del trasduttore con la pelle del paziente, per inclinazioni eccessive rispetto alla direzione perpendicolare. Per esplorare angoli maggiori è stata interposta una piccola vescichetta piena di liquido tra trasduttore e paziente, con parete più o meno rigida, che ha permesso di angolare maggiormente la sonda rispetto alla pelle senza perdere il contatto meccanico tra superficie emittente e paziente. Occorre tuttavia mettere in evidenza, per quanto detto in precedenza, che aumentare l'angolo conservando lo stesso numero di linee per unità di angolo comporta la riduzione del numero di immagini al secondo; se si accetta una rarefazione delle linee di vista, cioè una diminuzione del numero di linee per unità di angolo può essere conservato un alto numero di immagini al secondo anche su ampi angoli ($85^\circ \div 90^\circ$).

In generale sia per le sonde oscillanti che per quelle ruotanti la interposizione di un breve percorso in acqua per evitare parti in movimento a diretto contatto con il paziente o piccoli angoli per quelle settoriali, come detto in precedenza, porta ad una cattiva qualità delle immagini per i primi due o tre centimetri a causa delle riflessioni multiple che insorgono tra la faccia emittente del trasduttore e la membrana a contatto con la parete toracica.

Nelle più recenti realizzazioni (1981), alcune delle quali ancora a livello di prototipi, per evitare l'influenza delle riflessioni multiple, sono state utilizzate pareti rigide a contatto con il paziente con una curvatura ed uno spessore particolari al fine di minimizzare gli artefatti dovuti alle riflessioni multiple cui si è fatto cenno in precedenza.

Per evitare completamente tali riflessioni multiple e per ottenere altri vantaggi che tratteremo più avanti, il cammino

in acqua tra trasduttore e paziente deve essere almeno pari alla massima profondità che si vuole visualizzare all'interno del paziente; tuttavia quando si usino sonde con un singolo trasduttore, oscillante o ruotante o con specchio fisso o mobile, a causa della limitata velocità degli ultrasuoni e dell'aumentato percorso in acqua, il numero di immagini al secondo o il numero di linee per immagine, a seconda di quale delle due grandezze sia imposta, è ridotta rispetto a quelle sonde con trasduttore vicino alla pelle del paziente — appunto a causa del maggior percorso in acqua —.

Al contrario le sonde con più trasduttori (Figg. 6.5 e 6.6) a percorso in acqua pari o superiore alla massima profondità da visualizzare all'interno del corpo umano, consentono di non risentire dell'ostacolo costituito dal maggior percorso e quindi dal maggior tempo per ogni linea di vista; si aggira infatti questa limitazione interallacciando opportunamente la trasmissione e la ricezione tra due sonde successive nella sequenza, cosicché tutto va come se i trasduttori fossero a diretto contatto con la pelle del paziente. In Fig. 6.9 è giustificato schematicamente questo meccanismo.

Molto recentemente sono state introdotte apparecchiature a scansione manuale con montata in cima al braccio un trasduttore a scansione settoriale di tipo elettronico (Fig. 10.1) o meccanico (Fig. 10.2).

Con tale sistema è possibile ottenere scansioni:

- su campo grande per un migliore riferimento relativo degli organi;
- composta mista manuale e automatica su campi grandi;
- aprire una finestra settoriale a scansione automatica nella immagine statica formata, nella quale seguire l'andamento del movimento di organi o di loro parti.

6.2.1.2 - *Vantaggi dei sistemi a scansione automatica meccanica o mista elettronica-meccanica*

I vantaggi delle sonde a scansione meccanica sono vari ed alcuni veramente importanti. Per quelle oscillanti settoriali e per alcune ruotanti, la testa ha piccole dimensioni e può quindi

essere angolata in tutte le direzioni, nei limiti della non interposizione di aria tra sonda e pelle; inoltre data la piccola area di contatto, essa può essere posta in corrispondenza di uno spazio intercostale per esami sul cuore eliminando l'effetto di ombra delle coste .

Il trasduttore mosso meccanicamente conserva le sue caratteristiche ottiche — focalizzazione, livello dei lobi laterali — sia nel piano di scansione che in quello perpendicolare, come in ogni altro piano passante per il suo asse longitudinale; ciò riveste una grossa importanza nei confronti della qualità delle immagini e della precisione delle misure sui tracciati TM. Questa proprietà, come si dirà in seguito, non la si ritrova nei sistemi a scansione elettronica. Inoltre per la loro maggiore semplicità le sonde a scansione meccanica consentono in molti casi la realizzazione di apparecchiature per ecografia in tempo reale di buona affidabilità e a costi contenuti, almeno nei confronti di quelle con sonde a scansione elettronica.

Quando è interposto un bagno d'acqua si hanno diversi vantaggi tra i quali:

- impiego di trasduttori di grande diametro e quindi buone caratteristiche di focalizzazione a parità di frequenza su tutti i piani passanti per l'asse acustico;
- impiego di trasduttori ad anelli concentrici di grandi dimensioni per ottenere la focalizzazione dinamica (Fig. 6.10), come vedremo in dettaglio nel seguito;
- uso del fascio ultrasonico nella zona in cui è sicuramente formato;
- assenza di riduzione di numero di immagini al secondo quando sia usata una struttura multipla che consente di interallacciare trasmissione e ricezione;
- quando la vasca sia aperta è possibile esaminare organi quali mammelle, testicoli senza modificarne la forma per compressione;
- studio di organi superficiali con una ridottissima zona morta nella immagine appena al di sotto della pelle.

6.2.2 - Scansione automatica elettronica

Queste sonde consentono di esplorare con il fascio ultrasonico la zona di interesse senza movimento meccanico dei trasduttori.

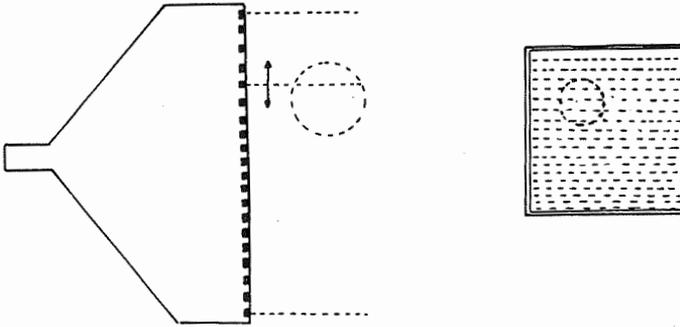


Fig. 6.11. Sonda a scansione elettronica del fascio per linee parallele realizzata mediante cortina lineare di trasduttori.

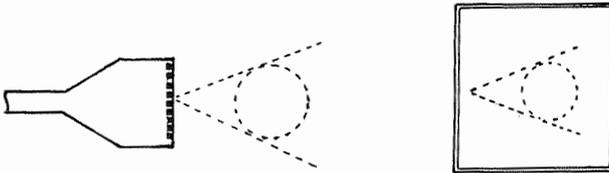


Fig. 6.12. Sonda a scansione elettronica settoriale realizzata mediante una cortina di trasduttori a ritardo variabile tra i segnali dei vari elementi.

Sono essenzialmente due i sistemi di scansione elettronica:

- a) commutazione elettronica di uno o più elementi trasducenti di una cortina per cambiare la linea di vista muovendo il fascio parallelamente a se stesso (Fig. 6.11);
- b) variazione della fase relativa degli elementi trasducenti di una cortina con il risultato di variare la direzione del fascio ultrasonico entro un settore senza muovere la struttura, ma creando elettronicamente i ritardi che sarebbero fisicamente introdotti tra i vari elementi trasducenti ruotando fisicamente le cortina (Fig. 6.12).

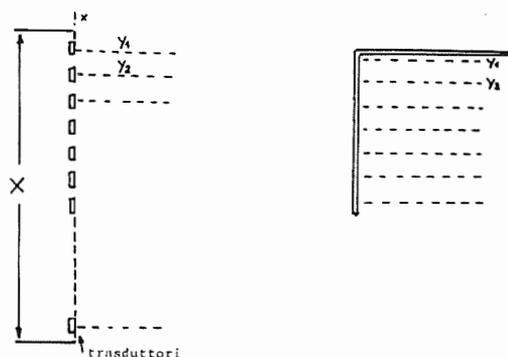


Fig. 6.13. Sonda a scansione elettronica per linee parallele; corrispondenza tra le linee di vista e le linee dell'immagine formata sullo schermo.

Mentre il fascio esplora la zona di interesse i segnali di ritorno vengono inviati all'intensificazione del punto luminoso sullo schermo che viene mosso secondo linee che permettono di ottenere immagini conformi, cioè con una geometria corretta, della sezione dell'organo in esame.

Utilizzando la sola scansione di tipo a) le immagini formate sono di tipo rettangolare; utilizzando la sola scansione di tipo b) le immagini formate sono di tipo settoriale; combinando le due scansioni a) e b) si ottengono immagini rettangolari, settoriali o trapezoidali semplici o composite (Fig. 6.19).

6.2.2.1 - Sonde a commutazione elettronica

Il principio di funzionamento delle sonde che impiegano solo la scansione del tipo a) è molto semplice. La sonda è costituita da un numero N di elementi trasducenti tutti uguali, planari allineati secondo un asse rettilineo x (Fig. 6.13).

Esaminiamo innanzitutto il principio di funzionamento delle prime apparecchiature, nate per la cardiologia, ma che hanno poi trovato, con le necessarie evoluzioni tecnologiche, applicazioni in ostetricia, internistica, e recentemente, nello studio di organi superficiali e nelle endosonde.

Quando viene eccitato il trasduttore 1 dall'impulso di trasmissione, il ricevitore e lo schermo dell'oscilloscopio vengono abilitati a ricevere e a rappresentare per intensificazione i segnali che ritornano al trasduttore 1 lungo la linea di vista y_1 , mentre il punto sullo schermo si muove ad una velocità tale per

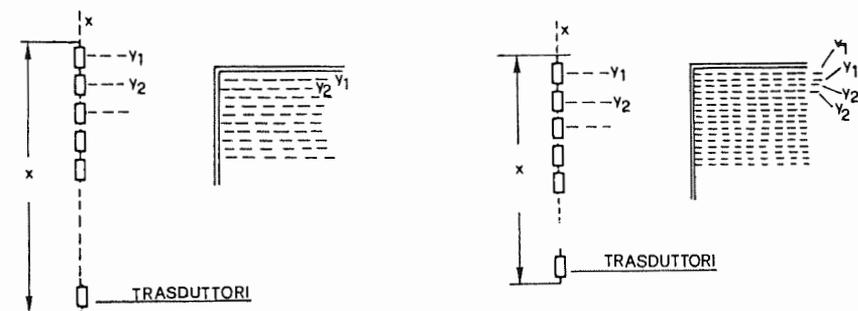


Fig. 6.14. Sonda a scansione elettronica per linee parallele; interallacciamento delle linee.

cui partendo da sinistra (o dall'alto) arrivi a destra (o in basso) quando arriva il segnale d'eco dalla massima profondità da visualizzare; terminata la ricezione dei segnali d'eco lungo la linea y_1 viene eccitato il trasduttore 2 e vengono ricevuti e presentati i segnali corrispondenti alla linea y_2 . In sequenza vengono via via utilizzati gli altri trasduttori fino all' N -esimo. In questo modo si ha una scansione automatica per linee parallele della zona affacciata alla sonda rettilinea. Il numero delle linee che costituiscono l'immagine in queste prime apparecchiature era pari al numero dei trasduttori; per aumentare il numero delle linee per immagine, senza aumentare il numero degli elementi della sonda, per difficoltà tecnologiche o per ragioni di ingombro laterale, in alcuni strumenti venivano presentate alternativamente sullo schermo le immagini, ognuna di N linee, in posizioni slittata della quantità corrispondente a metà dello spazio riservato all'interasse tra le linee.

In Fig. 6.14 è rappresentata la traccia delle linee nella forma di interallacciamento descritta; le linee contraddistinte dai numeri con apice sono quelle presentate nell'alternanza in cui i segnali provenienti dai trasduttori vengono presentati con uno slittamento geometrico lungo la verticale per interallacciarsi con le altre.

Dato il rapido susseguirsi delle immagini alternate, all'occhio appare una immagine complessiva formata da $2 N$ linee, cioè per la persistenza dell'immagine sulla retina, l'occhio percepisce contemporaneamente sia le N righe di una alternanza che le N righe della successiva alternanza. Se il fascio ultrasonico fosse sottile quanto la linea che appare sullo schermo questo tipo di rappresentazione porterebbe alla visualizzazione di una

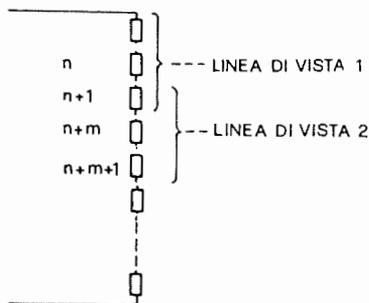


Fig. 6.15. Distorsione della immagine ecografica per piccoli oggetti, o causa della scarsa risoluzione laterale della sonda ultrasonica.

immagine sdoppiata degli oggetti presenti nel campo esplorato, tuttavia, poiché il fascio ultrasonico è ben più ampio della distanza tra i due trasduttori che forniscono i segnali di due linee successive dell'immagine semplice, non si avverte apprezzabilmente tale distorsione della immagine. Questo sdoppiamento non avviene nel televisore domestico, dove l'immagine risulta ancora da due trame interallacciate che contengono informazioni diverse, perché anche il tubo da ripresa fornisce due differenti trame per ogni quadro.

L'interposizione di linee con le stesse informazioni per ogni quadro non aggiunge nulla al valore diagnostico dell'immagine, ma fornisce solo un apparente miglioramento della qualità dell'immagine.

La maggior causa di distorsione delle immagini è appunto la larghezza del fascio e la *presenza di lobi laterali*, cioè la sensibilità del trasduttore in direzioni diverse da quella dell'asse principale. Le limitate dimensioni degli elementi trasducenti lungo l'asse x porta a fasci ultrasonici larghi, nel piano di scansione, già a profondità di pochi centimetri, per cui una stessa porzione di struttura di limitate dimensioni laterali che si trovi lungo la linea di vista di un solo trasduttore, data la larghezza del fascio emesso e ricevuto dai trasduttori contigui, viene « vista » anche da questi e presentata sullo schermo come segnale di ritorno contemporaneamente su più linee di vista con la conseguenza di creare una immagine allargata, cioè distorta, della porzione suddetta (Fig. 6.15). Per limitare questo inconveniente è stata introdotta per questo tipo di cortine la utilizzazione di gruppi di trasduttori eccitati contemporaneamente in

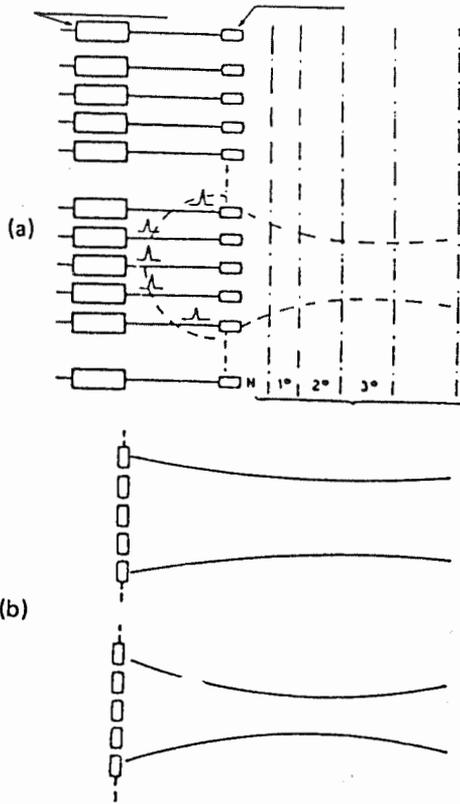


Fig. 6.16. Sonda a scansione elettronica per linee parallele; utilizzazione dei trasduttori a gruppi.

trasmissione e collegati tutti al ricevitore durante il ritorno dei segnali d'eco (Fig. 6.16).

Le linee presentate sullo schermo corrispondono alle linee di vista coincidenti con l'asse del gruppo via via impiegato. Il principio su cui si basa questo accorgimento per il miglioramento della risoluzione laterale deriva dalla constatazione che l'apertura angolare del fascio ultrasonico, quando questo sia formato, nella cosiddetta zona lontana, è inversamente proporzionale alle dimensioni trasversali della struttura trasmittente e ricevente, per cui a pari distanza migliora la risoluzione laterale. Può essere intuito questo meccanismo quando si consideri che le onde ultrasoniche emesse o ricevute dai vari punti di una grande superficie, solamente per direzioni contenute entro un ristretto angolo attorno all'asse normale hanno piccole differenze

di cammino di propagazione e quindi di fase, così che, sovrapponendosi, interferiscono costruttivamente dando luogo ad una esaltazione del segnale; l'interferenza costruttiva essendo tanto più critica, e quindi selettiva in angolo, quanto più larga è la base di trasmissione o ricezione. In alcune apparecchiature che impiegano questo tipo di sonda, per aumentare il numero delle linee nella immagine oltre al valore corrispondente alle effettive linee di vista ottenute dai possibili raggruppamenti degli elementi della cortina, si aggiungono linee costruite mediante operazioni elettroniche di media pesata sui segnali che si ottengono su due linee di vista adiacenti negli stessi istanti, cioè provenienti dalla stessa profondità.

Questa operazione di interpolazione elettronica fornisce una apparente maggiore continuità ai contorni tuttavia può introdurre il rischio di un deterioramento del contenuto di informazione nel dettaglio della immagine a causa della criticità della impostazione delle regolazioni a disposizione dell'operatore.

Nelle più recenti versioni è stato aumentato il numero degli elementi trasducenti (fino a 380) ed è stata introdotta anche questo tipo di cortina a scansione parallela, la focalizzazione dinamica (§ 3.2.1.2).

6.2.2.2 - Cortina di trasduttori a comando di fase

La sonda è formata da un certo numero (sedici, ventuno, trentadue, sessantaquattro, in realizzazioni operanti) (1981) di elementi trasducenti molto stretti, fino a metà della lunghezza d'onda nei tessuti biologici per la frequenza di lavoro, lungo la direzione di allineamento, ognuno connesso ad una linea di ritardo programmabile (Fig. 6.17), operante sia in trasmissione che in ricezione. Nella pratica le linee vengono usate solo in ricezione, mentre in trasmissione vengono impiegati circuiti più semplici per ritardare diversamente gli impulsi di eccitazione dei vari elementi. Quando i ritardi forniti dalle linee di ritardo sono nulli o uguali tra di loro, la direzione di massima sensibilità, cioè la direzione del lobo principale del fascio, coincide con l'asse y , normale alla faccia emittente della struttura, similmente a quanto accade per le cortine esaminate nel paragrafo precedente e per trasduttori semplici.

Nella Fig. 6.17 è mostrata schematicamente la cortina a comando di fase con gli impulsi elettrici di eccitazione che arrivano contemporaneamente, cioè in fase, ai vari trasduttori e da

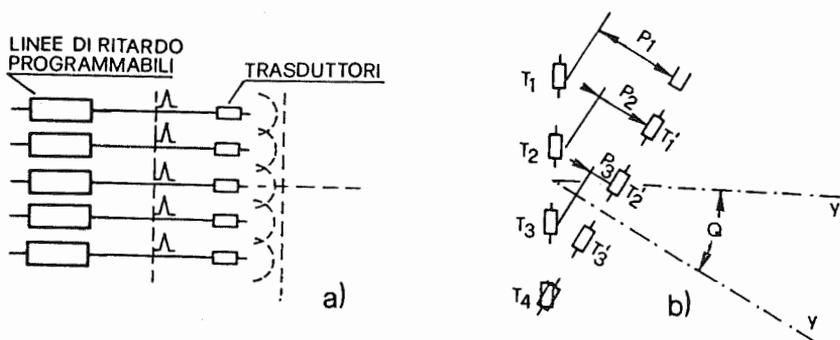


Fig. 6.17. Sonda a cortina di trasduttori a comando di fase: a) cortina con eccitazione contemporanea di tutti gli elementi; b) scansione del fascio mediante movimento della sonda.

questi escono, ancora in fase, impulsi ultrasonici sotto forma di pacchetti di onde sferiche. Tali onde propagandosi nel mezzo cui la sonda è accoppiata interferiscono tra di loro e nella direzione dell'asse y , a distanze sufficientemente grandi, le differenze di percorso dai vari trasduttori e quindi le differenze di fase, sono minime e le onde si compongono costruttivamente; nelle direzioni esterne a un piccolo angolo rispetto a questo asse e contenute nel piano dell'asse y e di quello di allineamento dei trasduttori, che chiameremo piano di scansione, i percorsi delle onde provenienti dai diversi elementi, in particolare quelli posti alle estremità della cortina, differiscono di quantità non trascurabili. Le onde per le quali le differenze sono pari a mezza lunghezza d'onda o a multipli dispari trovandosi in opposizione di fase interferiscono distruttivamente, i picchi positivi dell'una componendosi con i picchi negativi dell'altra.

Le direzioni che corrispondono ancora a interferenze costruttive per alcune delle onde, essendo le differenze di cammino pari a multipli di lunghezza d'onda, creano delle sensibilità della cortina per angoli non desiderati (lobi secondari della funzione di direttività).

In realtà la forma complessiva del fascio dipende anche dalla lunghezza dell'impulso emesso, cioè dal numero di oscillazioni o lunghezze d'onda contenute nel pacchetto trasmesso, essendovi direzioni per le quali la differenza di cammino assume valori anche maggiori del numero di lunghezze d'onda proprie dell'impulso ultrasonico emesso, per cui non si ha sovrapposi-

zione e quindi interferenza; tuttavia ci si limita a questi cenni in questa breve trattazione qualitativa.

Se ora si immagina di inclinare la sonda di un angolo ϑ nel piano di scansione (Fig. 6.17b), anche la normale e quindi la direzione di massima del lobo principale del fascio ultrasonico, ruota dello stesso angolo. Questa rotazione ha portato il trasduttore T_1 in T^1 , T_2 in T^2 e così via.

In questa nuova posizione della sonda si vede che per le onde emesse da T^1 non deve essere percorso il tratto p_1 , rispetto a quelle che venivano in precedenza emesse da T_1 , analogamente per gli altri trasduttori, eccetto T^4 che si trova nella stessa posizione di T_4 ; ciò comporta che, con sonda inclinata, le onde ultrasoniche che pur si staccano simultaneamente dai trasduttori T^i arrivino nei vari punti dell'asse y^1 con differenze di percorso e quindi di tempo, diverse rispetto a quelle che negli stessi punti si avevano per le onde emesse dai trasduttori T . Se ora invece di ruotare la sonda eccitiamo il trasduttore T_1 in anticipo rispetto

P_1

a T_4 di un tempo pari a $\tau_1 = \frac{P_1}{c}$, essendo c la velocità degli

ultrasuoni nel mezzo di propagazione, analogamente eccitiamo

P_2

P_3

T_2 in anticipo rispetto a T_1 di $\tau_2 = \frac{P_2}{c}$, e T_3 di $\tau_3 = \frac{P_3}{c}$

avremo la stessa situazione del caso precedente, cioè avverrà l'interferenza costruttiva, in zona lontana, lungo l'asse y^1 inclinato di ϑ rispetto a y senza avere mosso la sonda meccanicamente. Eccitare i trasduttori, T_1, T_2, T_3, T_4 nell'ordine in anticipo l'uno rispetto all'altro è ovviamente equivalente ad eccitare T_4, T_3, T_2, T_1 in ritardo nell'ordine l'uno rispetto all'altro; questo è quanto viene fatto mediante le linee di ritardo programmabili elettronicamente (Fig. 6.18).

In ricezione, con considerazioni analoghe si vede che affinché la sonda presenti la massima sensibilità per segnali provenienti dalla generica direzione y^1 inclinata di ϑ rispetto alla normale y , occorre che si compensi, con ritardi dei segnali elettrici convertiti dai vari trasduttori, il maggior percorso che le onde provenienti dalla direzione y^1 compiono per giungere a T_1 invece che a T^1 e così a T_2 invece che a T^2 , a T_3 invece che a T^3 . Si realizza questa compensazione ritardando di τ_1 i segnali raccolti da T_4 , di $\tau_1 - \tau_3$ quelli raccolti da T_3 , di $\tau_1 - \tau_2$ quelli raccolti da T_2 , rispetto a quelli che giungono a T_1 ; in questo modo i segnali che

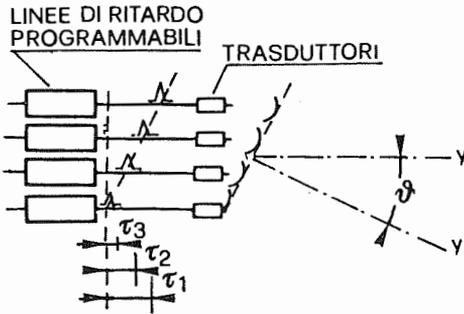


Fig. 6.18. Sonda a cortina di trasduttori a comando di fase; scansione del fascio mediante variazione dei ritardi tra i segnali dei vari elementi.

erano giunti prima ai trasduttori più vicini all'oggetto riflettente sono ritardati affinché possano sommarsi in fase all'ingresso del ricevitore con i segnali che giungono ai trasduttori più lontani per dare segnali massimi solo per segnali d'eco provenienti dalla direzione y^1 .

Per variare ϑ si cambia la legge dei ritardi sia in trasmissione che in ricezione.

6.2.2.3 - Cortine a scansione composita

In alcune apparecchiature la cortina, costituita da un alto numero di elementi, viene utilizzata sia per scansioni laterali per gruppi di elementi che agendo sui ritardi in trasmissione e ricezione (Fig. 6.19) per ottenere anche la scansione settoriale, trapezoidale o composita.

6.2.2.4 - Limitazioni dei sistemi a scansione elettronica

Le cortine a commutazione di fasci paralleli soffrono dell'inconveniente che le immagini ottenute presentano un basso numero di linee vere; in questo caso l'aggiunta di linee per interallacciamento o per interpolazione aumenta la densità delle linee; attraverso la sperimentazione clinica potrà essere appurato se le immagini che risultano così più gradevoli permettano anche una migliore estrazione delle informazioni portate comunque dalle sole linee vere.

L'ingombro laterale delle sonde a cortina a commutazione elettronica costituisce una limitazione nell'impiego cardiologico in

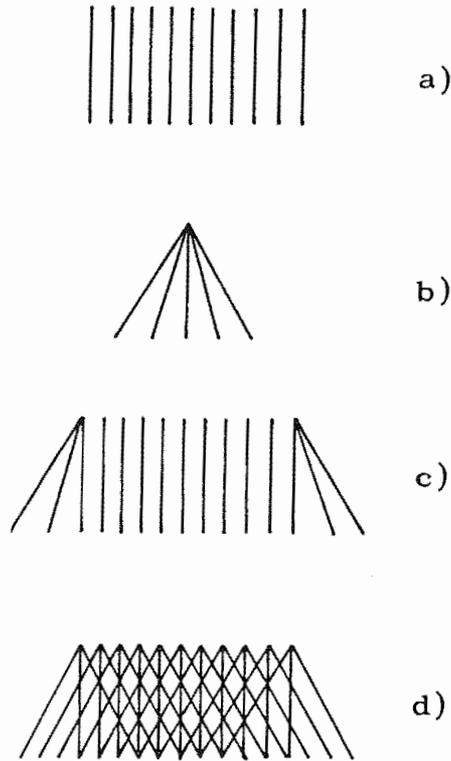


Fig. 6.19. Sonda a scansione automatica elettronica con possibilità di scansione: a) per linee parallele; b) settoriale; c) trapezoidale; d) composta.

quei casi in cui sia ridotta la finestra pericardica e nei soggetti con coste grosse, poco trasparenti agli ultrasuoni.

Infine, a causa della riflessione di tipo speculare provocata dalle interfacce investite dagli ultrasuoni, una scansione a fasci paralleli non si presta bene alla ricostruzione completa dei contorni di strutture curve specialmente se a piccolo raggio di curvatura. Si può ridurre l'inconveniente aumentando il contenuto spettrale dei segnali emessi, usando trasduttori multipli centrati su frequenze diverse.

Le sonde a cortina con scansione elettronica settoriale comportano la realizzazione di un complesso di linee di ritardo programmabili e la gestione elettronica di questi ritardi. Questo comporta un appesantimento notevole della parte elettronica con conseguente aumento di costo e incidenza sull'affidabilità.

Da un punto di vista funzionale si può osservare che con il tipo di scansione settoriale il fascio cambia di caratteristiche

con l'angolo in dipendenza dalla forma del diagramma di radiazione del singolo elemento, dalla spaziatura degli elementi e dalla forma dell'impulso trasmesso. La deformazione del fascio si accentua per grandi valori dell'angolo di scansione per i quali si ha la limitazione dovuta alla ridotta sensibilità del singolo elemento e dell'eventuale nascita di alti lobi laterali che possono creare ambiguità nella immagine.

Le immagini di tipo settoriale fornite da questo tipo di sonde presentano una scarsa interpretabilità nella porzione corrispondente ai primi centimetri dovuta alle forti differenze di cammino tra le onde dei vari trasduttori che non permettono una corretta utilizzazione di tutti gli elementi.

La densità di linee, come per le sonde a scansione meccanica settoriale, è limitata, quando si vogliono ampi angoli e alto numero di immagini al secondo; nel caso di limitata densità angolare di linee la qualità delle immagini ne risente a profondità maggiori per l'ovvia riduzione che una maggiore distanza comporta sulla densità lineare delle linee.

Per le sonde a scansione elettronica settoriale il diagramma di radiazione risulta diverso nei vari piani, passanti per l'asse longitudinale delle strutture, ed in particolare è differente la forma del fascio nel piano di scansione e in quello perpendicolare; eventuali focalizzazioni dinamiche (§ 3.2.1.2).

Inoltre il basso rapporto segnale rumore per ogni canale di ricezione collegato al singolo elemento, di piccola area e quindi in grado di raccogliere una minore potenza rispetto al trasduttore singolo di area maggiore, comporta maggiori difficoltà nella formazione delle immagini che va a svantaggio della qualità della immagine.

6.2.5 - Vantaggi

Un vantaggio della cortina a scansione per fasci paralleli deriva dalla facilità di impiego: presenta infatti immagini rettangolari in tempo reali che per le poche variazioni dei gradi di libertà che consente, rende possibile ottenere tomografie immediatamente leggibili della zona di interesse. L'immagine rettangolare è facilmente leggibile anche nella porzione che riguarda i primi centimetri di tessuto e presenta una densità di linee costanti per tutta la profondità.

La semplicità di funzionamento va a vantaggio della affidabilità e del costo.

Le apparecchiature con tale tipo di sonda, se ben realizzate, con trasduttori a frequenza diversa per le varie applicazioni, appaiono molto versatili. Il piccolo ingombro laterale della sonda a scansione elettronica settoriale permette ampie variazioni nel puntamento e, per le applicazioni in cardiologia, un buon adattamento alle piccole dimensioni della finestra pericardiaca. Il tracciato TM risulta di buona qualità anche se ottenuto contemporaneamente alle immagini bidimensionali in tempo reale; infatti la cadenza della linea di vista selezionata per il TM, può essere molto elevata, confrontabile con quella della sonda singola, essendo possibile per questa sonda, a differenza di quella settoriale meccanica, eccitare la sonda e ricevere nella direzione, prescelta per il numero di volte elevato, eventualmente con una piccola riduzione della cadenza delle immagini bidimensionali. Inoltre il tracciato TM per questo tipo di sonda è ottimizzabile grazie alle possibilità di puntamento che essa consente, a differenza di quella a scansione per linee parallele.

6.3 - Parametri caratteristici dei sistemi ecografici automatici

Si esaminano brevemente le grandezze caratteristiche che intervengono nella formazione delle immagini bidimensionali in tempo reale e che sono alla base dei criteri di confronto generali ed obiettivi per i vari sistemi già disponibili o in fase di sviluppo. Assegnata una certa profondità massima D che si vuole visualizzare all'interno del corpo umano il tempo che occorre per ricevere i segnali d'eco che tornano dalla massima profondità sarà dato da: $T_1 = 2D/v$ che corrisponde al tempo di andata e ritorno del segnale ultrasonico per la distanza D , alla velocità di propagazione v . Nel caso che il sistema fornisca un'immagine settoriale, in cui appaiano d linee per grado, che si estenda su θ gradi, si hanno $d \cdot \theta$ linee per immagine; un'immagine verrà formata nel tempo $T_1 = d \cdot \theta T_1$, cioè il tempo necessario per ogni linea moltiplicato per il numero delle linee in un'immagine. Il numero di immagini R in un secondo è dato da: $R = 1/d\theta T_1 = v/2Dd\theta$.

In Fig. 6.20 è riportato l'andamento di R in funzione dell'angolo θ e della profondità D per i sistemi settoriali. Appare chiaro come si riduca il numero di immagini al secondo R , quando si vuole aumentare la profondità visualizzata D o l'angolo visualizzato θ , oppure infittire le linee per unità angolare.

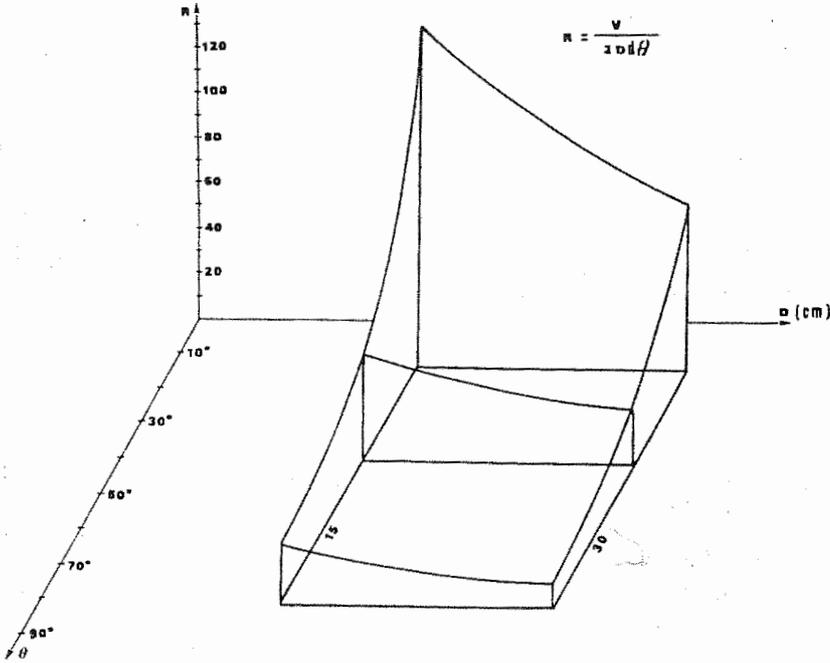


Fig. 6.20. Sonda a scansione settoriale, meccanica o elettronica. Andamento del numero di immagini al secondo R in funzione della massima profondità visualizzata D e dell'angolo di scansione Q (7).

Un compromesso va tuttavia trovato tra la quantità D, d, θ, poiché R non può scendere sotto ad un certo valore per evitare un fastidioso effetto di sfarfallamento dell'immagine, ma soprattutto per non perdere informazioni da strutture in movimento come per il caso del cuore. È opportuno osservare che potrebbe essere parzialmente ridotto questo inconveniente mediante la sincronizzazione degli impulsi trasmessi per tutte le linee di vista di un'immagine con il segnale ECG preso sempre nello stesso punto per ogni immagine e con uno scorrimento programmato da immagine a immagine. Tuttavia questo sistema non è applicabile quando si verificano aritmie poiché uguali ritardi rispetto al picco del segnale ECG scelto per il sincronismo, non corrispondono al ritrovamento delle strutture cardiache nella stessa fase del movimento. D'altra parte con questa tecnica possono essere create immagini in sequenza quando la regolarità del ritmo cardiaco lo permette, tuttavia si perde l'informazione portata dalla rappresentazione continua della struttura in movi-

mento. Per evitare l'effetto di sfarfallamento quando il numero di vere immagini al secondo sia basso, può essere usato un sistema a memoria digitale (v. § 4) in cui una stessa immagine viene presentata sullo schermo un numero di volte sufficientemente elevato. Nel caso di sonde a fasci paralleli il numero di immagini al secondo è dato da $R = c/2DmX$ dove c e D hanno il significato visto in precedenza, mentre m rappresenta il numero di linee per unità di lunghezza di apertura e X rappresenta l'apertura della sonda.

REFERENCES

- (1) T.F. HUETER and R.H. BOLT: *Sonics*. J. Wiley and Sons, New York, N.Y., 1965.
- (2) *Diagnostic Ultrasound*. Edited by C.C. Grossman, Plenum Press, New York, N.Y., 1966.
- (3) *Biological Engineering*. Edited by H.P. Schwan, McGraw-Hill, New York, N.Y., 1969.
- (4) *Ultrasonics in Clinical Diagnosis*. Edited by P.N.T. Wells, Churchill Livingstone, London, 1972.
- (5) G. FRANCINI and L. MASOTTI. *Ultrasuoni. Apparecchiature di Diagnosi*. *Enciclopedia dell'Ingegneria. Aggiornamenti*. Isedi. Mondadori, 1975.
- (6) F. DUNN, P. EDMONDS and W. FRY: *Absorption and Dispersion of Ultrasound in Biological Media*, in *Biological Engineering*. Edited by H.P. Schwan, McGraw-Hill (Inter-University Electronic Series, vol. 9), 1969.
- (7) P.N.T. WELLS: *Physical Principles of Ultrasonics Diagnosis*. Academic Press, London, 1969.
- (8) R.T. BEYER and S.V. LETCHER: *Physical Ultrasonics*. Academic Press, New York, N.Y., p. 96, 1969.
- (9) A.B. BHATIA: *Ultrasonic Absorption*. Oxford Press, London, p. 174, 1967.
- (10) J.M.M. PINKERTON: *The Absorption of Ultrasonic Waves in Liquids and in Relation to Molecular Constitution*. *Proc. Phys. Soc. (London)* B62: 129, 1949.
- (11) E.L. CARSTENSEN and H.P. SCHWAN: *Acoustic Properties of Hemoglobin Solutions*. *J. Acoust. Soc. Amer.* 31: 305, 1959.
- (12) P.D. EDMONDS, T.J. BAULD et al.: *Ultrasonic Absorption of Aqueous Hemoglobin Solutions*. *Biochim. Biophys. Acta* 200: 174, 1970.
- (13) H. GRAMBERG: *Absorptionmessungen an biologischen Substanzen bei niedrigen und ihre Abhängigkeit von der Frequenz*. *Naturwissenschaften* 39: 31, 1952.
- (14) A. MAYER and H. VOGEL: *Ultraschallabsorption von Hamoglobinslösungen im MHz-Bereich*. *Z Naturforsch* 20b: 85, 1965.
- (15) F. SCHNEIDER, F. MULLER-LANDAU and A. MAYER. *Acoustical Pro-*

- perties of Aqueous Solutions of Oxygenated and Deoxygenated Hemoglobin. *Biopolymers* 8: 537, 1969.
- (16) G.E. GOLDMAN and T.F. HUETER: Tabular Data of the Velocity and Absorption of High-Frequency Sound in Mammalian Tissues. *J. Acoust. Soc. Amer.* 28: 35, 1956.
- (17) G.E. GOLDMAN and T.F. HUETER: Errata: Tabular Data on the Velocity and Absorption of High-Frequency Sound in Mammalian Tissues. *J. Acoust. Soc. Amer.* 28: 655, 1957.
- (18) R.C. CHIVERS and C.R. HILL: Ultrasonic Attenuation in Human Tissues. *Ultrasound Med. Biol.* 2: 25, 1975.
- (19) S. COLOMBATI, S. PETRALIA, Assorbimento di Ultrasuoni in Tessuti Animali. *Ric. Sci.* 20: 71, 1950.
- (20) H.J. DANKWERTS: Discrete Relaxation Processes as a Model of the Absorption in Liver Homogenate. *J. Acoust. Soc. Amer.* 55: 1098, 1974.
- (21) F. DUNN: Temperature and Amplitude Dependence of Acoustic Absorption in Tissue. *J. Acoust. Soc. Amer.* 34: 1545, 1962.
- (22) R.A. MOUNTFORD and P.N.T. WELLS: Ultrasonic Liver Scanning: the A-Scan in the Normal and Cirrhosis. *Phys. Med. Biol.* 17: 261, 1972.
- (23) H. PAULY and H.P. SCHWAN: Mechanism of Absorption of Ultrasound in Liver Tissue. *J. Acoust. Soc. Amer.* 50: 692, 1971.
- (24) F. DUNN: Attenuation and Speed of Ultrasound in Lung. *J. Acoust. Soc. Amer.* 56: 1638, 1974.
- (25) F. DUNN and W.J. FRY: Ultrasonic Absorption and Reflection by Lung Tissue. *Phys. Med. Biol.* 5: 401, 1961.
- (26) W.J. FRY and F. DUNN: Ultrasound: Analysis and Experimental Methods in Biological Research, in Nastuk (ed.). *Physical Techniques in Biological Research*, vol. 4, Special Methods. New York, Academic Press, 261, 1962.
- (27) K.K. SHUNG, R.A. SIGELMANN and J.M. REID: The Scattering of Ultrasound by Red Blood Cells. *Appl. Radiol.*, 1976.
- (28) L. BERGMANN: *Der Ultraschall*. Stuttgart, Hirzel, 1954.
- (29) D. NICHOLAS and C.R. HILL: Acoustic Bragg Diffraction from Human Tissues. *Nature (London)* 257: 305, 1975.
- (30) C. ATZENI, G. CASTELLINI, P.L. EMILIANI, C. LOMBARDI, S. MANNETTI, L. MASOTTI, C. RAFFINI: L'Assorbimento Selettivo degli Ultrasuoni nell'Ecografia Clinica. *Atti del 1° Congresso Società Italiana Studio Ultrasuoni in Medicina*, Edizioni Centro Minerva Medica 54, 1976.
- (31) T.F. HEUTER: Messung der Ultraschallabsorption in menschlichen schädelknochen und ihre Abhängigkeit von der Frequenz. *Naturwissenschaften* 39: 21, 1952.
- (32) H.G. FLYNN: Cavitation Dynamics I. A Mathematical Formulation. *J. Acoust. Soc. Amer.* 57: 1379, 1975.
- (33) G.H. FLYNN: Cavitation Dynamics II. Free Pulsation and Models for Cavitation Bubbles. *J. Acoust. Soc. Amer.* 58: 1160, 1975.
- (34) F.J. FRY, G. KOSOFF, R.G. EGGLETON et al.: Threshold Ultrasonic Dosages for Structural Changes in the Mammalian Brain. *J. Acoust. Soc. Amer.* 48: 1413, 1970.

- (35) F. DUNN and F.J. FRY: Ultrasonic Threshold Dosage for the Mammalian Central Nervous System. *IEEE Trans. Biomed. Engin.* BME 18: 253, 1971.
- (36) P.R. CLARKE and C.R. HILL: Physical and Chemical Aspects of Ultrasonic Disruption of Cells. *J. Acoust. Soc. Amer.* 47: 649, 1969.
- (37) S.Z. CHILD, E.L. CARSTENSEN and M.W. MILLER: Growth of Pea Roots Exposed to Pulsed Ultrasound. *J. Acoust. Soc. Amer.* 58: 1109, 1975.
- (38) J. BRAEMAN, W.T. COAKLEY and R.K. GOULD (1974). Human Lymphocyte chromosomes and ultrasonic cavitation. *Br. J. Radiol.*, 47, 158-61.
- (39) W.D. O' BRIEN JR.: Safety of Ultrasound. *Handbook of Clinical Ultrasound*. Edited by M. de Vlieger, J. Wiley and Sons, New York, N.Y., 1978.
- (40) W.J. FRY, V.J. WULFF, D. TUCKER et al.: Physical Factors Involved in Ultrasonically Induced Changes in Living Systems: I. Identification of Nontemperature Effects. *J. Acoust. Soc. Amer.* 22: 867, 1950.
- (41) K.J.W. TAYLOR and J.B. POND: A Study of the Production of Haemorrhagic Injury and Paraplegia in Rat Spinal Cord by Pulsed Ultrasound by Low Megahertz Frequencies in the Context of the Safety for Clinical Usage. *Brit. J. Radiol.* 45: 343, 1972.
- (42) J.L. ROSE and B.B. GOLDBERG: *Basic Physics in Diagnostic Ultrasound*. J. Wiley and Sons, New York, N.Y., 1979.
- (43) G. KOSSOFF: Balance Technique for the Measurement of Very Low Ultrasonic Power Outputs. Letter to the editor. *J. Acoust. Soc. Amer.* 38: 880, 1965.
- (44) H. HERTZ, L. MASOTTI, C. LIGVOET, C.H. EVERSDIJK, J. RIDDER, L.F. VAN DER WALL, A.J. BERKHOUT, H. HOFMANN and N. BOM: Report of the Workshop on New Diagnostic Ultrasound Techniques. International Congress Series N. 553 Recent Advances in Ultrasound Diagnosis 3. Proceedings of the 4th European Congress on Ultrasonics in Medicine, Editors A. Kurjak and A. Kratochwil. Excerpta Medica Amsterdam - Oxford - Princeton, 1981.
- (45) A. BASTOGI, A. CASINI, G. CASTELLINI, A.G. COSTANTINIDES, F. LOTTI, L. MASOTTI, S. ROCCHI. Digital R.F. and Video Processing of Echographic Signals. *Ultrasonic Tissue Characterization 3*. Proc. of the Third EC Workshop, Stuttgart, Nov. 1983. Edited by J.M. Thijssen and K. Irion, Commission of the European Communities.
- (46) A. BERTINI, L. MASOTTI, A. ZUPPIROLI, F. CECCHI. Rotating Probe for Trans-Oesophageal Cross-Sectional Echocardiography. *J. of Nuclear Medicine and Allied Sciences*, 1984 (in press.).
- (47) L. MASOTTI: *Strumentazione per Tomografia con Ultrasuoni: Principi Fisici ed Apparecchiature*. *Ultrasonodiagnostica* Ed. M. Lenzi, B. Talia, G.C. Canossi; Edizioni C.E.L.I., Bologna, 1982.
- (48) L. MASOTTI: Introduction to Ultrasonography. *Physical Principles and Equipment*. *Diagnostic Ultrasound in Gastroenterology*, Ed. L. Bolondi, G. Labò, L. Gandolfi. Edizione Piccin/Butterworths, Padova/Borough Green, 1984.

-
- (49) P.L. COSTA, L. MASOTTI, M. DAL PANE, S. CAPPELLI, C. CAMPORESI, G. FONTANA. The « Mirror-Image Effect »: an Artifact of Hepatic Ultrasonography. *Clinical Advances in Ultrasonology* Ed. G. Labò, L. Bolondi, G. Rizzatto. Edizione Masson, Milano, 1983.
- (50) L. MASOTTI and B. TALIA. La Caratterizzazione dei Tessuti Mediante Ultrasuoni. *Ultrasuonodiagnostica* Ed. M. Lenzi, B. Talia, G.C. Canossi; Edizioni C.E.L.I., Bologna, 1982.

ANTONIO VEGGIANI

LE FLUTTUAZIONI DEL CLIMA
DAL XVIII AL XX SECOLO.
I CICLI DI BRÜCKNER

.....
« V'è una cosa curiosa di cui ho sentito parlare, e che vorrei non fosse trascurata, ma un poco considerata. Dicono che si osservi nei Paesi Bassi (non so in quale parte) che ogni trantacinque anni si ripete la stessa specie e la stessa serie di anni e di stagioni, come grandi geli, grande piovosità, grandi siccità, inverni caldi, estati con poco caldo, e simili, e chiamano ciò *Inizio del Cielo*. È una cosa che ricordo di buon grado, perché, considerando a ritroso, ho trovato qualche corrispondenza. »
.....

FRANCESCO BACONE (1561-1626)

Saggi, LVIII (*)

PREMESSA

Gli studi e le ricerche di questi ultimi decenni hanno dimostrato che pur nell'ambito di un generale miglioramento climatico, rispetto all'ultimo grande periodo glaciale che investì la Terra verso la fine del Pleistocene superiore, si sono manifestate durante l'Olocene, praticamente negli ultimi 10.000 anni, importanti oscillazioni climatiche che hanno avuto grande influenza sia sull'ambiente fisico, sia sull'ambiente biologico. Sulla base di indagini geologiche, geomorfologiche, glaciologiche,

(*) FRANCIS BACON, *Saggi. Del progredire della Scienza. Nuova Atlantide*, Istituto Geografico De Agostini, Novara 1971, pp. 202-203 (traduzione di Clavio Ascari).

paleobotaniche, archeologiche e storiche, è stato possibile ricostruire il susseguirsi delle oscillazioni del clima con una certa precisione specialmente per i tempi storici. Per i tempi più recenti, poi, quando hanno avuto inizio e sono andate sempre più diffondendosi le registrazioni dei parametri meteorologici, le fluttuazioni climatiche sono state infine meglio riconosciute e dettagliate.

In seno alla comunità scientifica sono aumentate le preoccupazioni per le possibili conseguenze derivanti all'umanità da variazioni climatiche a scala globale che potrebbero causare difficoltà economiche e sociali in particolare nei territori prossimi a condizioni limite di umidità e di temperatura (Orombelli, 1982). È quindi di grande interesse poter conoscere con sempre maggiore precisione le condizioni climatiche invalse nel passato e le modalità dei loro mutamenti per poter anche avanzare qualche previsione qualora si individuasse una certa periodicità del fenomeno.

Per i tempi storici precedenti le registrazioni strumentali, si utilizzano per la ricostruzione delle oscillazioni climatiche i dati di natura parameteorologica quali le descrizioni relative ad eventi meteorologici o idrologici estremi (gelate, nevicate eccezionali, alluvioni, siccità) oppure relative all'andamento dei ghiacciai, alle modificazioni delle fasce vegetazionali naturali, al regime dei corsi d'acqua, dei laghi e delle paludi, all'andamento dei raccolti, alla comparsa o scomparsa di particolari specie di animali e piante e alle caratteristiche degli anelli di accrescimento dei tronchi degli alberi (dendroclimatologia).

Si stanno delineando due gruppi di ricercatori della storia del clima di cui alcuni legati alle scienze della Terra, quali geologi, geofisici, biologi e naturalisti ed altri invece legati alle scienze storiche, quali gli archeologi, i geografi, gli studiosi della storia economica e in particolare della storia dell'agricoltura e dei problemi demografici. Dalle ricerche d'archivio possono emergere dati sugli eventi climatici susseguitisi nel tempo ed anche i loro effetti sulla produzione agricola, sulle crisi economiche e sulle epidemie e più in generale sulle attività antropiche. A tal proposito sono già apparsi contributi scientifici di notevole importanza (Le Roy Ladurie, 1982; Lamb, 1977; Pinna, 1969, 1984).

Si hanno ora a disposizione quadri cronologici della successione degli eventi climatici che hanno interessato la Terra non solo per i lunghi tempi geologici ma anche per i tempi storici

più recenti (Panizza, 1985).

Un terzo della superficie emersa della Terra, ancora diciottomila anni fa, era ricoperto da ghiaccio. Il volume d'acqua trasformato in ghiaccio fu tale che il livello del mare, rispetto a quello attuale, si abbassò di oltre cento metri. La temperatura media della superficie terrestre era di 5 o 6 gradi centigradi più bassa della media attuale. Nell'ultimo milione di anni si verificarono circa dieci epoche glaciali. Sono state avanzate molte teorie per spiegare le epoche glaciali. Attualmente le più attendibili sono quelle che prendono in considerazione le variazioni dell'inclinazione dell'asse terrestre e della geometria dell'orbita terrestre attorno al sole (teoria dello iugoslavo Milutin Milankovitch). Le oscillazioni del clima sulla Terra possono però essere di vari ordini. Si parla di una oscillazione dell'ordine di 100.000 anni per il ciclo delle epoche glaciali legato alle variazioni nell'eccentricità dell'orbita terrestre, di oscillazioni dell'ordine dei 40.000 anni indotte dal ciclo di inclinazione dell'asse terrestre ed infine dell'ordine dei 20.000 anni a causa del moto di precessione della Terra stessa. Tutte queste variazioni cicliche provocano cambiamenti nella quantità di radiazione solare incidente sulla Terra (Covey, 1985).

Meno conosciuti i motori che governano le oscillazioni climatiche a più breve periodo, dalle migliaia, alle centinaia e alle decine di anni, oscillazioni che sono state ampiamente documentate dalle ricerche geologiche, paleontologiche, archeologiche e storiche. Si tratta di oscillazioni in cui la temperatura media annua ha subito 1 o 2 °C in più o in meno rispetto alla media attuale.

In occasione di tali cambiamenti climatici vi è stata una risposta abbastanza rapida degli ambienti fisico e biologico. Il livello medio marino si abbassava o si innalzava a seconda dell'estendersi o del ritirarsi dei ghiacciai, mentre la fascia vegetazionale cambiava di composizione come dimostrano gli studi sui pollini fossili. Sulla base delle ricerche paleobotaniche, l'Olocene o Postaglaciale è stato suddiviso nei periodi Preboreale (8.200-6.800 a.C.), Boreale (6.800-5.500 a.C.), Atlantico (5.500-2.500 a.C.), Subboreale (2.500-800 a.C.) e Subatlantico (dall'800 a.C. ad oggi). Nel Boreo-atlantico si è avuto il periodo climatico termicamente migliore. L'innalzamento della temperatura che si verificò ebbe effetti vistosi sulla vita dell'uomo a seguito dello sviluppo dell'agricoltura. Per quanto riguarda la Pianura Padana, si passò dalla dominazione assoluta dei pini

alla instaurazione di un querceto-carpineto mesoigrofilo che si è poi permanentemente insediato e che senza l'opera dell'uomo costituirebbe una associazione climax ancora oggi (Bertolani Marchetti, 1969-70; 1982).

Nel Subboreale e nel Subatlantico inizia il declino del clima con regresso termico accompagnato da alternanze di fase asciutte e umide che hanno comunque pure esse avuto una certa influenza sia sulla vita animale, sia sulla vita vegetale. Per i tempi protostorici, le informazioni sulle variazioni climatiche si possono trarre dalle oscillazioni delle fronti glaciali alpine. L'espansione e la regressione di tali ghiacciai sono state datate con metodi radiometrici (C-14). Mediante particolare calibrature, eseguite sulla base di ricerche dendrocronologiche, è stato poi possibile convertire gli anni C-14 in anni calendario. Le ricerche per ora più attendibili sono quelle fatte sul ghiacciaio di Fernau nel Tirolo. Sono state qui riconosciute per i periodi protostorici due fasi di avanzata di quelle fronti glaciali: la prima fase è datata tra il 1400-1300 a.C., la seconda tra il 900-300 a.C. (Mayr, 1964). Anche nella zona degli Alti Tauri nelle Alpi orientali (Patzelt-Bortenschlager, 1973) sono state individuate avanzate delle fronti glaciali nei periodi 1500-1100 a.C. (oscillazione di *Löbben*) e nel periodo 900-300 a.C. Quest'ultima, che si colloca tra la fine del Subboreale e l'inizio del Subatlantico, è stata di recente individuata anche nell'apparato morenico del ghiacciaio dei Forni (o vedretta dei Forni) nelle Alpi centrali (Orombelli-Pelfini, 1985). Le datazioni radiometriche delle torbe più antiche, collegate a tale oscillazione, hanno fornito un'età di 830-710 a.C.

L'avvicinarsi di tutte queste oscillazioni climatiche ha condizionato, tra l'altro, l'abitabilità della Pianura Padana. L'occupazione del suolo da parte dell'uomo in tale settore italiano sembra corrispondere a fasi di ottimo climatico, cioè a quelle fasi caratterizzate dal ritiro dei ghiacciai per le migliorate condizioni climatiche (ritorno a temperature più miti e a più equilibrati periodi di piovosità). Le colture del Neolitico sviluppatasi tra il 5.000 e il 3.500 a.C. si svolgono nel periodo Atlantico, un periodo di stabilità geomorfologica e di pedogenesi prevalente. La presenza del querceto (in questo periodo) ad alte quote nell'Appennino settentrionale indica una temperatura media annua di $1 \div 3$ C° superiore a quella attuale. Le precipitazioni erano inferiori e non distribuite come attualmente, tanto da non permettere l'instaurarsi del faggio neppure sulle fasce altitudi-

nali più elevate (Biagi-Barker-Cremaschi, 1983). La fine del periodo caldo dell'Atlantico è segnata dall'oscillazione di *Rotmoos* (detta di *Piora* nel Ticino), contraddistinta da una nuova avanzata dei ghiacciai di cui si ha una evidente documentazione nelle stesse Alpi orientali.

Gli insediamenti padani dell'Età del Bronzo vanno in crisi intorno al 1200 a.C. in corrispondenza della fase di espansione glaciale di *Löbben* (1500-1100 a.C.). Lo stesso dicasi per gli insediamenti del Protovillanoviano padano sviluppatasi tra il 1100 e il 900 a.C. e investiti poi dai dissesti idrogeologici indotti da un nuovo deterioramento climatico come documentato dall'avanzata dei ghiacciai tra il 900 e il 700 a.C.

La Pianura Padana era sensibile a tali oscillazioni in senso freddo in quanto i fiumi, per una legge idraulica di cui poi si dirà, tendevano a diventare pensili e a straripare, mettendo in crisi gli insediamenti umani sviluppatasi nel frattempo lungo gli alvei dei fiumi stessi. Non vi sono dubbi che dallo studio delle oscillazioni delle fronti glaciali si può ricostruire per i tempi storici l'andamento delle variazioni climatiche.

Le fasi delle avanzate dei ghiacciai seguono, anche se con ritardo di un certo numero di anni, dipendente dalla posizione e dal tipo di ghiacciaio, periodi con precipitazioni superiori alla media e temperature inferiori alla media (Orombelli-Porter, 1982; Rabagliati-Serandrei Barbaro, 1982; Belloni-Catasta-Smiraglia, 1985).

Occorre altresì far notare che trattandosi di oscillazioni climatiche a scala globale (emisfero settentrionale) ne risulta che durante i periodi caratterizzati da un aumento della piovosità e da una diminuzione della temperatura media si registrano dissesti idrogeologici (frane, alluvioni, variazioni idrografiche, sovralluvionamenti, impaludamenti, difficoltà di drenaggio nelle vaste piane alluvionali, ecc.) nel bacino del Mediterraneo e nell'Europa centrale ed ancora maggiori disagi e danni per le aree dell'estremo nord (Scandinavia), mentre si inducono vantaggi per le aree delle regioni semiaride dell'Africa occidentale (Sahel) e altre parti di questa fascia. Il contrario succede per i periodi di ottimo climatico con diminuzione delle precipitazioni e aumento della temperatura. I massimi vantaggi si avranno per le aree poste più a nord mentre svantaggi enormi si verificheranno per le zone semiaride che diventeranno più aride con spostamento del deserto verso la zona equatoriale.

I dati che si stanno raccogliendo dimostrano che vi è una

risposta abbastanza rapida dell'ambiente fisico e biologico alle variazioni climatiche.

Particolarmente fragili per gli uomini della preistoria e della protostoria erano le zone di pianura dove i loro insediamenti potevano venire coinvolti dai ciclici dissesti idrogeologici. Tali dissesti si verificavano nei periodi in cui la piovosità aumentava, la temperatura media diminuiva e contemporaneamente si innescava una accelerata erosione del suolo sui rilievi collinari e montani. Infatti tra le risposte dell'ambiente fisico alle variazioni climatiche vi è anche quella dei fiumi che variano la morfologia dei loro alvei. I corsi d'acqua vanno soggetti a fenomeni di sovralluvionamento (aggradazione) o a fenomeni di erosione (degradazione) a seconda del variare della piovosità nell'ambito dei loro bacini imbriferi e dei quantitativi di materiale solido che vengono immessi nelle loro correnti. Durante una fase climatica di piovosità avviene un innalzamento degli alvei fluviali in quanto la corrente d'acqua non riesce a trasportare tutto il materiale che viene in essa immesso. Con la deposizione del materiale solido eccedente si induce una modifica nel profilo di equilibrio con l'innalzamento del letto fluviale. Pertanto un insediamento capannicolo, una necropoli, un ponte o una strada che si trovavano in posizione di sicurezza rispetto alle normali piene del fiume, possono allora venire investiti dagli allagamenti fino ad essere distrutti o ricoperti da terreni alluvionali. Il fenomeno inverso (degradazione) si ha quando la quantità di materiale solido che giunge in un corso d'acqua in un certo tratto è inferiore alla sua capacità di trasporto. In tale caso il fiume entra in erosione ed abbassa il suo letto. Si forma così ai suoi lati un ripiano terrazzato entro il quale rimangono sepolte quelle strutture che erano state investite dai fenomeni di aggradazione (Strahler-Strahler, 1977).

Dall'età di quelle strutture antropiche sepolte e di quelle poi sorte sulla superficie dello stesso terrazzo fluviale, si possono trarre informazioni per datare il ciclo climatico di piovosità e di conseguenza la fase di degrado ambientale indotto dal deterioramento climatico.

È noto che anche attualmente si trovano a lato dei canali fluviali, a pochi metri di altezza, superfici pianeggianti che vengono saltuariamente inondate (*Flood plain*). Generalmente tali piani non sono frequentati dall'uomo, ma quando si hanno lunghi periodi di degradazione fluviale, detti piani non vengono più inondati e possono così essere occupati dall'uomo con l'installazione

di varie strutture, compresi anche gli insediamenti. Quando poi alla degradazione segue un periodo di aggradazione, le acque ritornano ad invadere sempre più frequentemente queste aree pianeggianti o terrazzi fluviali fino ad occuparli permanentemente o comunque per un lungo periodo.

L'uomo deve abbandonare allora il sito in precedenza occupato, sito che viene così distrutto dalle acque o ricoperto dalle alluvioni. Tale fenomeno si è più volte ripetuto lungo i corsi d'acqua romagnoli negli ultimi millenni (Veggiani, 1973, 1979, 1982, 1983, 1986). Sul sovralluvionamento degli alvei fluviali nel corso dei cicli climatici di piovosità (oscillazione climatica in senso freddo e umido) ha scarsa influenza il leggero spostamento negativo del livello medio marino che costituisce il livello di base dei fiumi; si tratta, almeno per i tempi storici o protostorici, di abbassamenti dell'ordine dei decimetri o comunque oscillanti attorno al metro.

Da quanto illustrato risulta che la Pianura Padana fu alternativamente abitata dall'uomo nel corso dei tempi preistorici come dimostrano anche le ricerche archeologiche. Il deterioramento climatico già in atto nel 900-700 a.C., come documentato dalle più recenti ricerche sui ghiacciai, può giustificare la scarsità degli insediamenti della prima Età del Ferro (Villanoviano ed altre culture coeve) nella Pianura Padana e la loro concentrazione invece in zone particolari quali Este, Montagnana, Padova, Bologna e Verucchio.

Sulla base degli studi sul ghiacciaio di Fernau nel Tirolo (Mayr, 1964) sono state riconosciute altre oscillazioni climatiche in senso freddo e umido e precisamente nei periodi 400-750 d.C., 1150-1250 e 1600-1850.

L'età romana corrisponde ad un periodo di ottimo climatico svoltosi tra il 300 a.C. e il 450 d.C. Quando le ricerche sulla storia del clima potranno contare su una più ampia documentazione si dovrebbe scoprire che il miglioramento climatico che fece seguito al deterioramento della prima Età del Ferro dovrebbe avere avuto inizio nel VI-V sec. a.C., periodo quest'ultimo che vede svolgere il grande espansionismo della cultura etrusca e umbro-etrusca nella Pianura Padana.

Il degrado ambientale indotto dal deterioramento climatico nell'alto medioevo tra il 400 e il 750 d.C. è stato documentato, come si è in precedenza accennato, anche dalla risposta data dai corsi d'acqua che cambiarono il loro regime idraulico. Molti insediamenti già fiorenti in epoca romana e posti lungo i fiumi

furono sovralluvionati (Veggiani, 1979, 1983, 1986). Lo stesso dicasi di altri centri antichi del bacino del Mediterraneo da Olimpia in Grecia (Huntington, 1910) a Stobi in Jugoslavia (Folk, 1975) e a molte altre città (Vita Finzi, 1969, 1975).

Al deterioramento climatico altomedioevale seguì poi l'*Ottimo climatico medioevale* (750-1150) che ebbe una notevole influenza sulla ripresa delle attività antropiche in vaste parti del mondo. In particolare vi fu una ricolonizzazione della Pianura Padana con l'abbattimento di molti boschi che si erano sviluppati, a seguito dell'abbandono delle terre nell'alto medioevo, sulle aree centuriate dai romani. Si ritornò poi ad una recrudescenza climatica tra il 1150 e il 1300 ed ad un periodo di instabilità, alternanze di periodi secchi e umidi, nel 1300-1550. Tra il 1550 e il 1850 si svolse la Piccola Età Glaciale che ebbe fasi di forte deterioramento climatico con dissesti ambientali di notevole portata in gran parte della Terra. Le punte di massimo degrado si ebbero nel 1590-1630 e 1810-1820. Nel corso di questi due periodi si verificarono forti avanzate delle fronti glaciali alpine note nella letteratura glaciologica rispettivamente con i nomi di *Stadio di Fernau* e *Stadio di Napoleone*. La Piccola Età Glaciale è stata indagata non solo dai naturalisti, ma anche da geografi e storici che dall'esame della documentazione d'archivio hanno rinvenuto correlazioni tra problemi economici e demografici ed eventi climatici. Dalla Norvegia (Grove, 1972), all'Europa centrale (Pfister, 1984), al Piemonte (Sereno, 1981) e alla Romagna (Veggiani, 1982) si ritrovano le risposte degli ambienti fisico e biologico a queste importanti oscillazioni climatiche.

In corrispondenza delle fasi più critiche della Piccola Età Glaciale che produssero alluvioni, impaludamenti, variazioni della linea di costa, interramenti dei porti, danni alle colture agrarie, si ebbe pure una successione di crisi economiche indotte dai mancati raccolti e di conseguenza crisi di sussistenza e alterazione del quadro demografico di vaste regioni. Particolarmente disastroso anche per la Romagna il periodo 1591-1593 (Bolognesi, 1978). Fenomeni analoghi, con dissesti ambientali e crisi nei raccolti sono documentati per le Marche (Vernelli, 1981) e il Bolognese. A Bologna, secondo i cronisti dell'epoca, nel 1590 morirono 10.000 persone in città e più di 30.000 contadini e braccianti nelle campagne attorno (Bignardi, 1980, pp. 153-158). La crisi degli anni 1590 investì tutta l'Europa (Clark, 1985).

Il secondo Seicento fu meno difficile pur non mancando annate di scarsi raccolti, di epidemie e di stagioni incostanti.

I CICLI DI BRÜCKNER

Per i tempi più recenti, in cui si hanno a disposizione serie di registrazioni della temperatura dell'aria, delle precipitazioni e delle pressioni, è possibile riconoscere e seguire le oscillazioni climatiche che hanno continuato a manifestarsi.

I primi rapporti sulle misure della pioggia sono noti per la fine del sec. XVII in Inghilterra. Per l'Olanda, a Delft, è conosciuta una serie ad iniziare dal 1715. Per quanto riguarda le prime misure della temperatura dell'aria mediante strumenti sono quelle effettuate da Galileo Galilei nel 1597. A tale insigne scienziato è dovuta la scoperta del termometro mediante l'uso di fluidi con le prime misure effettuate nel 1611. Nel 1643 fu realizzato il primo barometro per la misura della pressione atmosferica da parte di Evangelista Torricelli; misure sperimentali furono poi eseguite in Francia nel 1648-1649 (Lamb, 1977, pp. 22-23).

L'era delle regolari osservazioni meteorologiche inizia a Firenze (Accademia del Cimento) nel 1654. I termometri fiorentini furono poi distribuiti in Europa per cui a Parigi inizia dal 1658 la prima serie di misure. Nel Settecento cominciano a registrarsi in vaste parti del mondo le più regolari e complete osservazioni meteorologiche. Per Bologna la serie dei dati meteorologici rilevati strumentalmente inizia nel 1716 e costituisce un caposaldo nel quadro europeo a sud delle Alpi (Baiada-Comani-Finzi-Salmelli, 1982; Comani, 1986). A Padova le osservazioni pluviometriche iniziano nel 1723; a Torino e a Milano intorno alla metà del secolo e a Roma e a Palermo verso la fine del sec. XVIII.

Nel 1890, Eduard Brückner, professore di geografia all'Università di Berna, pubblica a Vienna un monumentale lavoro sulle oscillazioni climatiche a partire dal 1700, lavoro che tiene conto delle registrazioni meteorologiche fino allora effettuate in tutte le parti del mondo (Brückner, 1890). Venne così individuato per il periodo 1691-1885 preso in esame un ciclo, poi detto di Brückner (*Brückner cycle*) di cambiamenti climatici con periodicità media, anche se irregolare, di 35 anni ($34,8 \pm 0,7$ anni) quantunque singoli periodi possono variare da 20 a 50 anni.

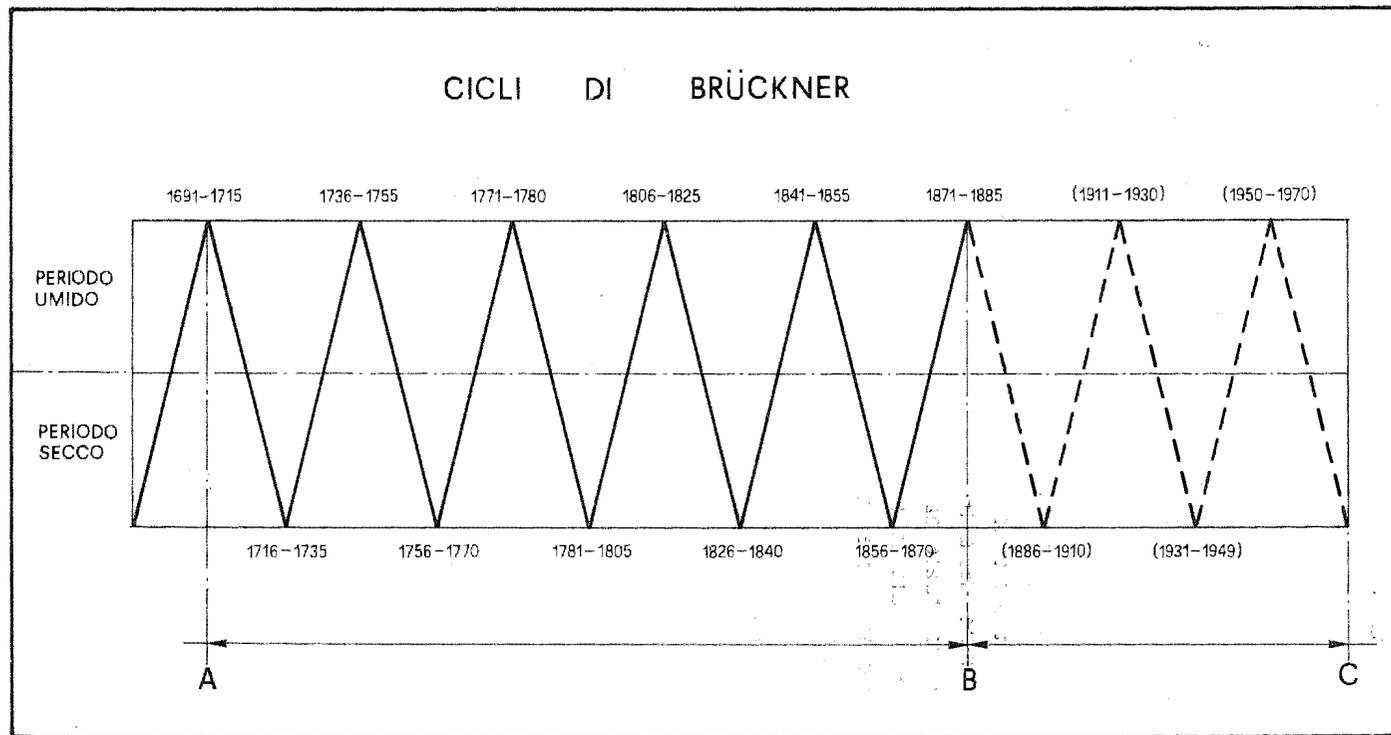


Fig. 1. La successione di periodi umidi e di periodi secchi tra il 1691 e il 1970 (A-B I cicli individuati da Brückner. B-C I cicli in continuazione a quelli di Brückner).

Le deviazioni delle oscillazioni di tale ciclo rispetto al valore medio sono per le temperature inferiori a $\pm 1^\circ \text{C}$ mentre per le precipitazioni non superano il 10 %. Valori maggiori si hanno per zone particolari.

Brückner metteva già in evidenza che le alternanze di periodi freddi e umidi e di periodi caldi e secchi si riflettono sulle oscillazioni frontali dei ghiacciai alpini, sul livello del Mar Caspio e altri mari interni, sulle date di inizio delle vendemmie e altri fenomeni.

Brückner, nel 1890, indicava per l'intervallo esaminato, 1691-1885, i seguenti periodi umidi e freddi, 1691-1715, 1736-1755, 1771-1780, 1806-1825, 1841-1855, 1871-1885, intervallati dai seguenti periodi secchi e caldi, 1716-1735, 1756-1770, 1781-1805, 1826-1840, 1856-1870 (Fig. 1, tratto A-B).

Le conseguenze di tali oscillazioni sono state a volte molto disastrose, specialmente nelle regioni estreme dell'emisfero settentrionale quali i paesi nordici e la fascia tropicale rivolta verso l'equatore. Anche alle medie latitudini le oscillazioni climatiche hanno prodotto effetti sia di natura fisica, sia di natura biologica. L'abbassamento della temperatura media annua dell'entità sopra indicata provoca, per esempio, nelle zone subartiche sensibili conseguenze in campo fitogeografico con ritardi dell'epoca della fioritura delle piante e della maturazione di frutti ed inoltre l'arresto della marcia delle piante meridionali verso nord. Si ha anche l'abbassamento verso sud del limite della coltivazione dei cereali. Inoltre si induce un inverno più lungo e più precoce. Alle medie latitudini, sul continente europeo, l'abbassamento della temperatura media annua si fa sentire principalmente sulla stagione primaverile mentre per la stagione estiva si nota la tendenza ad una maggiore umidità.

L'osservazione delle fluttuazioni delle temperature estive, dal mese di luglio a quello di settembre, rispetto alla media nella Confederazione Elvetica (Fig. 2) dal 1660 al 1977, ricostruite sulla base delle ricerche dendroclimatologiche su piante di pino (Haeberli-Scweingruber, 1981), permette di affermare che vi è stata comunque una certa ciclicità che nelle sue grandi linee corrisponde alla successione di periodi caldi e secchi e periodi freddi e umidi così come individuati da Brückner.

La curva dendroclimatologica di cui si è fatto cenno si basa sull'andamento della densità massima del legno tardivo negli anelli di accrescimento degli alberi (conifere). Si è riusciti ad evidenziare un rapporto tra la curva di densità massima del

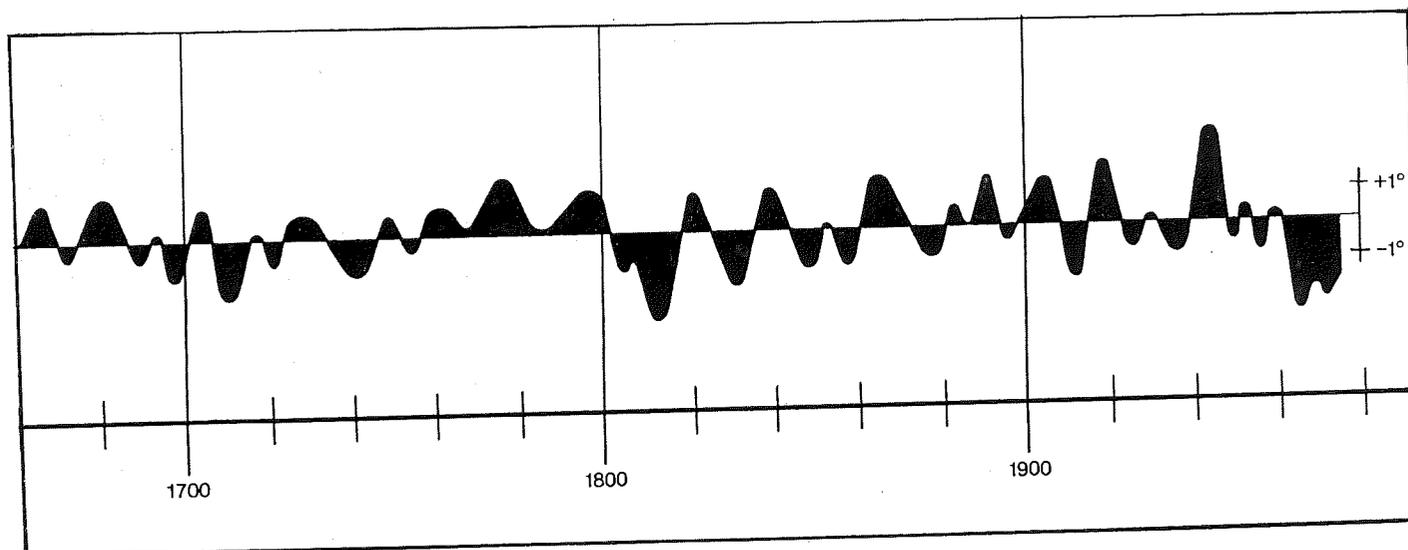


Fig. 2. Fluttuazioni della temperatura estiva, rispetto alla media, nella Confederazione Elvetica dal 1660 al 1977 sulla base di ricerche dendroclimatologiche (da: HAEBERLI - SCHWEINGRUBER, 1981).

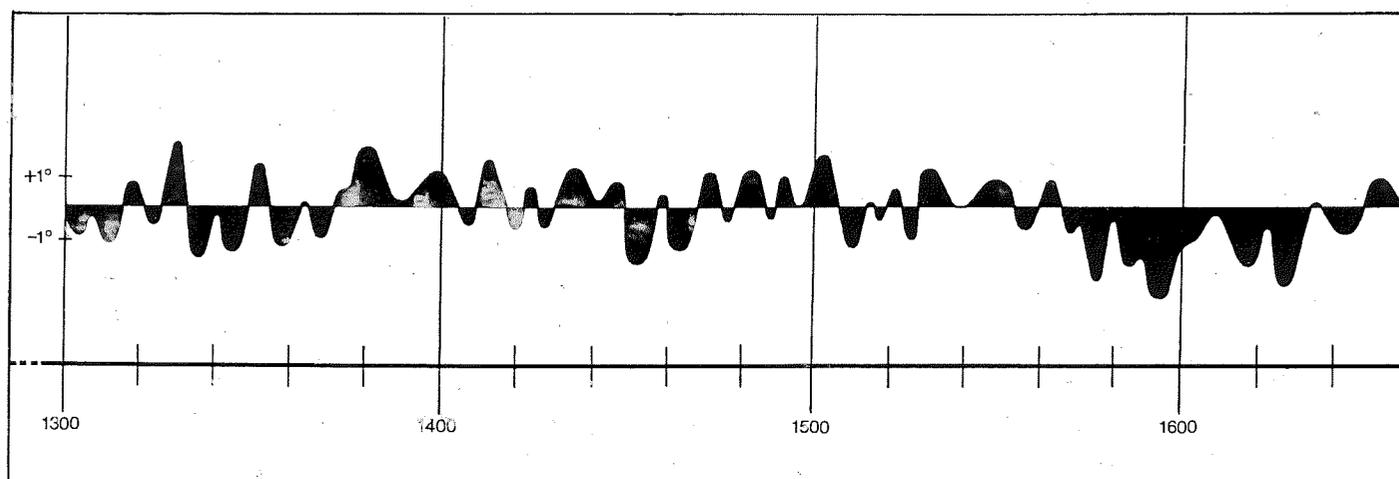


Fig. 3. Fluttuazioni della temperatura estiva, rispetto alla media, nella Confederazione Elvetica dal 1300 al 1660 sulla base di ricerche dendroclimatologiche (da: HAEBERLI - SCHWEINGRUBER, 1981).

legno e la curva della temperatura registrata per un certo periodo dal mese di luglio a quello di settembre. Si è così giunti a ricostruire il clima del passato mettendo in relazione le serie attuali di anelli di accrescimento con quelle dei tempi passati. La struttura caratteristica del legno riflette pertanto le variazioni climatiche.

Se si esamina anche il periodo 1300-1660 per le stesse fluttuazioni climatiche dedotte dagli studi di dendroclimatologia, si può verificare che la ciclicità si mantiene ancora, anche se si nota una successione di fluttuazioni sempre al di sotto della temperatura media tra il 1570 e il 1630 (Fig. 3). È questo il periodo più critico e disastroso della Piccola Età Glaciale che ha avuto ripercussioni in vaste parti della Terra.

Non sono conosciuti i motori che provocano tali fluttuazioni. Si può solo supporre che ad intervalli più lunghi i fenomeni atmosferici vengano esaltati probabilmente per il sovrapporsi di altre ciclicità con periodi ed ampiezze diverse. Molti studiosi credono che le fluttuazioni climatiche siano in connessione con le macchie solari, specialmente da quando nel 1843 Heinrich Swabe dimostrò l'esistenza di un ciclo regolare, specialmente quello undecennale.

La ricerca su tale argomento ha inizi comunque molto antichi. Già nel 1801 l'astronomo William Herschel tentò di quantificare con una cauta correlazione il parallelismo che egli aveva notato tra periodi di insolita e totale assenza di macchie solari e le condizioni meteorologiche dell'Inghilterra.

Effettivamente l'esame del diagramma relativo al numero medio annuo di macchie solari (William, 1986) mostra valori minimi nel sec. XVII, agli inizi e verso la fine del sec. XIX in corrispondenza di periodi freddi e umidi (Fig. 4). Comunque i dati sulle macchie solari antecedenti al 1843 sono progressivamente meno attendibili a mano a mano che si va verso l'inizio della documentazione, generando anche dubbi sulla veridicità del *minimo di Maunder*, un periodo di bassa attività solare che si dice si sia svolto tra il 1645 e il 1715. Secondo stime recenti basate su dati storici diretti e su dati indiretti e vicarianti, comparati e ponderati è che per quei settant'anni il comportamento del sole è stato davvero anomalo (Eddy, 1984).

Altri ricercatori sono interessati a verificare la teoria di Milankovitch che, come si è già detto, si basa sulle oscillazioni della quantità di radiazione solare incidente sulla Terra dovute al variare dell'inclinazione dell'asse e della geometria dell'orbita

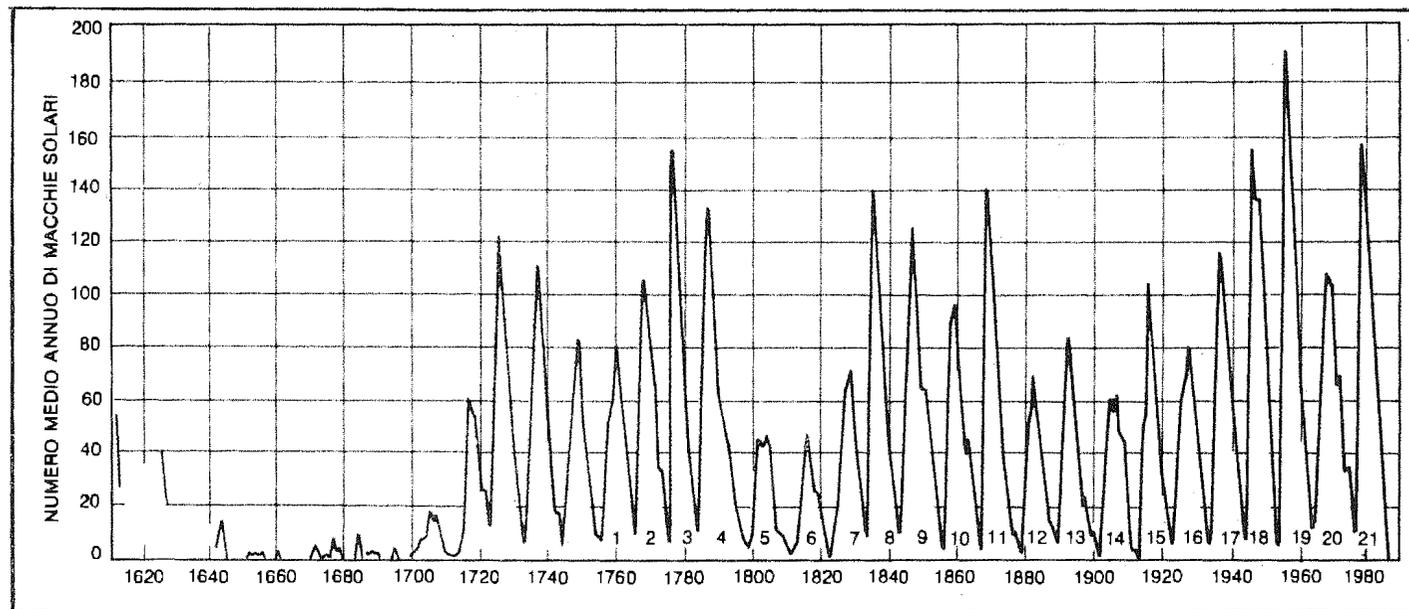


Fig. 4. Numero medio annuo di macchie solari per il periodo 1610-1985 (da: WILLIAMS, 1986).

terrestre attorno al sole e che sarebbero comunque responsabili delle variazioni climatiche a più lungo periodo.

Per quanto riguarda la ciclicità individuata da Brückner nel 1890 si può senz'altro affermare che si è manifestata regolarmente fino ai giorni attuali. Da parte dello scrivente si è tentato di ricostruire i cicli di Brückner tra il 1885 e il 1970 e così sono risultati altri due periodi umidi e freddi, 1911-1930, 1950-1970, intervallati da due periodi secchi e caldi, 1886-1910, 1931-1949 (Fig. 1, tratto B-C), periodi tutti questi ben documentati.

È da segnalare un altro fenomeno legato al manifestarsi dei cicli di Brückner e che investe la sfera delle manifestazioni psichiche, emotive e culturali dell'uomo come opinione pubblica. A tal proposito le reazioni dell'uomo quando si accorge che qualche cosa sta cambiando sono le più disparate. In generale una persona che viva fino a 70 o 80 anni riesce ad assistere a due cicli di Brückner. L'opinione pubblica è più sensibile alle medie latitudini, dov'è concentrata la maggior parte della popolazione, alle oscillazioni in senso umido e freddo perché provocano un certo degrado ambientale, dalle frane, alle alluvioni, agli allagamenti di vasti territori, nevicate abbondanti e freddi intensi. Si manifesta una tendenza alla ricerca dei *colpevoli* di tali cambiamenti. Tali colpevoli sono stati di volta in volta individuati nell'applicazione di nuove scoperte scientifiche, nella sperimentazione di nuove armi quali la bomba atomica, nello sviluppo delle comunicazioni aeree, nel taglio dei boschi, nel prosciugamento delle paludi, nella lavorazione delle terre in montagna, nella introduzione di nuove colture agrarie e in questi ultimi tempi in massima parte negli inquinamenti. Nel corso della descrizione delle varie fasi climatiche, umide e secche, che si passeranno qui di seguito in rassegna, si darà pure qualche particolare in proposito. In alcuni casi l'opinione pubblica trae conforto dalla dichiarazione di studiosi locali che non avendo, specialmente per il passato, informazioni su più vasta scala internazionale, cercavano di trovare la chiave delle variazioni climatiche in certi cambiamenti delle condizioni fisiche del territorio in cui vivevano e che di fatto erano avvenuti ma che tutto al più potevano aver avuto una certa influenza sul microclima e non certamente sulla circolazione globale dell'atmosfera.

Si è creduto di continuare a parlare di cicli di Brückner non solo per un problema di priorità di scoperta ma per la vastità della zona indagata che va oltre i confini europei ed investe

tutto l'emisfero settentrionale ed oltre ancora. I ricercatori e gli studiosi che si sono poi succeduti hanno tentato di ricercare altre ciclicità o di individuare momenti particolari della evoluzione del clima, limitatamente però all'Europa. È il caso del colossale lavoro dello storico del clima tedesco Hans Von Rudloff, nato a Friburgo in Breisgau. Il suo libro sulle fluttuazioni e oscillazioni del clima dell'Europa (Von Rudloff, 1967) a partire dall'inizio delle osservazioni strumentali dal 1670 al 1965, mette in risalto il miglioramento del clima che si è avuto dopo la Piccola Età Glaciale. Secondo gli studi di Rudloff, gli inverni più miti, caratteristici del lungo miglioramento climatico del secolo XX, cominciano nel 1897, un anno nel quale sia la circolazione zonale, sia l'afflusso di aria oceanica all'interno dell'Europa occidentale, iniziano ad aumentare considerevolmente. Poi attraverso varie oscillazioni si ha una serie di estati calde nel periodo 1930-1940. L'optimum estivo del secolo XX culmina, secondo il modello di Rudloff, che prende come riferimento medio della piovosità e della temperatura il periodo 1850-1950, nel 1947 quando una ramificazione anticiclonica, un lontano tentacolo dell'anticiclone delle Azzorre, staziona stabilmente sulla Scandinavia diffondendo calore nell'area inferiore. Dopo il 1952 l'espansione del clima mediterraneo verso nord cessa e la stagione più calda dell'anno comincia a farsi più fredda e più nuvolosa (Flohn-Fantechi, 1984, pp. 65-117; Le Roy Ladurie, 1982, pp. 97-107).

L'analisi climatologica di Von Rudloff enuclea gli stessi orientamenti che si troveranno poi nel lavoro di Hubert Lamb. Infatti questo ultimo autore fa pure rilevare la fine del riscaldamento invernale in Europa agli inizi del 1950, quando l'Europa centrale stessa si è trovata sempre più spesso sotto l'influenza di masse di aria fredda, artica o marittimo-polare affluita in seguito al formarsi di basse pressioni sopra il Mediterraneo (Lamb, 1977, pp. 474-549).

In questi ultimi decenni in cui le oscillazioni del clima hanno fatto sentire i loro guai in un mondo ora molto più aperto alle comunicazioni, si è ritornati a parlare delle cause di simili fenomeni. I discorsi più comuni sono caduti principalmente sulle possibili cause antropiche, specialmente oggi che si ritorna a mettere in dubbio il dominio dell'uomo sulla Terra. Il vecchio discorso sulle cause antropiche dei cambiamenti climatici viene ripreso ora con più vigore anche per l'exasperarsi dei problemi socio-economici e politici tra nazioni ricche e nazioni povere e

che si riflettono in tre gruppi di pensiero: i *pessimisti malthusiani*, gli *idealisti sociali* e gli *ottimisti tecnologici* (Roberts, 1981, pp. 165-186).

I primi, i *pessimisti malthusiani*, vedono le popolazioni affamate del mondo come vittime dell'eccesso della popolazione e credono altresì che la popolazione mondiale stia correndo verso l'esaurimento dei sistemi naturali del pianeta. Tali pensatori invocano anche misure forti e coercitive per costringere i paesi con un alto tasso di crescita della popolazione a praticare il controllo delle nascite. Gli *idealisti sociali* ritengono invece che il problema non derivi dalla troppa popolazione, né dalla scarsità degli aiuti. Essi credono che l'esistenza di popolazioni affamate derivi dai sistemi sociali, politici ed economici che sono poco efficienti e propongono molti e diversi metodi per mettere le cose a posto. Gli *ottimisti tecnologici* credono invece che la scienza e la tecnologia possano essere sfruttate per produrre alimenti sufficienti a molte più persone di quanto ne esistano fino ad ora sulla Terra.

Tutti questi gruppi di pensiero hanno una grande influenza sulla opinione pubblica che si trova ora a dover scegliere tra gli uni e gli altri.

Le cause antropiche ora più di moda indicate per spiegare le oscillazioni climatiche che si sono verificate in questo secolo sono quelle concernenti l'alterazione della trasparenza dell'atmosfera dovuta sia all'immissione di forti quantitativi di anidride carbonica prodotta dal consumo di carbone e di idrocarburi naturali, sia alla diffusione delle polveri provenienti dalla lavorazione delle terre aride.

Il primo fenomeno va sotto il nome di *effetto serra*. Infatti l'anidride carbonica è quasi completamente trasparente alla radiazione solare mentre è parzialmente opaca al calore che viene irradiato indietro verso lo spazio dalla Terra (Revelle, 1985). In tal modo l'anidride carbonica agisce come una trappola per il calore e permette alla temperatura vicino alla superficie del suolo di raggiungere valori superiori a quelli che avrebbe raggiunto se non ci fosse stata anidride carbonica nell'aria. L'anidride carbonica però non è solo prodotta dall'uomo. Il suo aumentare o il suo diminuire sulla Terra è dovuto a ben altri e più importanti fenomeni naturali. Basti pensare al processo di crescita degli alberi e alla fotosintesi in genere. Vi è un continuo fluire e rifluire di anidride carbonica tra l'atmosfera e le creature viventi creando quel processo che determina il bilancio fi-

nale dell'anidride carbonica stessa nell'aria e di conseguenza l'efficacia dell'effetto serra (Bolin, 1983; Calder, 1977, pp. 86-90; Roberts-Lansford, 1981, pp. 67-71).

Quando poi agli inizi degli anni 1950 il riscaldamento sulla Terra cessò ed iniziò un periodo più fresco ed umido, si invocò allora un altro perturbamento antropico per spiegare tale inversione climatica. La colpa fu data alle polveri prodotte dall'uomo con la lavorazione delle terre aride iniziata dopo la fine della seconda guerra mondiale. Le polveri che fanno ugualmente variare la trasparenza dell'atmosfera disperderebbero una maggiore quantità di luce solare in arrivo sulla Terra inducendo così un raffreddamento. Il fenomeno fu indicato da Reid Bryson della Winsconsin University con il nome di *vulcano umano*, detto poi *effetto Bryson*. Fu sostenuto che le attività umane sono in grado di immettere polvere in atmosfera in quantità anche maggiore delle eruzioni vulcaniche ritenute da alcuni studiosi responsabili della tendenza al raffreddamento della Terra nel passato. Ma anche per l'effetto delle polveri vulcaniche sul clima si tratta pur sempre di fenomeni di limitata estensione sia spaziale, sia temporale (Rocco-Visconti, 1985) i cui effetti sembrano rientrare nelle normali variabilità climatiche. Comunque da più parti si continua a dire che l'aumento della coltivazione delle terre semiaride, con una agricoltura che taglia e brucia, nelle quali le aree di giungla tropicale vengono distrutte periodicamente per renderle coltivabili, contribuisce all'immissione in atmosfera di polveri che porterebbero, intercettando parte della radiazione solare, al raffreddamento della Terra.

Sul cambiamento del clima in questo ultimo decennio si è invocata anche una alterazione avvenuta nella fascia dell'ozono nell'atmosfera sopra il continente Antartide (*buco dell'ozono*). L'ozono che è il risultato della dissociazione dell'ossigeno molecolare e della sua ricombinazione con l'ossigeno atomico, viene prodotto nell'alta atmosfera. Scendendo poi ciclicamente sulla Terra viene parzialmente distrutto (Newell, 1985).

Anche per questo fenomeno a livello dell'alta atmosfera si è subito voluto *criminalizzare* l'attività antropica. E così è circolata la spiegazione che tutto dipendeva dall'aumento dei composti di cloro in atmosfera originati dalla fotodissociazione dei clorocarburi o freon usati in particolare come propellenti per le bombolette *spray*. Ma anche tale spiegazione che aveva allarmato autorità politiche e sanitarie internazionali si è già rivelata inconsistente.

Si passerà ora alla descrizione delle oscillazioni cicliche individuate da Brückner.

1 - PERIODO UMIDO E FREDDO: 1691-1715

Il primo intervallo di un ciclo indicato da Brückner corrisponde al passaggio tra il XVII e il XVIII secolo. In tale periodo ricade il decennio 1689-1698 pessimo per le date di inizio delle vendemmie. Si ebbero inverni eccezionalmente rigidi. Il lago di Costanza veniva attraversato in carrozza. L'Islanda era quasi completamente circondata dai ghiacci. Il grano non riusciva a maturare ma marciva per la pioggia o per il gelo. Si ebbe così come conseguenza la terribile penuria di raccolti degli anni 1693-1694 in Europa occidentale e la carestia del 1697 nel Nord che causò la morte di un terzo della popolazione finlandese (Le Roy Ladurie, 1982, pp. 98-99).

Nello stesso periodo 1691-1715 ricade la terribile invernata del 1708-1709 che distrusse i raccolti e produsse carestie in tutta l'Europa. Sono stati scoperti e pubblicati numerosissimi documenti sull'inverno del 1709 e sulla conseguente carestia. Nella sola Parigi decine di migliaia di individui morirono o emigrarono o non nacquero per aborti, come conseguenza diretta o indiretta del grande freddo e della carestia (Le Roy Ladurie, 1982, pp. 99). Di recente è stato pubblicato un importante resoconto su tale invernata per l'Emilia e la Romagna (Salmelli, 1986). Nel mese di gennaio 1709 gelarono molti grandi fiumi, tra cui il Po ed inoltre gelò la Laguna di Venezia. Una concentrazione di disastri ambientali con valanghe, frane, alluvioni e danni prodotti dai ghiacciai si ebbero nella Norvegia occidentale negli anni 1687, 1693 e 1702 (Grove, 1972). Fenomeni simili si verificarono anche sulle Alpi italiane in particolare nel settembre 1717 (Porter-Orombelli, 1981). Una alluvione colossale si verificò nella Pianura Padana nel 1705 (Salmelli, 1986).

2 - PERIODO SECCO E CALDO: 1716-1735

Lo svolgersi di una fase climatica calda e secca è documentata in varie parti d'Europa ed anche in Italia. I paesi del Nord furono particolarmente favoriti per l'instaurarsi di un periodo caldo. Primavera, estati ed autunni diventarono sensibilmente

più caldi con una culminazione negli anni del 1730. Gli inverni eccezionalmente miti tra il 1721 e il 1735 ebbero in Svezia una influenza benefica sulla semina dei cereali, la pastorizia, l'occupazione e la salute. Vi fu un grande progresso economico nei decenni 1720-1729 e 1730-1739 (Utterström, 1955). Gli anni del 1730 furono particolarmente caldi in Inghilterra come risulta dai rilievi di temperatura che hanno permesso di ricostruire la serie di Central England da parte di G. Manley (Lamb, 1977, pp. 474-486). In tutta la primavera e l'estate del 1729 non si verificarono burrasche di mare nell'alto Adriatico e di conseguenza si ebbe una enorme fioritura algale (Bianchi, 1746, p. 256).

3 - PERIODO UMIDO E FREDDO: 1736-1755

Il terribile inverno del 1739-1740 segnò di nuovo il ritorno ad un periodo umido. Il fenomeno è stato registrato anche dalla serie di misure ricostruite per Bologna (Comani, 1986). Nella serie delle precipitazioni di Bologna si trova un picco principale per le precipitazioni per l'anno 1740 in cui caddero mm 1.197 di acqua, molto al disopra della media delle precipitazioni intorno ai mm 800 per il periodo 1723-1765. Sempre a Bologna la curva delle precipitazioni invernali dopo il 1740 mostra un lieve cambiamento di comportamento: prima del 1740 le precipitazioni sono prevalentemente poco intense, dopo il 1740 mostrano la tendenza a mantenersi forti e di breve durata. Questo regime sembra essere abbandonato verso la fine degli anni 1750 (Comani, 1986, pp. 285-289). Ma fu soprattutto il lungo inverno del 1739-1740 che caratterizzò tale periodo di Brückner. Tutta l'Europa dalla Spagna al Portogallo, all'Inghilterra e all'Ucraina fu chiusa da una morsa di ghiaccio. Gelò il porto francese di Dieppe, gelò pure il porto di Riga che si liberò dai ghiacci solo il 25 aprile 1740. In Inghilterra il terreno rimase ghiacciato fino al mese di giugno (Flohn-Fantechi, 1984, p. 551).

4 - PERIODO SECCO E CALDO: 1756-1770

Dopo il 1750 le stagioni mostrano una maggiore varietà. In Francia la conferma di un raddolcimento del clima proviene dall'esame delle date di inizio delle vendemmie. Anni particolarmente caldi e asciutti si hanno nel periodo 1757-1763 quando

le primavere e le estati calde provocano vendemmie precoci (Le Roy Ladurie, 1982, pp. 58, 62).

La curva delle temperature medie annuali ricostruita per Bologna per il periodo 1716-1774 mostra un valore estremo massimo nel 1766 con 15,4° C e uno nel 1772 con 15,3° C (Comani, 1986, p. 293).

In Romagna, il territorio ravennate fu colpito da epidemie e malattie nel 1762-1764 (Fantuzzi, 1804) ed ancora carestie e malattie nel periodo 1764-1768.

Nelle Marche spicca per la sua eccezionale ampiezza e intensità la carestia del 1763-1764 in concomitanza della quale si sviluppò pure una epidemia di tifo petecchiale (Paci, 1986). Dall'esame dei dati sulle precipitazioni totali annue a Bologna si notano valori molto bassi per gli anni 1760 e 1763. Il 1764 risulta un anno molto piovoso con mm 1.160 di pioggia (Comani, 1986, pp. 285-286). Nel Bolognese è un anno molto critico il 1766 che si inserisce nel quadro delle carestie europee ed italiane di quegli anni (Finzi, 1986, p. 364). La causa di questi disagi può trovarsi nell'incostanza delle stagioni con alternanze di annate siccitose e di annate piovose. È noto che per un buon esito dei raccolti, in modo particolare del grano, è importante una regolare distribuzione delle piogge specialmente nel periodo primaverile.

5 - PERIODO UMIDO E FREDDO: 1771-1780

In Francia si hanno primavere ed estati fredde nel 1765-1777 e condizioni analoghe si trovano in Inghilterra. In Germania in quegli anni le primavere furono fredde specialmente tra il 1763 e il 1772 e molto fredde tra il 1767 e il 1776. Ciò viene attribuito soprattutto a una situazione di basse pressioni atmosferiche. Durante questi dieci anni il barometro scese e le pressioni furono inferiori al normale in Francia e soprattutto in Olanda e nella Norvegia settentrionale. Questa mancanza di caldo e di sole determinò una ablazione molto ridotta dei ghiacciai alpini i quali subirono una avanzata notevole che culminò negli anni 1777-1778 (Le Roy Ladurie, 1984, p. 62) (Figg. 5-6, stadio « 0 »).

Un decennio di estati fredde, spesso umide e nebbiose, domina comunque in Europa. Nel peggiore di quegli anni alcuni contadini affamati della Bretagna mietono l'avena ancora verde.

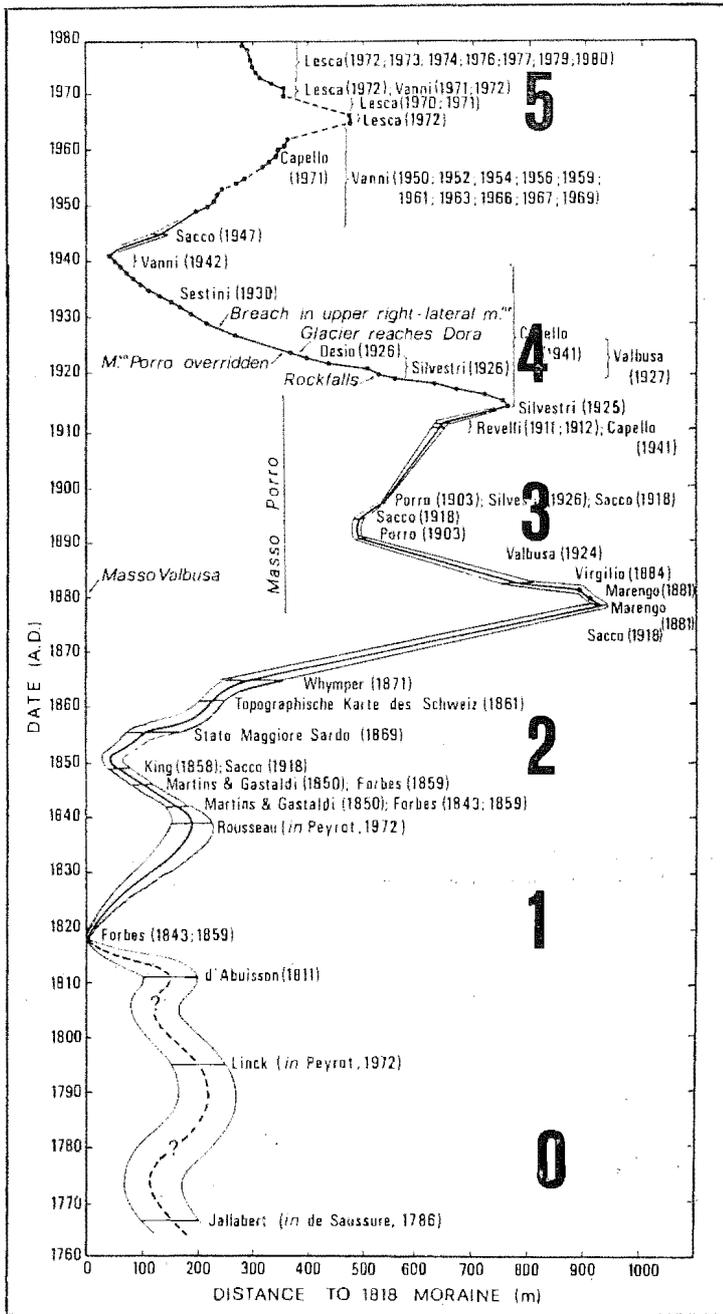


Fig. 5. Fluttuazioni del ghiacciaio della Brenva - Monte Bianco dal 1760 al 1910 (da: OROMBELLI - PORTER, 1982).

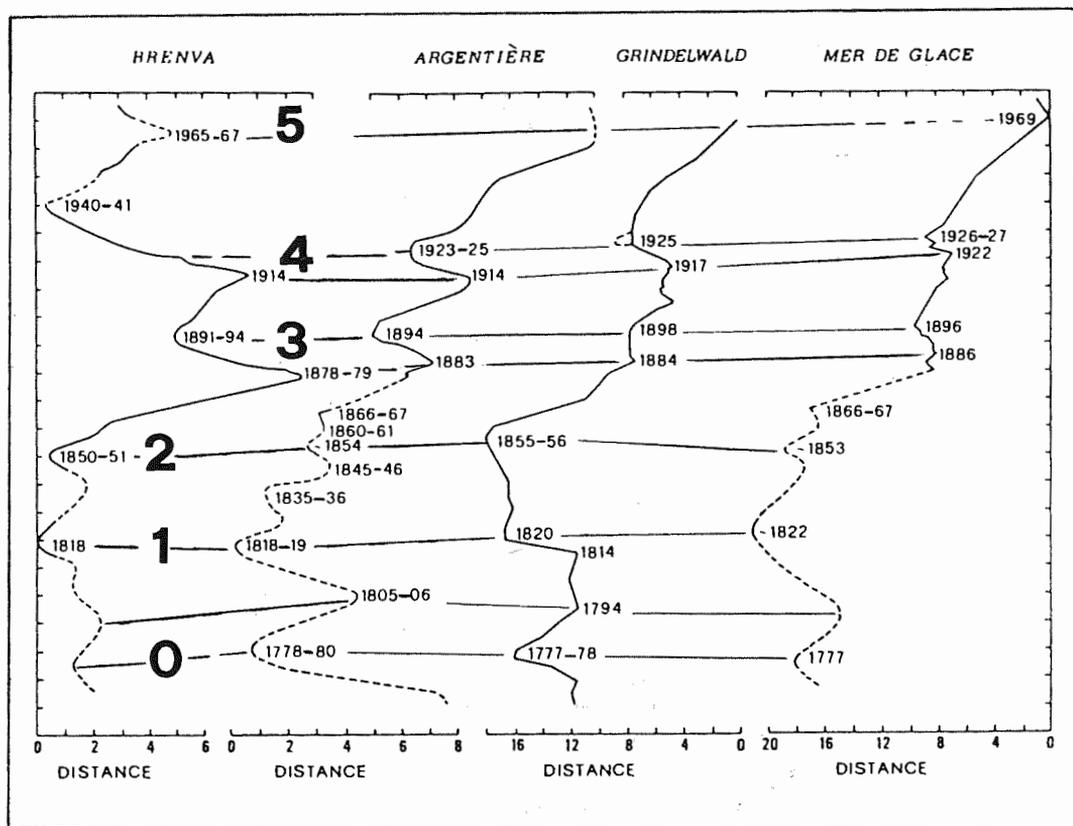


Fig. 6. Fluttuazioni delle fronti dei ghiacciai alpini Brenva, Argentière, Grindelwald, Mer de Glace tra il 1760 e il 1790. Le distanze sono espresse in ettometri (da: OROMBELLI-PORTER, 1982).

La scarsità di cibo provocata da quelle serie di estati cattive sarà una delle cause che faranno fallire la politica del grano dell'economista francese Turgot e provocheranno la *guerra della farina* del 1775 quando insorgeranno i poveri dei dintorni di Parigi (Le Roy Ladurie, 1964, p. 102). Il raffreddamento della seconda metà del sec. XVIII unito ad altri fattori che favoriscono la neve in alta montagna, permette ai ghiacciai alpini di conservare quelle maestose dimensioni che oggi si ammirano nelle incisioni degli artisti tra il 1770 e il 1780.

Significativi i dati sulle vendemmie nella Valtellina (Pellegrini, 1973). Dove si dispone di una serie organica, come nel comune di Tirano, si nota un deterioramento della stagione vegetativa tra il 1765 e il 1782 con inizio delle vendemmie dopo il 15 ottobre, tranne che per l'anno 1782.

6 - PERIODO SECCO E CALDO: 1781-1805

Non sempre è possibile trarre informazioni sul clima dal solo esame dei dati fenologici, cioè delle date in cui i frutti maturano. Per il periodo in esame vi sono dati contrastanti tra le vendemmie e la produzione dei cereali. In Francia, nel 1788, un anno con una buona estate, vi furono vendemmie precoci e raccolti di grano cattivi. Il grano si disseccò preparando così la strada ad una grave crisi alimentare e sommosse quando nel 1789 venne il periodo di saldatura tra i raccolti (Le Roy Ladurie, 1984, pp. 77-78). Si diceva allora che nel 1788 non c'era stato inverno ed il caldo eccessivo che continuò poi a manifestarsi disseccò i chicchi di grano.

I cronisti di Cesena danno notizia di una grande siccità per i primi mesi del 1794. Al contrario si ebbero freddi intensi negli anni 1789 e 1799 con gelate dei fiumi tra cui il Po, prodromi di una nuova fase fredda. I ghiacciai alpini subirono un generale ritiro nelle loro fronti dopo la notevole avanzata che era culminata tra il 1777 e il 1780 (Figg. 5-6, stadio « 0 »).

7 - PERIODO UMIDO E FREDDO: 1806-1825

Si tratta di uno dei periodi più freddi dopo quelli del sec. XVI-XVII della Piccola Età Glaciale. Le temperature estive nella Svizzera subirono un notevole scarto negativo rispetto alla media come documentato anche dalle ricerche dendroclimatologiche (Fig. 2).

Il culmine del deterioramento climatico si ebbe nell'anno 1816, detto anche « anno senza estate » (Stommel-Stommel, 1979). Durante l'estate del 1816 il gelo distrusse numerosi raccolti in Europa, Canada e in parte negli Stati Uniti d'America. La fame provocò numerosi morti in molti territori. L'anno 1816 fu un anno di fame anche per le popolazioni della Romagna. Nelle campagne della bassa Romagna nel 1815-1816 il grano fu distrutto da un insetto allora classificato come *Musca pomilionis* L. detto anche *mosca nana* (Farini, 1816).

Frane e dissesti idrogeologici in genere si verificarono in tutta Italia. Nelle Alpi, nella valle d'Ampezzo, franò nel 1814 il Monte Antelao provocando 314 morti (Castiglioni, 1984). Nella valle del Savio in Romagna una grande frana ostruì il 21 marzo 1812 il corso del fiume formando il Lago di Quarto.

Le fronti dei ghiacciai alpini avanzarono tra il 1800 e il 1825 raggiungendo i loro valori massimi tra il 1818 e il 1822 e tale stadio glaciale fu detto « stadio di Napoleone » (nelle Figg. 5-6, stadio « 1 ») (Venzo, 1971).

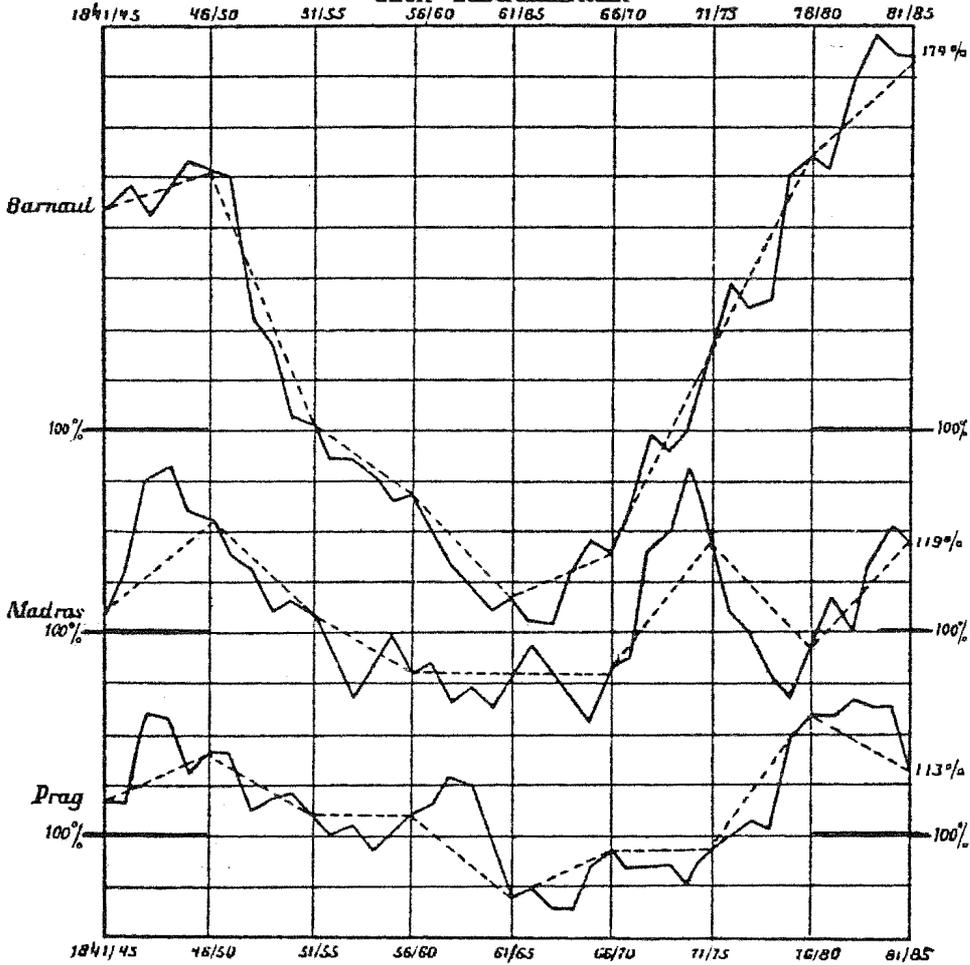
A livello di opinione pubblica si disse che l'eccezionalità dei freddi del 1816 aveva come causa l'introduzione dei parafulmini inventati da Beniamino Franklin nel sec. XVIII. Si riteneva che una notevole quantità di calore, che normalmente veniva dall'interno della Terra per un riscaldamento elettrico resistivo, era stato bloccato dai parafulmini ormai diffusi in vaste parti del mondo. Successivamente fu incolpata l'eruzione del vulcano Tambora nell'isola di Sumbawa in Indonesia. Tale eruzione, avvenuta nel 1815, aveva prodotto tanta polvere tale da creare un notevole raffreddamento nell'anno successivo a livello mondiale. L'idea della polvere vulcanica come responsabile dei raffreddamenti del clima o di inverni eccezionali era già sorta in Franklin che tentò così di spiegare l'invernata eccezionalmente fredda del 1783-1784 (Stommel-Stommel, 1979). È da escludere che il freddo del 1816 trovi la sua causa nella polvere del Tambora perché è dimostrabile che il raffreddamento climatico aveva già cominciato a presentarsi un decennio prima (Landsberg, 1984, p. 78).

8 - PERIODO SECCO E CALDO: 1826-1840

Un nuovo generale riscaldamento del clima è comprovato dal ritiro dei ghiacciai alpini (Figg. 5-6).

Un evidente intiepidimento si ebbe dal 1820 al 1830 (Flohn-Fantechi, 1984, p. 66). Nella stessa serie dei valori medi annui della temperatura di Bologna si hanno scostamenti positivi rispetto al valore medio delle temperature del periodo 1814-1880 nell'intervallo 1820-1830 (Capra, 1939). Per quanto riguarda comunque la serie di Bologna è stato fatto rilevare che nel 1814-1880 l'andamento della curva delle temperature manifesta un periodo di variazione circa ventennale e più. La reale esistenza di tali oscillazioni è confermata dal fatto che esse figurano chiarissime nella curva del semestre invernale, e sebbene meno accentuate, pure nettamente individuabili anche nella curva del semestre estivo (Capra, 1939, p. 18). Il periodo trentacinquennale di Brückner qui non appare, ma è noto che tale

Säkulare Schwankungen des Regenfalles nach Fünfjahrsmitteln und nach Lustrenmitteln



7. Scarti percentuali delle precipitazioni medie quinquennali rispetto alla media (100%) per il periodo 1841-45 e 1881-85 per le stazioni di Barnaul, Madras e Praga (da: BRÜCKNER, 1890).

periodo fu dedotto dai risultati di una intera regione e non da quelli di un'unica stazione.

9 - PERIODO UMIDO E FREDDO: 1841-1855

Una nuova avanzata dei ghiacciai alpini ha la sua culminazione tra il 1850 e il 1856 (Figg. 5-6, stadio « 2 »; tale stadio è stato indicato dallo scrivente come « stadio di Mazzini »: Veggiani, 1985, pp. 52, 60).

Nella serie di Bologna gli scarti della temperatura media annua rispetto al valore medio calcolato per il periodo 1814-1880, si mantengono negativi per l'intervallo 1850-1860 (Capra, 1939, p. 19).

Durante tale periodo umido e freddo, come per altri analoghi, si è verificato un aumento delle precipitazioni rispetto alla media annua. Brückner mise a confronto, per quanto riguarda la piovosità, tre stazioni dell'emisfero settentrionale: Praga per l'Europa continentale, Barnaul in Siberia per le zone più continentali del mondo e Madras nell'India orientale per le zone tropicali (Fig. 7). Si può così rilevare che gli scarti percentuali delle precipitazioni medie quinquennali mostrano valori sempre positivi rispetto alla media tra il 1841-1845 e 1851-1855 (Brückner, 1890, pp. 141-142).

Merita infine ricordare, sempre nello spirito di far rilevare le controverse ed emotive interpretazioni che vengono date ogni volta che il clima cambia, come a Bologna in quegli anni si discusse sulle motivazioni di quel fenomeno. Si cercò di trovare le cause in fatti locali di origine antropica quali il taglio di boschi e di selve, il prosciugamento delle paludi e l'introduzione di nuove colture agrarie (Predieri, 1859). È pure curioso ed interessante riportare anche la parte terminale dello studio del Predieri, per altro di grande interesse per la storia del clima a Bologna: « Signori! Ora che avete inteso i risultamenti delle mie ricerche storiche, e quelli delle osservazioni meteorologiche sul clima bolognese; ora che avete compreso dalla mia relazione come realmente abbia questa nostra provincia e fors'anche le vicine ad essa, sofferta notevole variazione climatica, di guisa tale che dalla temperatura mite propria un tempo dell'Italia centrale, si trova oggidì eguagliata alle provincie poste ai piedi dell'Alpi, mi sorgerebbe il pensiero di conoscere quali effetti saranno a noi per derivarne, quali vantaggi o danni, quali muta-

menti morali, sanitari ed economici saremmo noi per risentirne in appresso? ».

10 - PERIODO SECCO E CALDO: 1856-1870

Dopo un lungo decennio di primavere ed estati fredde che provocarono anche crisi alimentari, conclusesi verso il 1855, la situazione comincia a rischiararsi dopo il 1856 e si hanno le prime avvisaglie del grande aumento di temperatura che seguirà. Per l'Europa occidentale, gli anni migliori per l'estate sono quelli del decennio 1856-1866, per l'autunno il decennio 1857-1867 e per l'inverno il periodo 1858-1867 e infine per la primavera gli anni 1862-1874. Tale gruppo di stagioni calde e asciutte, con inverni scarsamente nevosi, raggiunse il culmine negli anni 1858-1865, anni estremamente favorevoli e prosperi per l'agricoltura (Le Roy Ladurie, 1984, p. 103). Date queste ottime condizioni meteorologiche, i ghiacciai alpini subiscono un generale regresso.

Un incremento della temperatura media, che appare ben chiaro nella serie di Bologna per gli anni 1860-1870 (Capra, 1939, p. 19), porta benefici anche nella regione romagnola. Il 1859 è un anno senza neve. Nel loro insieme le precipitazioni subiscono un flesso negativo rispetto alla media. Tale situazione risulta molto bene anche per le stazioni dell'emisfero settentrionale prese a simbolo già dal Brückner (Fig. 7). La massima depressione per le precipitazioni si ha in corrispondenza del quinquennio 1861-1865.

11 - PERIODO UMIDO E FREDDO: 1871-1885

Con l'instaurarsi delle condizioni di ottimo climatico nel periodo precedente sembrava ormai fosse la fine delle oscillazioni legate alla Piccola Età Glaciale. Invece le condizioni climatiche ritornarono ancora al peggio. Una nuova offensiva del freddo si manifestò in modo accentuato specialmente nel decennio 1880-1890. Si pensò ancora una volta che la responsabilità di tale cambiamento fosse da ricercarsi nelle polveri emesse dai vulcani. Nell'agosto del 1883 si verificò infatti l'esplosione del vulcano Krakatoa, situato nello stretto della Sonda tra Giava e Sumatra in Indonesia, esplosione che scaricò nell'atmosfera circa diciotto

chilometri cubi di polveri. Il pulviscolo dell'eruzione vagò per mesi nelle zone più alte dell'atmosfera dando luogo a bizzarri fenomeni di luci crepuscolari che furono osservate anche in Europa. Anche per tale evento si dimostrò che il raffreddamento era iniziato tra i quinquenni 1871-1875 e 1876-1880 per le stazioni già indicate da Brückner (Fig. 7).

Nelle Alpi avanzarono di nuovo i ghiacciai che per i noti fenomeni di ritardo nella risposta dall'avvenuto cambiamento climatico, raggiunsero la loro massima estensione tra il 1891 e il 1898 (Figg. 5-6, « stadio 3 »; tale stadio glaciale è stato indicato dallo scrivente con il termine di « stadio di Crispi »: Veggianni, 1985, p. 60).

Le curve pluviometriche di alcune stazioni romagnole, quali Cesena, Forlì, S. Agata Feltria, denunciano annate particolarmente piovose negli anni 1880 e agli inizi del 1890 (Buli, 1952). Nella serie di Bologna si hanno cadute dei valori medi delle temperature tra il 1872 e il 1895 (Capra, 1939, p. 19).

Per la Romagna è da segnalare l'inverno rigidissimo del 1879-1880 che provocò una grande moria tra i pini delle pinete di Ravenna tanto che si disse che quelle foreste erano ormai da considerarsi irrimediabilmente perdute (Buli, 1949, p. 12).

Una disastrosa inondazione del Po si verificò nel 1872 (Cati, 1980, pp. 135-157).

Gli effetti del raffreddamento che caratterizzò tale periodo si ritrovano in vaste parti dell'emisfero settentrionale. L'avanzata dei ghiacciai tra il 1880 e il 1890 è stata documentata anche nello Spitsberg nell'estrema parte del Circolo Polare Artico. Tale fase è stata considerata molto importante anche in Groenlandia in Scandinavia e in Alaska (André, 1985).

12 - PERIODO SECCO E CALDO: 1886-1910

Verso la fine del sec. XIX, a partire dal 1889 per le estati, dal 1890 per gli autunni e soprattutto dal 1897 per gli inverni, riprende corpo di nuovo il riscaldamento (Le Roy Ladurie, 1984, p. 103). La risposta dei ghiacciai non tarda a sopraggiungere. Inizia così un nuovo periodo di regresso delle fronti glaciali nelle Alpi con un massimo tra il 1910 e il 1917 (Figg. 5-6). Tale fenomeno è evidente in un gran numero di ghiacciai svizzeri (Fig. 8) dove, dopo la massima crescita del 1890, si ha un regresso che culmina intorno al 1905 (Aellen, 1985).

Il riscaldamento generale del clima che interessa tutto l'emisfero settentrionale (Fig. 9) negli anni 1890-1905 è messo in evidenza da molte stazioni meteorologiche (Ingram-Farmer-Wigley, 1981, pp. 11-12; Lamb, 1981).

Tale ciclo di Brückner è rilevabile nel diagramma delle portate massime annuali del fiume Sénégal alla stazione idrometrica di Bakel (Fig. 14) che si trova nell'ambito del dominio saheliano (Michel, 1985). Si nota chiaramente la diminuzione delle portate dal 1903, anno di inizio registrazione, al 1913, e ciò come conseguenza della diminuzione delle precipitazioni in tutta quella zona. Gli anni di crisi del Sahel, che si ripeteranno poi negli anni 1940-44, 1968-1973, si ebbero con i valori minimi nel 1911-1915. Nell'Africa occidentale, zona del Togo, è documentato un periodo secco nel 1880-1890. Comunque tale zona, nella seconda metà del sec. XIX, è stata interessata prevalentemente da un clima umido. E ciò è dovuto al fatto che in tale lungo periodo vengono a cadere due pulsazioni umide (1841-1855; 1871-1885) così come indicate da Brückner. Tale circostanza permise ai coloni tedeschi che allora occupavano quelle zone di introdurre nel Togo e nel Gana la coltivazione del caffè e del cacao (Rossi, 1984).

13 - PERIODO UMIDO E FREDDO: 1911-1930

Tale raffreddamento è documentato in tutta la cerchia alpina dove i ghiacciai subiscono una avanzata che culmina negli anni 1923-1925 (Figg. 6-7). Nelle Alpi svizzere, dove le osservazioni glaciologiche sono state fatte sistematicamente su un gran numero di ghiacciai, si nota un periodo di crescita verso il 1920 (Fig. 8) (Aellen, 1985).

Una stabilizzazione o una diminuzione della temperatura media annua nell'emisfero settentrionale, dopo gli aumenti degli anni 1880 e 1890, è evidente anche nella curva standard dell'emisfero settentrionale (Fig. 9). Tale periodo umido è pure riconoscibile nel Sahel (Fig. 14).

Per il ghiacciaio della Brenva (Fig. 5) in particolare, l'avanzata della fronte iniziò dopo il 1914. Nel novembre del 1920 ingenti frane di crollo staccatesi dal M. Bianco ricoprirono l'area di ablazione di massi e di detriti granitici (Orombelli, Porter, 1982). Tale copertura detritica sopragliaciale inibì poi l'ablazione facendo così avanzare la fronte del ghiacciaio anche in periodi

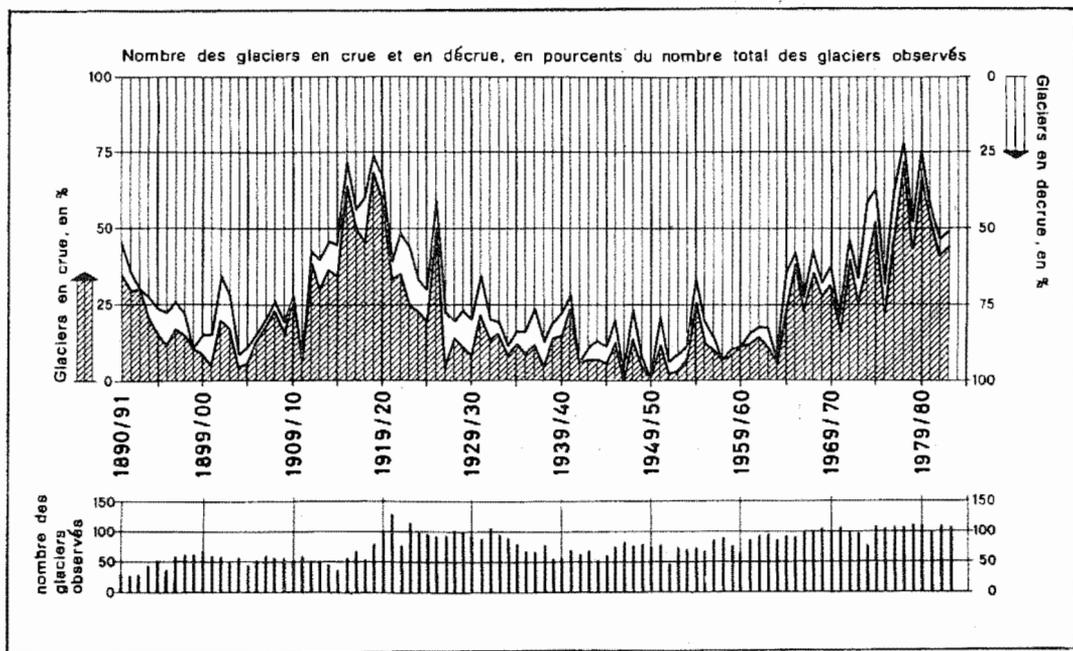


Fig. 8. Variazioni delle posizioni delle fronti dei ghiacciai nelle Alpi svizzere tra il 1890-1891 e il 1982-1983 (da: ALLEN, 1985).

in cui tutti gli altri ghiacciai, per lo svolgersi poi di un periodo caldo e secco, erano in regresso (Fig. 6).

14 - PERIODO SECCO E CALDO: 1931-1949

È questo il periodo di riscaldamento generale più documentato, specialmente in Europa. Il caldo estivo raggiunse punte massime in Groenlandia nel 1927-1937, in Lapponia e nel Baltico settentrionale nel 1932-1942, nell'Europa settentrionale e marittima nel 1937-1947. Nello Spitsbergen, nel decennio 1930-1940 l'aumento della temperatura invernale rispetto ai valori normali del 1912-1926 raggiunse il valore straordinario di 8-9 °C.

Nell'Europa centrale la temperatura media annua subì un aumento che rimase comunque al di sotto di 1 °C (Le Roy Ladurie, 1984, p. 92). A causa di questa nuova situazione climatica i ghiacciai subirono un notevole ritiro alle loro fronti. I fenomeni sono notevolmente rilevabili sia nell'estremo nord, in

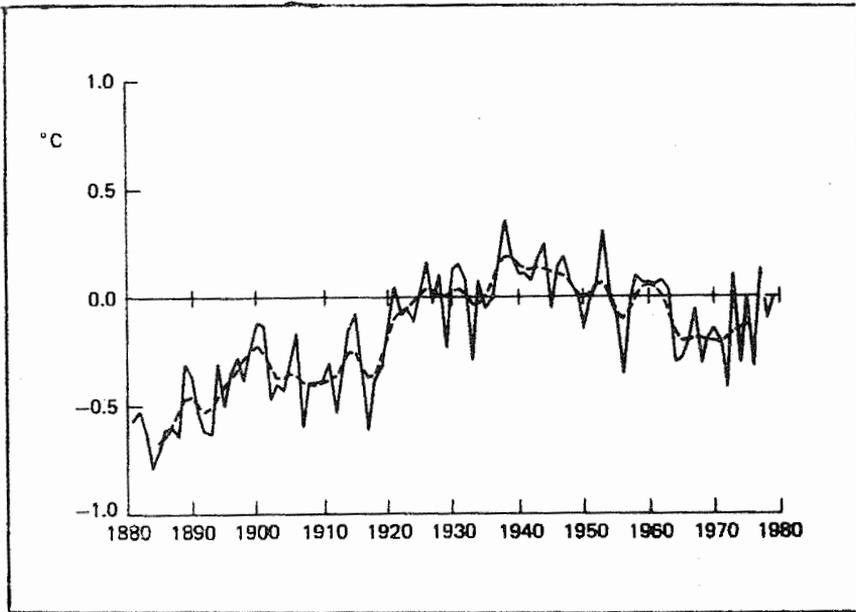


Fig. 9. Scarti della temperatura media annua al suolo nell'emisfero settentrionale rispetto alla media (0.0) calcolata per il periodo 1946-1960 tra gli anni 1880 e 1980. La curva tratteggiata mostra le variazioni filtrate (ripresa da: INGRAM - FARMER - WIGLEY, 1981).

Norvegia (Fig. 10) (Liestøl, 1983), sia nei ghiacciai svizzeri (Fig. 8), sia in quelli della cerchia alpina dalle Alpi occidentali (Figg. 5-6) alle Alpi orientali. Nelle Alpi Giulie il massimo di regresso cade attorno al 1945 (Fig. 11) (Rabagliati-Serandrei Barbero, 1982).

Questa notevole fluttuazione climatica in senso caldo e secco ebbe grandi ripercussioni di natura biologica e in particolare influenza sulla distribuzione degli animali e delle piante che si adattarono al nuovo equilibrio climatico. Le conseguenze biologiche più importanti sono rintracciabili nelle regioni artiche intiepidite dall'innalzamento della temperatura media e dall'allungarsi delle stagioni estive. Sia nella Scandinavia, sia nella Russia settentrionale numerose specie di animali, in particolare gli uccelli, cominciarono a spostarsi verso nord estendendo sempre più il loro *habitat* normale. Lo stesso dicasi per gli animali marini, i pesci, in particolare il merluzzo, che si spostarono notevolmente verso nord (Crisp, 1959; Pinna, 1969, pp. 261-262).

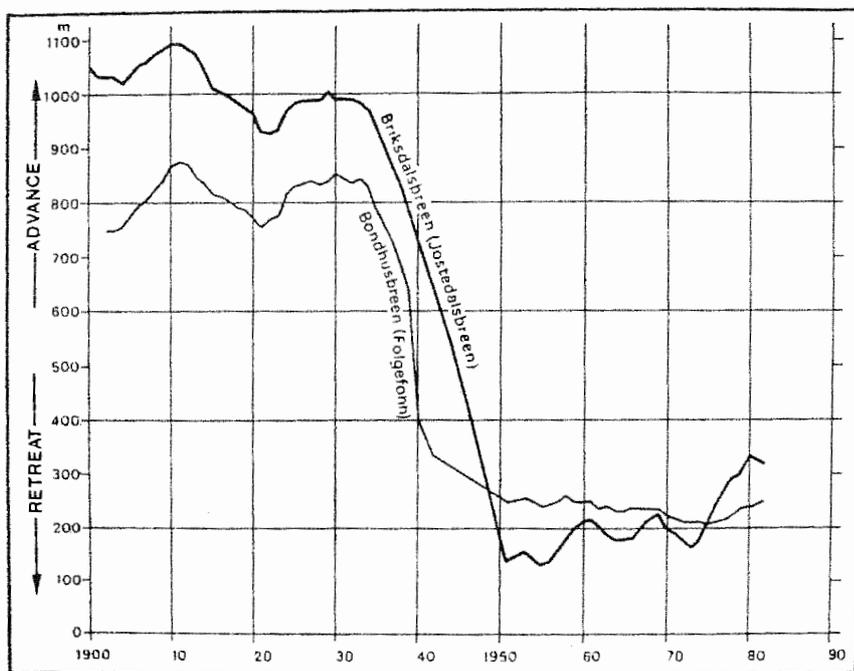


Fig. 10. Fluttuazioni delle fronti dei ghiacciai norvegesi di Briksdalsbreen e Bondhusbreen dal 1900 al 1982. Si noti il grande ritiro nel periodo caldo 1930-1950 (da: LIESTØL, 1983).

Non si può escludere che lo stesso spostamento della tortora dal collare, che fino al 1900 occupava i territori balcanici, verso l'Europa centrale fino a raggiungere la Scandinavia (Fig. 13), sia da mettere in relazione con questo drastico mutamento climatico.

Gli effetti del riscaldamento del clima si fecero sentire anche nella fascia saheliana (Fig. 14) dove dopo un periodo umido si ebbe un drastico calo delle precipitazioni che portarono alla crisi degli anni 1940-44 (Michel, 1985).

Per quanto riguarda la regione Emilia-Romagna, i dati di quasi tutte le stazioni denunciano per il periodo 1921-1950 un periodo secco, diverso quindi da quello che si avrà poi negli anni 1950 e 1960 (Figg. 17-18) (Regione Emilia-Romagna, 1976, 1980).

Si è quindi verificato, anche se in misura alquanto minore, quello che è successo negli Stati Uniti d'America e in altre parti del mondo. Per gli USA, però, nei territori centromeridionali,

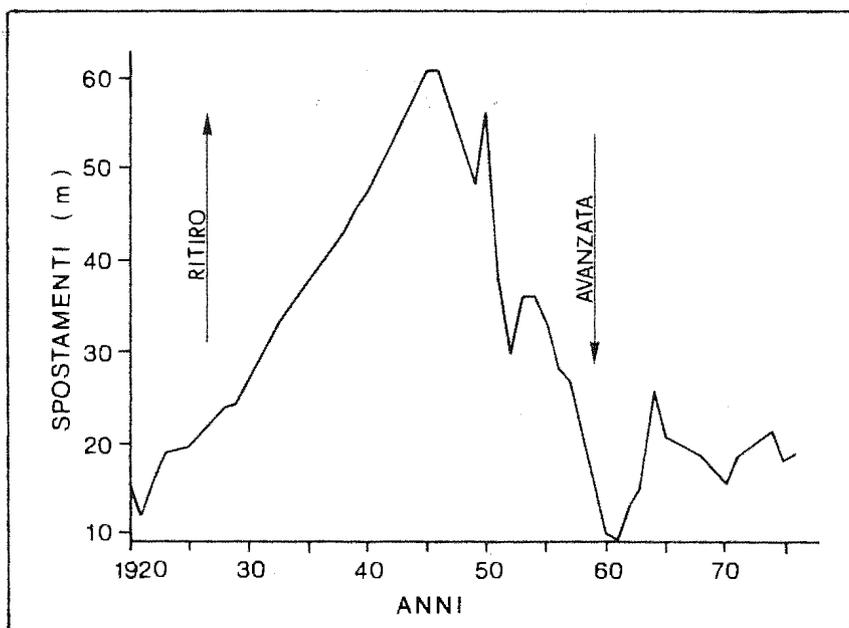


Fig. 11. Curva media dello spostamento delle fronti dei ghiacciai delle Alpi Giulie dal 1920 al 1976. Il massimo regresso cade attorno al 1945. Successivamente si è verificata una generale avanzata fino al 1961 (da: RABAGLIATI-SERANDREI BARBERO, 1982).

nel periodo 1930-1940, a seguito di piogge molto al di sotto delle normali e di temperature sempre al di sopra della media, il fenomeno fu tale che si provocò una accentuata aridificazione delle terre tanto da ridursi ad un vero catino di polvere (*Dust-Bowl*) (Pinna, 1984, pp. 183-198; Roberts-Lansford, 1981, pp. 25-26).

15 - PERIODO UMIDO E FREDDO: 1950-1970

La fase climatica in senso caldo del periodo precedente aveva preoccupato non poco gli studiosi del clima e la stessa opinione pubblica. Si pensava ormai alla sparizione totale dei ghiacciai e ad un cambiamento radicale dell'economia e delle abitudini dei popoli nordici. La responsabilità di un così radicale mutamento del clima veniva generalmente attribuita all'industrializzazione con l'immissione nell'atmosfera di ingenti quantitativi di anidride carbonica derivante dalla combustione del

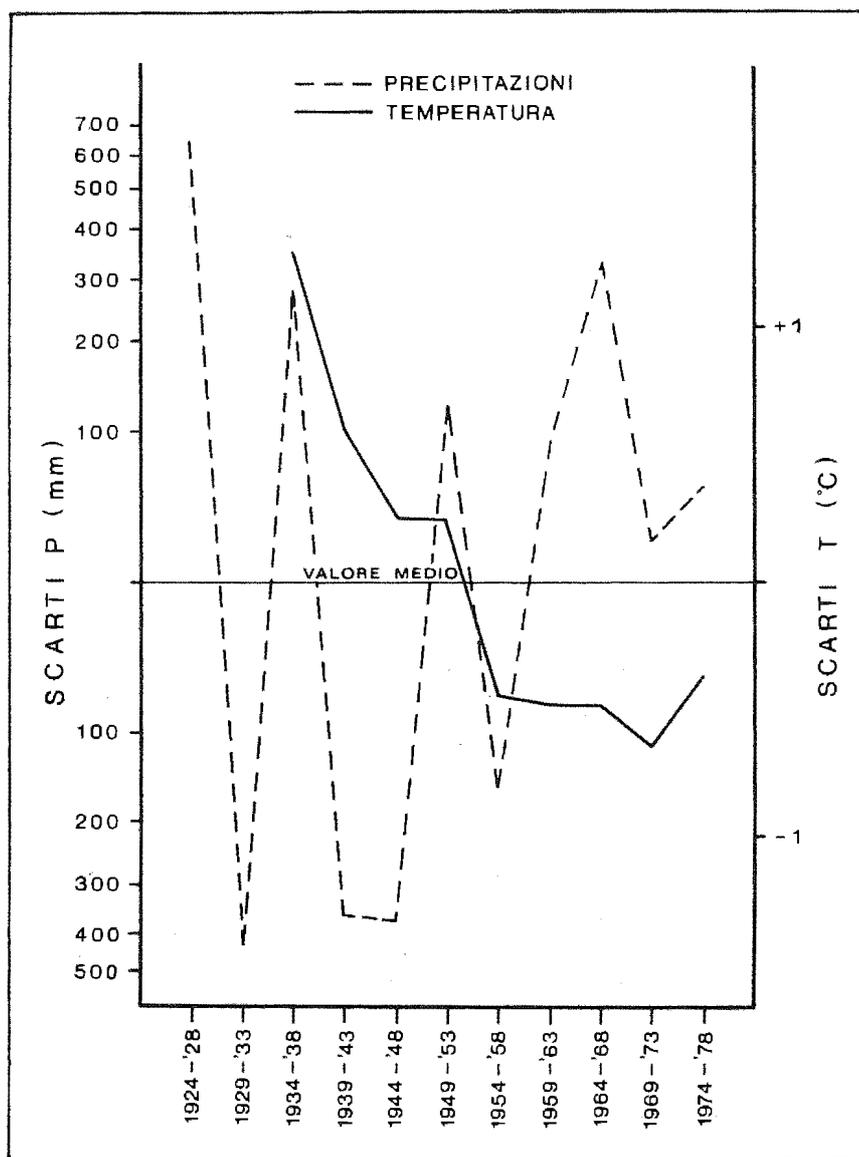


Fig. 12. Stazione di Cave del Predil presso i ghiacciai delle Alpi Giulie. Scarti dei valori quinquennali delle precipitazioni e della temperatura dal valore medio per il periodo 1924-1928 e 1974-1978. Si nota che la temperatura è rimasta al di sotto della media dal quinquennio 1949-1953 (da: RABAGLIATI - SERANDREI BARBERO, 1982).

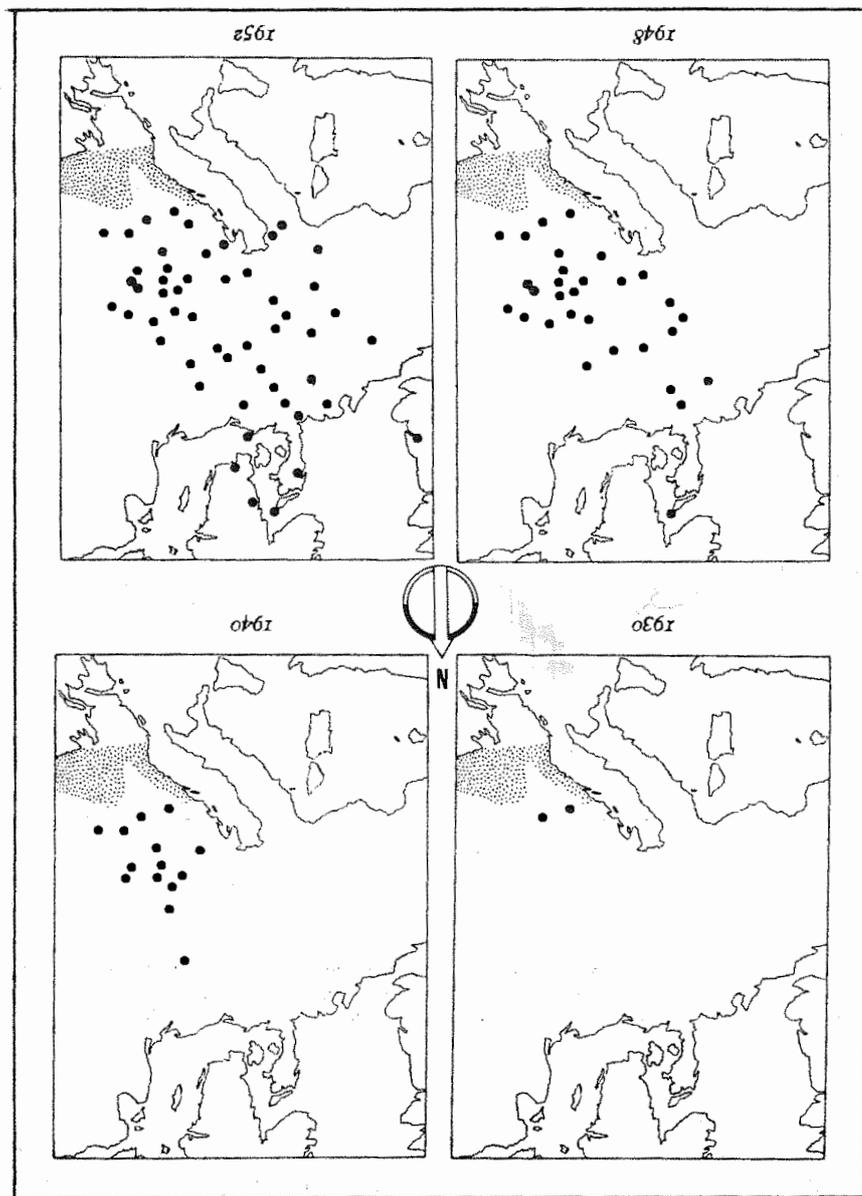


Fig. 13. Migrazione della tortora dal collare tra il 1930 e il 1952. L'area a piccoli punti indica i territori occupati prima del 1900. I punti neri indicano le successive tappe della migrazione secondo le ricerche di J. Fisher (ripresa da: CRISP, 1959).

La figura è capovolta:
ruotarla di 180° (Nord in alto)

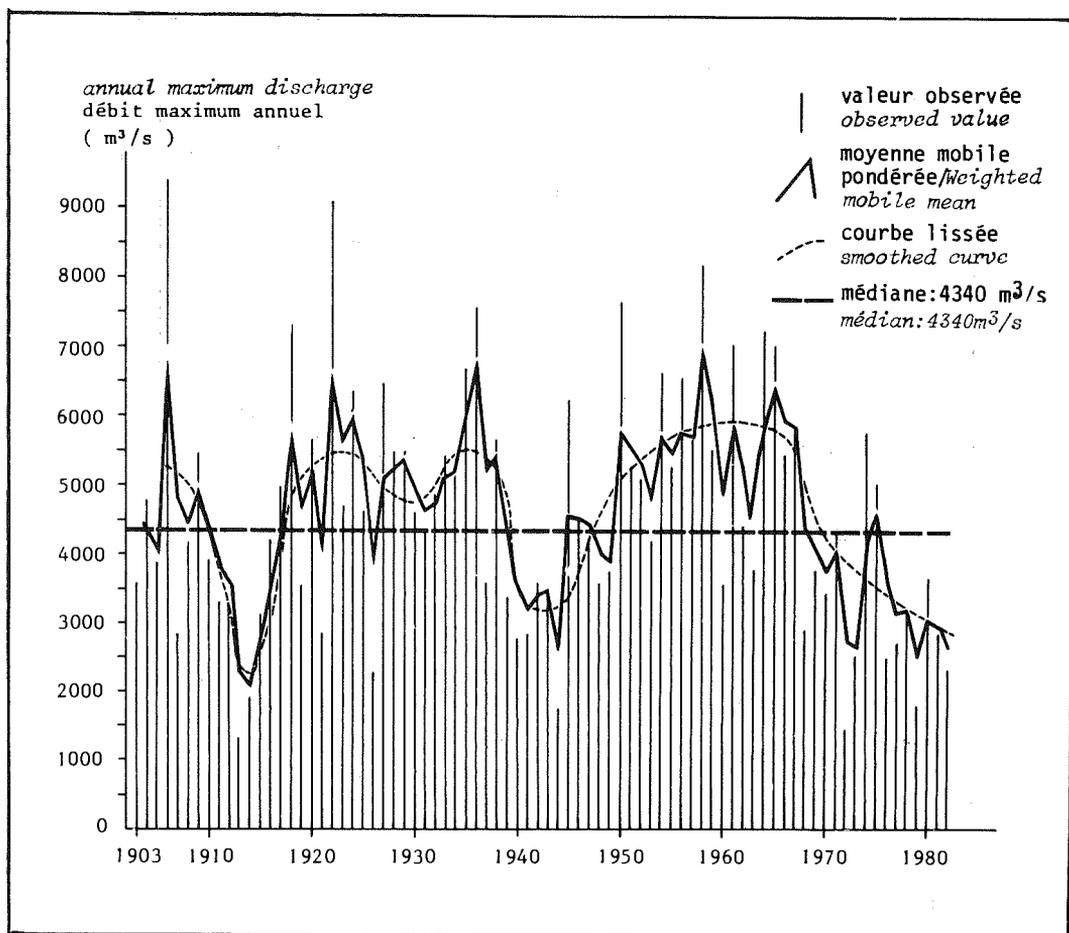
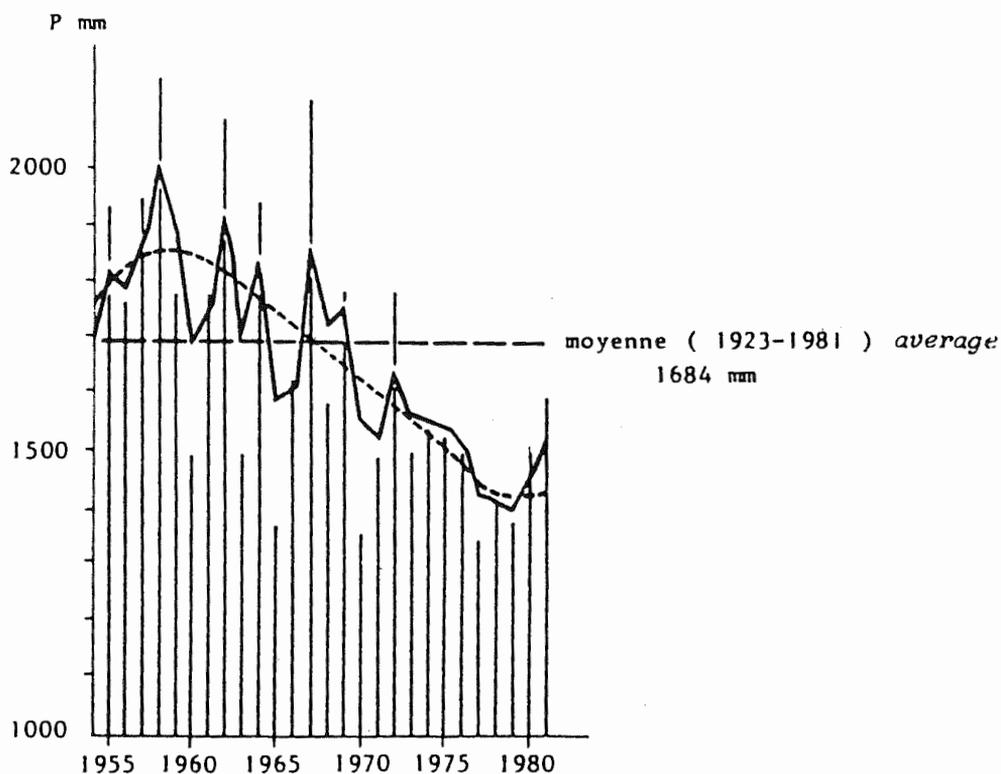


Fig. 14. Portate massime annuali e medie mobili per il fiume Sénégal alla stazione idrometrica di Bakel secondo gli studi di J.C. Olivry tra il 1903 e il 1982. Sono chiaramente individuabili i cicli di Brückner e gli anni critici per il Sahel, 1911-15, 1940-44, 1968-1973 (ripresa da: MICHEL, 1985).

carbone e del petrolio.

La seconda guerra mondiale aveva messo un po' a tacere il problema del clima. Nel dopoguerra però, alla fine degli anni 1940 e agli inizi degli anni 1950, si verificò un nuovo brusco cambiamento delle condizioni climatiche in senso umido e freddo. Alluvioni, piogge intense, freddi invernali e primaverili crearono un po' ovunque condizioni disastrose, aggravate anche dai problemi che molti popoli avevano da affrontare per la ricostruzione del dopoguerra.

Tale nuova situazione lasciò perplessi molti ricercatori e



g. 15. Altezze delle piogge annuali e delle medie mobili ponderate rilevate a Labé nella Guinea-Conakry dal 1955 al 1981 secondo gli studi di J.C. Olivry (ripresa da: MICHEL, 1985).

scienziati. L'opinione pubblica ebbe al solito la sua risposta: tutto dipendeva dalla scoperta e dall'uso della bomba atomica (Calder, 1977, p. 7). Alcuni studiosi ritornarono sulla teoria dell'effetto della polvere, questa volta non prodotta dalle eruzioni vulcaniche, ma dalle attività antropiche. Tale teoria, detta *effetto Bryson*, sostiene che la tendenza al riscaldamento avvenuta nella prima metà del sec. XX fu in realtà causata dall'aumento dei livelli di anidride carbonica in atmosfera, ma verso la metà dello stesso secolo, tale effetto fu sopraffatto da un aumento di particelle immesse nell'atmosfera stessa dall'attività umana, prima fra tutte l'agricoltura nelle terre semiaride (Roberts-Lans-

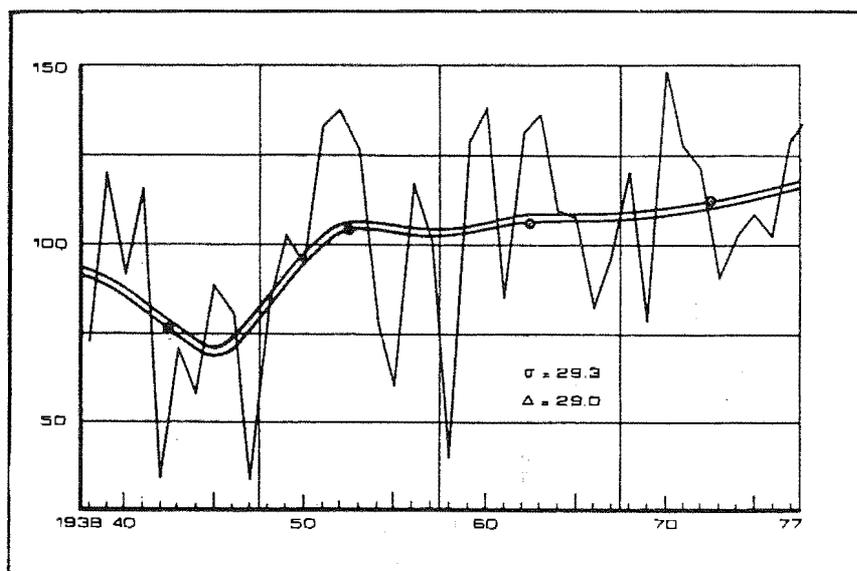


Fig. 16. Scarti intorno ad un valore medio indicato con 100 dell'indice annuale della grandine per l'Italia nel periodo 1931-1977. Si nota una inversione del fenomeno ad iniziare dagli anni 1947-1950 (da: FLOHN - FANTECHI, 1984).

ford, 1981, pp. 70-71; Calder, 1977, pp. 86-90).

I ghiacciai ritornarono ad avanzare. I più sensibili sono quelli di più modeste dimensioni. Nei ghiacciai delle Alpi Giulie, dopo il generale regresso che culminò attorno al 1945, si verificò poi una nuova avanzata dal 1946 al 1961 con bruschi scarti positivi attorno al 1947 e al 1951. Hanno poi oscillato attorno alla posizione attuale dal 1962 (Fig. 11). Lo spostamento medio delle fronti dei ghiacciai delle Alpi Giulie risulta principalmente influenzato dalla temperatura degli anni passati con un intervallo di risposta di circa cinque anni; secondariamente esso risulta influenzato dalle precipitazioni degli anni passati, ma con un intervallo minore di risposta (Rabagliati-Serandrei Barbero, 1982). Dall'esame degli scarti dei valori quinquennali della temperatura dal valore medio per il periodo 1924-1928 e 1974-1978 si nota che si sono mantenute sempre negative dal quinquennio 1949-1953 (Fig. 12). I ghiacciai della Svizzera hanno pure manifestato la tendenza alla crescita dal 1960 (Fig. 8). Le posizioni più avanzate sono state raggiunte nel 1978, 1980 (Aellen, 1985). Le oscillazioni di una sessantina di ghiacciai italiani nel periodo 1950-1982 sono state prese

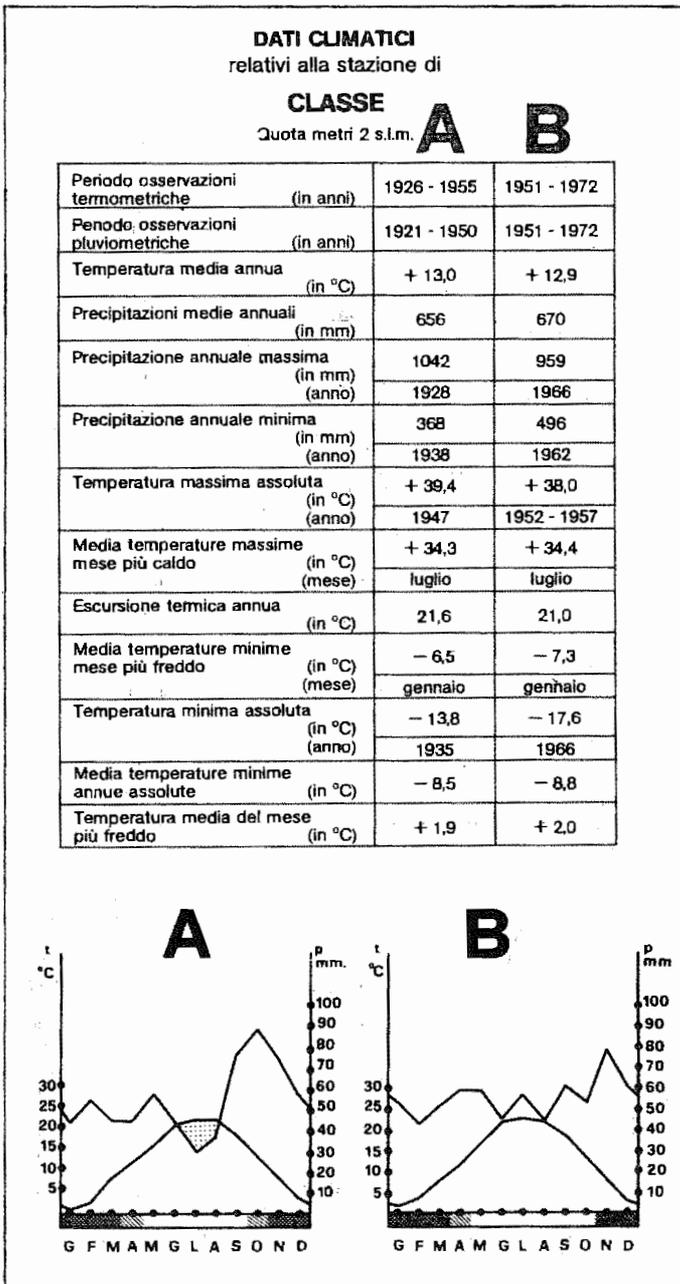


Fig. 17. Dati climatici per la stazione di Classe (Ravenna) suddivisi in due periodi: A per gli anni 1921-1950, B per gli anni 1951-1970. Il periodo A risulta più secco del periodo B (Diagrammi di Bagnouls e Gausson) (da: REGIONE EMILIA-ROMAGNA, SERVIZIO CARTOGRAFICO).

DATI CLIMATICI
relativi alla stazione di
REGGIO NELL'EMILIA

Quota metri 60 s.l.m.

A **B**

Periodo osservazioni termometriche (in anni)	24 1932-1955	20 1951-1970
Periodo osservazioni pluviometriche (in anni)	30 1921-1950	20 1951-1970
Temperatura media annua (in °C)	+ 12,8	+ 12,8
Precipitazioni medie annuali (in mm)	704	769
Precipitazione annuale massima (in mm) (anno)	1030 1930	1071 1960
Precipitazione annuale minima (in mm) (anno)	265 1945	542 1952
Temperatura massima assoluta (in °C) (anno)	+ 37,9 1935	+ 38,0 1968
Media temperature massime mese più caldo (in °C) (mese)	+ 33,9 luglio	+ 34,2 luglio
Escursione termica annua (in °C)	22,4	22,7
Media temperature minime mese più freddo (in °C) (mese)	- 9,2 gennaio	- 9,1 gennaio
Temperatura minima assoluta (in °C) (anno)	- 17,0 1954	- 18,8 1956
Media temperature minime annue assolute (in °C)	- 10,2	- 10,9
Temperatura media del mese più freddo (in °C)	+ 1,1	+ 0,9

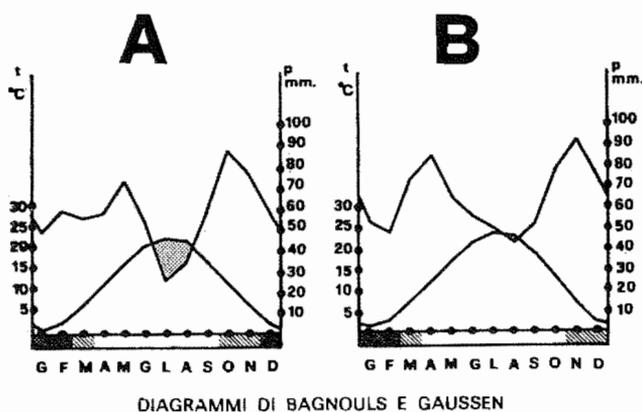


Fig. 18. Dati climatici per la stazione di Reggio nell'Emilia suddivisi in due periodi: A per gli anni 1921-1950, B per gli anni 1951-1970. Il periodo A risulta più secco del periodo B (Diagrammi di Bagnouls e Gaussen) (da: REGIONE EMILIA-ROMAGNA, SERVIZIO CARTOGRAFICO).

in considerazione per studi di correlazioni con i parametri termici e pluviometrici (Belloni-Catasta-Smiraglia, 1985). Un brusco arresto del ritiro dei ghiacciai, a seguito di questa nuova fase climatica in senso umido e freddo, si è avuto in Norvegia (Fig. 10).

I dati delle stazioni meteorologiche dell'Emilia-Romagna (Figg. 17-18, periodo « B ») mostrano chiaramente per il periodo 1951-1970 un totale cambiamento in senso umido delle condizioni climatiche, come risulta dall'aumento delle precipitazioni medie annue rispetto al periodo precedente. Il fenomeno è rilevabile in particolare nel diagramma di Bagnouls e Gaussens. In tale diagramma il periodo secco, come nel caso del periodo « A » (Figg. 17-18), è rappresentato dalla superficie delimitata dall'incrocio della curva delle precipitazioni medie mensili e la curva delle temperature medie mensili.

Sono noti i danni provocati in Italia da tale periodo umido. Basti pensare alle grandi alluvioni del Po e degli altri fiumi per eventi meteorici eccezionali negli anni 1951, 1956, 1966 (alluvione di Firenze).

Tanto per citare altri esempi, nel febbraio-marzo 1956, nel febbraio 1965 e nel marzo 1971 si ebbero a Roma le nevicate più abbondanti degli ultimi quarant'anni (Brunetti-Cocciola, 1985). Le inondazioni e le frane in Italia tra il 1946 e il 1976 furono di tali proporzioni da dar luogo ad accesi dibattiti non solo tra gli studiosi ma anche tra le forze politiche, dibattiti tendenti a riconoscere le origini di un tanto degrado e a proporre rimedi per la difesa del suolo (Botta, 1977).

Vari altri fenomeni meteorologici si sono innescati ad iniziare dagli anni 1950. Un caso significativo è quello della grandine il cui indice, rispetto alla media del periodo 1931-1977, subisce incrementi positivi (Flohn-Fantechi, 1984, pp. 306-307).

La diminuzione della temperatura media annua nel periodo 1955-1975 è ben evidente nel diagramma degli scarti delle temperature rispetto alla media nell'emisfero settentrionale. Si nota che dopo l'aumento della temperatura nel periodo 1930-1950 vi è stata poi una generale diminuzione (Fig. 9).

Gli studi condotti nella zona della fascia saheliana hanno messo in evidenza che il periodo umido degli anni 1950 e 1960 registrati in Europa si è pure manifestato nel Sahel, come provano le serie di misure della portata massima annua alla stazione idrometrica di Bakel per il fiume Sénégal (Fig. 14) e le

altezze delle piogge annuali rilevate a Labé nella Guinea-Conakry (Fig. 15) (Michel, 1985, p. 116).

Anche questa importante fase umida che ha investito tutto l'emisfero settentrionale, ha indotto una infinità di risposte di natura biologica che ancora non sono state studiate o sono state malamente interpretate. Le ragioni di tale mancata conoscenza sta nel fatto che molti nuovi ricercatori con visioni settoriali si sono indirizzati principalmente alla individuazione di eventuali cause antropiche che sarebbero state all'origine di questo grande cambiamento climatico e dei connessi disastri ecologici piuttosto che indagare sui fattori naturali. Tutto è stato visto in funzione dell'impatto delle attività antropiche sui cicli della biosfera ed anche sull'atmosfera e sul clima. L'impatto dell'uomo sull'ambiente era stato evidenziato a seguito del grande sviluppo socio-economico e politico originatosi dopo la fine della seconda guerra mondiale. Nuovi stati erano sorti, specialmente in Africa, dove un tempo regnava il nomadismo, nuovi prodotti chimici erano stati introdotti per aumentare la produzione agricola e sopperire così ai fabbisogni di una popolazione mondiale in crescita ed inoltre nuove fonti di energia erano state sfruttate per sopperire a quelle in fase di esaurimento. Si rendeva quindi necessario indagare su eventuali interazioni tra progresso e sviluppo socio-economico dei popoli e il degrado degli ambienti naturali. Prevalse quindi questa nuova visione anche perché mentre sulle attività antropiche si può in qualche modo intervenire, sui fattori naturali invece non si sa cosa fare. Si tratta comunque di una visione troppo restrittiva perché gli ostacoli che la natura stessa oppone all'uomo e alle sue attività si potranno superare solo quando se ne conoscano meglio la natura e il loro modo di apparire.

Fatti di tale natura sono accaduti anche nella regione Emilia-Romagna. Per esempio negli anni 1956, 1962-63 e 1966 subirono gravi danni le pinete a pino domestico di Ravenna. Ora si sa che in quegli anni furono superati i limiti termici caratteristici di questa specie e ciò è certamente uno dei fattori più importanti del deperimento di tale pianta che a Ravenna si trova al di fuori del suo areale naturale di diffusione. Un abbassamento anche lieve dei minimi termici invernali può mettere in crisi soprattutto gli individui più vecchi o fisiologicamente più deboli. Fatti simili accaddero già negli anni 1612, 1699, 1751, 1763, 1860 e 1879-80 (Cencini, 1979).

Un fenomeno molto più eclattante è anche la moria del-

l'abete bianco, dell'abete rosso e di altre conifere nell'Europa centrale e più recentemente nella fascia alpina. Tale fenomeno sta suscitando grande interesse perché è ritenuto un segno di un aumentato inquinamento atmosferico per attività antropiche. Ora si sa che l'areale di tali specie, in modo particolare dell'abete rosso, è stato con il passare del tempo artificialmente allargato anche in Italia dato l'interesse economico a cui esso è legato (Piusi, 1986). Ben più grandi modifiche ha avuto però lo stesso areale nell'Europa centrale. Le conifere costituiscono qui il 70 % delle foreste ed ora il loro stato è caratterizzato dai fenomeni legati alla evoluzione storica della vegetazione e degli interventi dell'uomo a fini economici (Cramer, 1984). Già nel passato sia l'abete bianco, sia l'abete rosso ebbero a soffrire di cicliche morie. I più moderni studi hanno permesso di accertare l'esistenza di una correlazione tra l'evoluzione e l'oscillazione del clima e il degrado delle foreste (Cramer-Cramer Middendorf, 1984).

Per la Romagna si è parlato per molto tempo della moria dei peschi (Pedrini, 1968). Anche in questo caso fu fatale l'oscillazione climatica in senso umido del 1950-1970. Infatti nel 1959, nel 1960, 1961 e 1967 le piovosità eccezionali sia dell'inverno, sia delle primavere provocarono prolungati ristagni di acque, specialmente nei terreni meno permeabili, cui seguì una forte mortalità delle piante da frutto, specialmente là dove erano stati eseguiti impianti senza preventivi studi pedologici.

Gli anni 1960-61 furono contrassegnati in Europa dalla grande diffusione della ruggine del grano (Fig. 20).

Ancora un'altra risposta biologica alla fluttuazione climatica del 1950-1970 è connessa alla migrazione dei tonni dall'Atlantico ai luoghi di riproduzione lungo le coste della Sicilia e della Sardegna. Si è notato che il pescato delle tonnare è andato diminuendo dal 1955 al 1975 (Fig. 19). È stato pure fatto rilevare che vi è corrispondenza tra i picchi e le depressioni del pescato tra le tonnare della Sardegna e quelle della Sicilia. Ciò porta ad ipotizzare che vi è una causa comune che allontana i tonni dai ricercati luoghi adatti per la loro riproduzione, luoghi dove sono poi sistemate le tonnare per la cattura. Infatti in occasione delle fluttuazioni climatiche si hanno sia variazioni nel regime dei venti, sia nella stratificazione termica dell'acqua in vicinanza della costa, sia infine nell'allontanamento delle acque atlantiche dalla costa stessa. Tutto ciò porta i tonni a ricercare a quote diverse dal solito i luoghi più termicamente

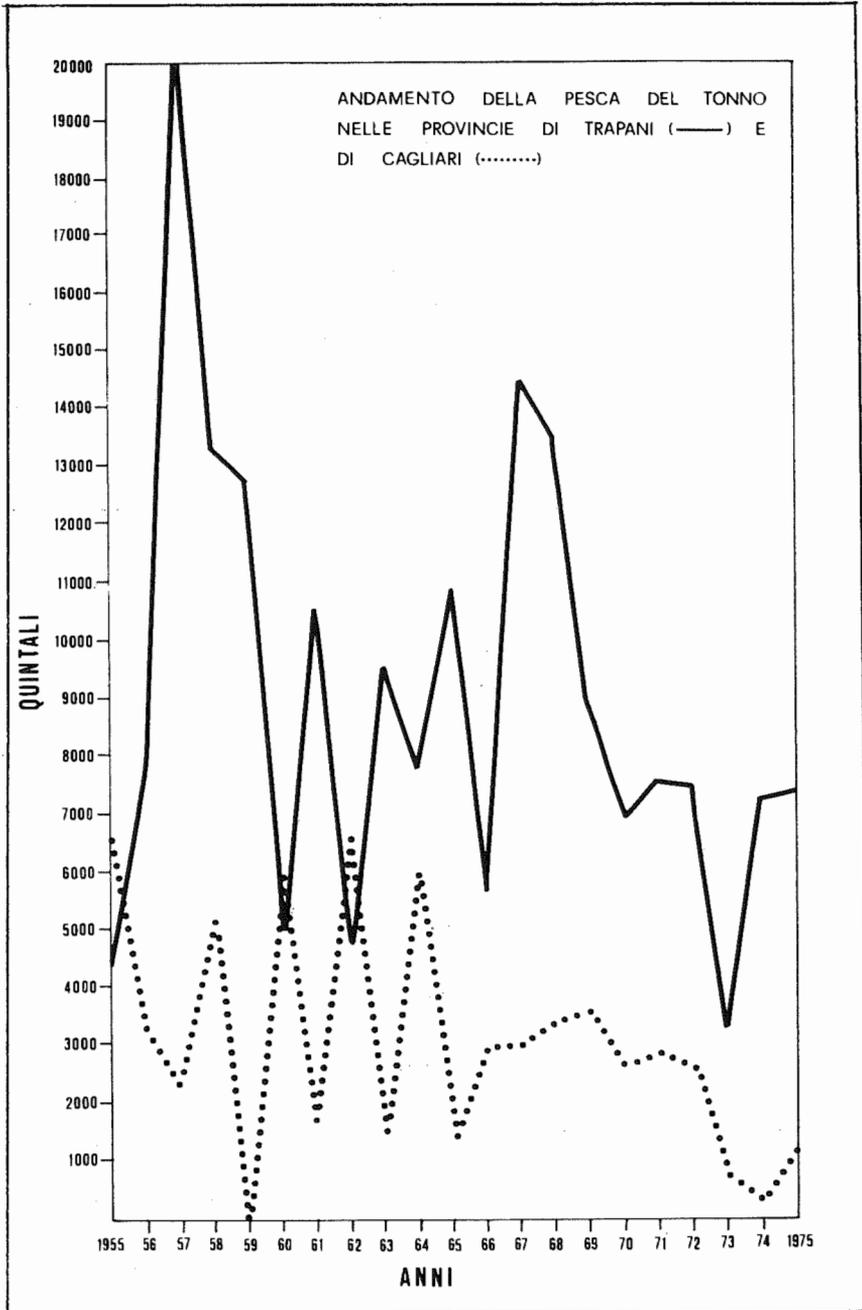


Fig. 19. Andamento della pesca del tonno nelle provincie di Trapani e di Cagliari. La corrispondenza dei picchi e delle depressioni è una prova dell'influenza sul pescato delle fluttuazioni climatiche (da: SORTINO - GIACCONE - GIANGUZZA - DIA, 1976).

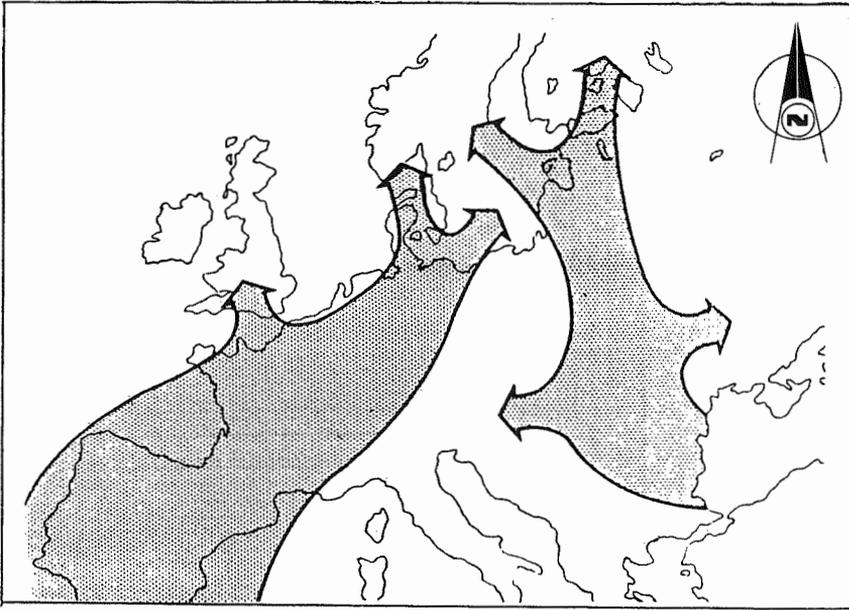


Fig. 20. Diretrici principali della migrazione della ruggine nera del grano in Europa a causa di fattori climatici nel 1960-61 secondo gli studi di J.C. Zadoks (ripresa da: FLOHN - FANTECHI, 1984).

adatti per la riproduzione (Sortino-Giaccone-Gianguzza-Dia, 1976).

In Romagna, l'oscillazione climatica in senso umido ha fatto estendere l'areale di un lepidottero, la *Lycaena dispar*, una bella farfalla a costumi diurni, dalle ali di un bel colore rosso fuoco, un tempo molto rara ed ora invece molto più frequente e in via di forte espansione. I motivi di questa espansione colonizzatrice sono nell'aumento della pianta nutrice di tale farfalla, una pianticella subpalustre che si è diffusa per il permanere delle acque, nell'arco dell'anno, nei fossati e canali dopo che negli ultimi decenni si è verificata la tendenza ad un subimpaludamento dovuto ad estati corte e fresche (Contarini, 1985).

È stata prospettata l'ipotesi che anche per il problema dell'eutrofizzazione che si è manifestata con la fioritura algale nell'alto Adriatico nel maggio del 1969 e in misura più imponente nel 1975 (Mancini, 1984), ed ancora in anni successivi, vi sia una forte componente, se non preponderante, climatica (Orel, 1986). Già in passato, nel 1872, 1880, 1891, 1903, la parte settentrionale del mare Adriatico andò soggetta a simili fenomeni allora chiamati *mare sporco* o *ontisso de mar*. Si pensò, a quei

tempi, che vi fosse una periodicità nell'improvviso sviluppo di tali forme organiche, specialmente in corrispondenza di periodi di continua calma del mare (Castracane, 1881; Levi-Morenos, 1903).

Si accenna infine ad un altro esempio che comprova quanta influenza ha avuto sull'ambiente biologico l'oscillazione in senso freddo e umido del 1950-1970. È stato scoperto che la scomparsa dal 1965 dell'arrossamento del lago di Tovel nel Trentino dovuta alla fioritura dell'alga *Glenodium sanguineum* March è da mettere in relazione con il raffreddamento delle acque del lago stesso (Paganelli, 1985). Dal 1983 il fenomeno è tornato a manifestarsi e ciò può essere un indizio che la prossima oscillazione, forse già in corso dopo il 1970, andrà in senso secco e caldo, così come prevede l'andamento dei cicli di Brückner.

CONCLUSIONI

Dopo quanto è stato fino qui descritto ed illustrato risulta evidente che l'alternarsi di periodi umidi e freddi e periodi secchi e caldi nell'emisfero settentrionale con la ciclicità ricostruita da Brückner nel 1890, ad iniziare dalla fine del sec. XVII, ha continuato a manifestarsi fino ad oggi. Tali oscillazioni climatiche provocano risposte ben evidenti sia dell'ambiente fisico, ghiacciai, fiumi e mari, sia dell'ambiente biologico, animali e piante.

L'uomo è coinvolto da questi processi naturali ma se riuscirà a conoscerne meglio le ciclicità e i motori che li governano potrà certamente programmare con più sicurezza il suo futuro sia a breve, sia a lungo termine.

NOTA BIBLIOGRAFICA

- AELLEN M., 1985 - *Les variations recentes des glaciers des Alpes Suisses*, « Geografia fisica e dinamica quaternaria », 8, pp. 73-82.
- ANDRÉ M.F., 1985 - *Lichénométrie et vitesses d'évolution des versants antiques pendant l'Holocène (Région de la Baie du Roi, Spitsberg, 79° N)*, « Revue de Géomorphologie Dynamique », 24, n. 2, pp. 49-72.
- APPLEBY A.B., 1984 - *Epidemie e carestie durante la piccola era glaciale*, in: *Clima e Storia*, a cura di R.I. Rotberg e Th. K. Rabb, Angeli, Milano, pp. 80-104.
- BIAIDA E. - COMANI S. - FINZI R. - SALMELLI D., 1982 - *Sul clima di*

- Bologna e dello spazio emiliano-romagnolo del secolo XVIII: fonti e obiettivi di una ricerca*, « Passato e Presente », fasc. 2, Firenze, pp. 217-237.
- BELLONI S. - CATASTA G. - SMIRAGLIA C., 1985 - *Parametri climatici e variazioni glaciali nel periodo 1950-1982*, « Geografia fisica e dinamica quaternaria », 8, pp. 97-123.
- BERTOLANI MARCHETTI D., 1969-70 - *Climax e paleoclimax della pianura padana veneta*, « Memorie di Biogeografia Adriatica », 8, pp. 69-77.
- BERTOLANI MARCHETTI D., 1982 - *Vicende climatiche passate e attuali alla luce di recenti ricerche*, « Atti del primo convegno di meteorologia appenninica, Reggio Emilia, 7-10 aprile 1979 », Reggio Emilia, pp. 613-625.
- BIAGI P. - BARKER G.W.W. - CREMASCHI M., 1983 - *La stazione di Casatico di Marcaria (Mantova) nel quadro paleoambientale ed archeologico dell'Olocene antico della Val Padana centrale*, « Studi Archeologici », 2, pp. 1-135.
- BIANCHI G., 1746 - *Descrizione del tremuoto grande, che fu in Arimino l'anno 1672*, « Raccolta d'opuscoli scientifici e filologici », T. 34, Venezia, pp. 243-258.
- BIGNARDI A., 1980 - *Le campagne emiliane nel Rinascimento e nell'Età Barocca*, Sala Bolognese.
- BOLIN B., 1983 - *Il ciclo del carbonio*, « Le Scienze - Quaderni », n. 6, pp. 63-70.
- BOLOGNESI D., 1978 - *Vicende demografiche della città e del territorio di Russi nei secoli XVII e XVIII*, « Studi Romagnoli », 29, pp. 131-136.
- BOTTA G., 1977 - *Difesa del suolo e volontà politica. Inondazioni fluviali e frane in Italia*, Angeli, Milano.
- BRÜCKNER E., 1890 - *Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit*, « Geographische Abhandlungen », Band IV, Heft 2, Wien, pp. 153-484.
- BRUNETTI M. - CACCIOLA G., 1985 - *La neve a Roma*, « Rivista di meteorologia aeronautica », 45, n. 4, pp. 247-266.
- BULI U., 1949 - *Ricerche climatiche sulle pinete di Ravenna*, C.N.R., Bologna 1949.
- BULI U., 1952 - *Generalità geografico-fisiche sui bacini idrografici della Romagna*, in: Studi Geografici in onore di A.R. Toniolo, Milano, pp. 265-370.
- CALDER N., 1977 - *La macchina del tempo. Meteorologia e glaciazioni*, Zanichelli, Bologna.
- CAPRA A., 1939 - *Variazioni periodiche della temperatura media a Bologna dal 1814 al 1933*, C.N.R., Bologna.
- CASTIGLIONI G.B., 1984 - *Le versant méridional des Alpes*, in: Les Alpes-Ouvrage offert en hommage aux membres du 25^e Congrès International de Géographie, Paris-Alpes, Août, pp. 28-41.
- CASTRACANE F., 1881 - *Straordinario fenomeno della vita del mare osservato nell'Adriatico nella estate del 1880*, estratto da « Atti dell'Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei », T. 34, Roma.
- CATI L., 1981, *Idrografia e idrologia del Po*, Pubblicazione n. 19 dell'Ufficio Idrografico del Po, Roma.

- CENCINI C., 1979 - *I boschi della fascia costiera emiliano-romagnola*, in: Ricerche Geografiche sulle pianure orientali dell'Emilia Romagna, Patron, Bologna, pp. 55-109.
- CLARK P. (Editor), 1985 - *The European Crisis of the 1590s. Essay in comparative History*, Allen and Unwin, London.
- COMANI S., 1986 - *Descrizione del clima a Bologna nel '700 attraverso l'analisi di serie strumentali*, in: Le meteore e il frumento, a cura di R. Finzi, il Mulino, Bologna, pp. 263-345.
- CONTARINI E., 1985 - *La recente espansione del lepidottero Lycaena dispar in Romagna*, « Natura e Montagna », 32, n. 2-3, pp. 81-83.
- COVEY C., 1985 - *L'orbita terrestre e le glaciazioni*, « Le Scienze - Quaderni », n. 20 (Atmosfera e clima), Milano, pp. 63-72.
- CRAMER H.H., 1984 - *On the predisposition to disorders of middle european forests*, « Pflanzenschutz-nachrichten Bayer », 37, n. 2, pp. 97-207.
- CRAMER H.H. - CRAMER MIDDENDORF M., 1984 - *Studies relationship between periods of damage and factors of climate in the middle european forests since 1851*, « Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer », 37, n. 2, pp. 208-334.
- CRISP D.J., 1959 - *The influence of climatic changes on animals and plants*, « The Geographical Journal », 125, pp. 1-19.
- EDDY J.A., 1984 - *Il clima e il ruolo delle condizioni solari*, in: Clima e Storia, a cura di R.I. Rothberg e Th. K. Rabb, Angeli, Milano, pp. 170-197.
- FANTUZZI M., 1804 - *Memorie di vario argomento*, Memoria I, Venezia, pp. I-XXXIV.
- FARINI D.A., 1816 - *L'insetto roditore del grano in erba in Romagna nell'anno 1816*, Casali, Forlì.
- FINZI R., 1986 - *Il sole, la pioggia, il pane e il lavoro. Nota sul clima, raccolto, calendario agrario nel Bolognese durante il secolo XVIII*, in: Le Meteore e il Frumento, il Mulino, Bologna, pp. 347-387.
- FIOCO G.- VISCONTI G., 1985 - *Gli effetti climatici delle eruzioni vulcaniche*, « Le Scienze - Quaderni », n. 20, pp. 57-62.
- FLOHN H. - FANTECHI R., 1984 - *The climate of Europe: past, present and future. Natural and man-induced climatic changes: a european perspective*, Dordrecht, Commission of the European Communities.
- FOLK R., 1975 - *Geologic urban hindplannig: an example from a hellenistic-byzantine city, Stobi, Yugoslavian Macedonia*, « Environmental Geology », n. 1, pp. 5-22.
- GROVE J.M., 1972 - *The incidence of landslides, avalanches and floods in western Norway, during the Little Ice Age*, « Arctic and Alpine Research », 4, n. 2, pp. 131-138.
- HAEBERLI W. - SCHWEINGRUBER F., 1981 - *Il clima a partire dall'ultima glaciazione*, in: La Svizzera e i suoi ghiacciai, a cura dell'Ufficio Nazionale Svizzero del Turismo, Berna, pp. 26-47.
- HUNTINGTON E., 1910 - *The burial of Olympia. A study in Climate and History*, « The Geographical Journal », 36, pp. 657-686.
- INGRAM M.J. - FARMER G. - WIGLAEY T.M.L., 1981 - *Past climates and their impact on man: a review*, in: Climate and History, Cambridge, pp. 3-49.

- LAMB H.H., 1977 - *Climate. Present, Past and Future*, Methuen and Co. Ltd, London 1977.
- LAMB H.H., 1981 - *An approach to the study of the development of Climate and its impact in human affairs*, in: *Climate and History*, Cambridge, pp. 291-309.
- LANDSBERG H.E., 1984 - *Come ricostruire i climi passati dalle fonti scritte non ancora utilizzate*, in: *Clima e Storia*, a cura di R.I. Rotberg e Th. K. Rabb, Angeli, Milano, pp. 66-79.
- LE ROY LADURIE E., 1982 - *Tempo di festa, tempo di carestia. Storia del clima dall'anno Mille*, Einaudi, Torino.
- LEVI-MORENOS D., 1903 - *La causa del mare sporco*, « Neptunia », 18, n. 21, pp. 249-251.
- LIESTØL O., 1983 - *Glaciological work in 1982*, « Norsk Polarinstitutt Årbok 1982 », Oslo, pp. 37-43.
- MANCINI L., 1984 - *Sintesi dei risultati delle ricerche sui processi di eutrofizzazione delle acque marine costiere adriatiche degli ultimi dieci anni*, « Rassegna Economica della Provincia di Forlì », 6, n. 12, pp. 56-79.
- MAYR F., 1964 - *Untersuchungen über Ausmass und Folgen der Klima- und Gletscherschwankungen seit dem Beginn der postglazialen Wärmezeit*, « Zeitschrift für Geomorphologie », N.F., Bd. 8, H. 3, Berlin, pp. 257-285.
- NEWELL R.E., 1985 - *Circolazione globale dell'inquinamento atmosferico*, « Le Scienze - Quaderni », n. 20, Milano, pp. 16-27.
- OREL G., 1986 - *Il fosforo è innocente?*, « L'Unità », Scienza - Tecnologia, Roma, 21-4-1986, p. 6.
- OROMBELLI G., 1982 - *La paleoclimatologia: brevi cenni introduttivi*, « Atti del primo convegno di meteorologia appenninica, Reggio Emilia, 7-10 aprile 1979 », Reggio Emilia, pp. 589-611.
- OROMBELLI G. - PORTER S.C., 1982 - *Late Holocene fluctuations of Brenva glacier*, « Geografia fisica e dinamica quaternaria », 5, pp. 14-37.
- OROMBELLI G. - PELFINI M., 1985 - *Una fase di avanzata glaciale nell'Olocene superiore, precedente alla piccola glaciazione nelle Alpi centrali*, « Rendiconti della Società Geologica Italiana », 8, pp. 17-20.
- PACI R., 1986 - *Demografia, disponibilità alimentari e crisi di mortalità nelle Marche tra XIV e XVIII secolo*, « Proposte e Ricerche », 16, pp. 9-18.
- PAGANELLI A., 1985 - *Può l'arrossamento del Lago di Tovel (Trentino) essere collegato con la fluttuazione dei ghiacciai alpini?*, « Geografia fisica e dinamica quaternaria », 8, pp. 83-88.
- PANIZZA M., 1985 - *Schemi cronologici del Quaternario*, « Geografia fisica e dinamica quaternaria », 8, pp. 44-48.
- PATZELT G. - BORTENSCHLAGER S., 1973 - *Die postglazialen gletscher- und klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hoh Tauern, Ostalpen)*, « Zeitschrift für Geomorphologie », N.F., Suppl. Bd. 16, Berlin, pp. 25-72.
- PEDRINI E., 1968 - *Dietro la moria dei peschi*, « Frutticoltura », 30, n. 8-9, pp. 753-757.
- PELLEGRINI M., 1973 - *Materiali per una storia del clima nelle Alpi lom-*

- barde durante gli ultimi cinque secoli, « Archivio Storico Ticinese », nn. 55-56, pp. 134-278.
- PFISTER C., 1984 - *La piccola età glaciale: indici termici e di piovosità nell'Europa centrale*, in: *Clima e Storia*, a cura di R.I. Rotberg e Th. K. Raab, Angeli, Milano, pp. 105-187.
- PINNA M., 1969 - *Le variazioni del clima in epoca storica e i loro effetti sulla vita e sulle attività umane*, « Bollettino della Società Geografica Italiana », ser. IX, 10, Roma, pp. 198-275.
- PINNA M., 1984 - *La storia del clima. Variazioni climatiche e rapporto clima-uomo in età postglaciale*, « Memoria della Società Geografica Italiana », 36, pp. 1-264.
- PIUSSI P., 1986 - *La rinnovazione della pecceta subalpina*, « Le Scienze », n. 215, pp. 58-67.
- PORTER S.C. - OROMBELLI G., 1980 - *Catastrophic rockfall of September 12, 1717 on the Italian flank of the Mont Blanc massif*, « Z. Geomorphologie N.F. », 24, pp. 200-218.
- PORTER S.C. - OROMBELLI G., 1981 - *Alpine rockfall hazards*, « American Scientist », 69, n. 1, pp. 67-75.
- PREDIERI P., 1859 - *Intorno la variazione che sembra venuta nel clima bolognese*, « Memorie della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna », T.X, Bologna, pp. 213-328.
- RABAGLIATI R. - SERANDREI BARBERO R., 1982 - *I ghiacciai delle Alpi Giulie dal 1920 al 1979. Spostamenti delle fronti e variazioni climatiche*, « Studi Trentini di Scienze Naturali - Acta Geologica », 59, pp. 105-126.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA - SERVIZIO CARTOGRAFICO E DEI SUOLI, 1976 - *Carta della utilizzazione reale del suolo. F. 74, III S.E. (Reggio nell'Emilia)*, Bologna.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA - SERVIZIO CARTOGRAFICO E DEI SUOLI, 1980 - *Carta della utilizzazione reale del suolo. F. 89, II S.O. (Ravenna S.E.)*, Bologna.
- RESPIGHI L., 1857 - *Notizie sul clima bolognese dedotte dalle osservazioni meteorologiche fatte dall'osservatorio della P. Università nel trentennio 1814-1843*, « Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna », estratto dal T. 7, Bologna.
- REVELLE R., 1985 - *Anidride carbonica*, « Le Scienze - Quaderni », n. 20, pp. 43-51.
- ROBERTS W.O. - LANSFORD H., 1981 - *Il ruolo del clima*, Zanichelli, Bologna.
- ROSSI G., 1984 - *L'évolution bioclimatique actuelle de la région des plateaux (Sud-Ouest du Togo)*, « Revue de Géomorphologie Dynamique », 23, n. 2, pp. 57-72.
- SALMELLI D., 1986 - *L'alluvione e il freddo: il 1705 e il 1709*, in: *Le meteore e il frumento*, a cura di R. Finzi, il Mulino, Bologna, pp. 17-97.
- SERENO N., 1981 - « *Annus fructificat, non tellus* ». *Considerazioni preliminari sulla « piccola età glaciale » nelle campagne del Basso Piemonte*, « Bollettino della Società per gli studi storici, archeologici ed artistici della provincia di Cuneo », fasc. 85, pp. 155-187.
- SORTINO M. - GIACCONE G. - GIANGUZZA A. - DIA G., 1976 - *Effetti dello*

- smaltimento delle acque reflue e dei residui provenienti dalla lavorazione del marmo (litorale di Trapani) sulla vegetazione bentonica e sul rendimento delle tonnare*, « Memorie di Biologia Marina e di Oceanografia », 6, n. 6, pp. 249-276.
- STOMMEL H. - STOMMEL E., 1979 - *L'anno senza estate*, « Le Scienze », n. 132, pp. 94-100.
- STRAHLER A.N. - STRAHLER A.H., 1977 - *Geography and man's environment*, John Wiley and Sons, New York, pp. 222-231.
- UTTERSTRÖM G., 1955 - *Climatic fluctuations and population problems in early modern History*, « The Scandinavian Economic History Review », 3, n. 1, pp. 3-47.
- VEGGIANI A., 1973 - *Prove e considerazioni su due periodi di dissesti idrogeologici nella Pianura Padana in epoca storica*, « Atti Ufficiali del 3° Convegno Nazionale di Studi sui problemi della geologia applicata », ANGI, Firenze 1, pp. 157-164.
- VEGGIANI A., 1979 - *Prove di un ciclo climatico di piovosità nell'alto medioevo nel Cesenate*, « Studi Romagnoli », 30, pp. 87-101.
- VEGGIANI A., 1981 - *Ricerche di paleoclimatologia alpina e appenninica: cicli climatici di piovosità e laghi di frana nell'alta valle del Lamone in epoca storica*, « Studi Romagnoli », 32, pp. 3-14.
- VEGGIANI A., 1982 - *La Piccola Età Glaciale e gli impaludamenti tra Conselice e Alfonsine*, « Studi Romagnoli », 33, pp. 3-19.
- VEGGIANI A., 1983 - *Degrado ambientale e dissesti idrogeologici indotti dal deterioramento climatico nell'alto medioevo in Italia. I casi riminesi*, « Studi Romagnoli », 34, pp. 123-146.
- VEGGIANI A., 1984 - *Variazioni climatiche e presenza umana sulla montagna tra Toscana e Marche dall'alto medioevo al XIX secolo*, in: *La Montagna tra Toscana e Marche. Ambiente, territorio, cultura, economia, società dal medioevo al XIX secolo*, Angeli, Milano, pp. 25-39.
- VEGGIANI A., 1985 - *Le alluvioni di Piobbico nel quadro dei cicli climatici di epoca storica*, « Atti del I Convegno di storia locale - Piobbico 2-3 settembre 1983 », Piobbico, pp. 51-69.
- VEGGIANI A., 1986 - *Clima, uomo e ambiente in Romagna nel corso dei tempi storici*, in: *Romagna - Vicende e protagonisti*, a cura di C. Marabini e W. Della Monica, Edison, Bologna, pp. 3-19.
- VENZO S., 1971 - *Gli stadi tardo-würmiani e post-würmiani nelle Alpi insubriche valtelinesi*, « Atti della Società Italiana di Scienze Naturali », CXII, pp. 161-276.
- VERNELLI C., 1981 - *Crisi demografiche e vicende meteorologiche a Jesi nel diario di Francesco Manuzi, 1606-1627*, « Proposte e Ricerche », 7, pp. 127-161.
- VITA FINZI C., 1969 - *The Mediterranean valleys: geological changes in historical times*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 72-76.
- VITA FINZI C., 1975 - *Late Quaternary alluvial deposits in Italy*, in: *Geology of Italy*, C.H. Squyres Edit., Tripoli 1975, pp. 329-340.
- VON RUDLOFF H., 1967 - *Die Schwankungen und Pendelungen des Klimas in Europa seit dem begin der regelmässigen instrumenten-beobachtungen (1670)*, Braunschweig.
- WILLIAMS G.E., 1986 - *Cicli di attività solare nel Precambriano*, « Le Scienze », n. 218, pp. 86-98.



GINO ARRIGHI

PIERO DELLA FRANCESCA MATEMATICO INSIGNE

Il trovar che un artista del Quattrocento, in special modo se è architetto, si sia intrattenuto anche a scrivere di matematica quale premessa essenziale alla trattazione della sua attività principale, non desta alcuna meraviglia, si tratta di avvenimento tutt'altro che raro e agli studiosi di storia dell'arte son noti gli scritti di tal sorta che, da vari ricercatori e da me, sono stati portati alle stampe.

Ora è da parlarsi di un artista che più volte ebbe a scrivere di matematica e non fu architetto; ma non sta in ciò la sua caratteristica fondamentale ché ben altre e di alto livello gli debbono essere riconosciute: intendo dire di Piero della Francesca.

Tre sono gli scritti matematici del grande borghigiano, o almeno tanti sono quelli a noi pervenuti; ne parlerò, non nell'ordine cronologico della loro composizione perché è assai incerto, bensì in quello con cui comparvero alle stampe: i primi due ci sono pervenuti in copia, il terzo è autografo.

La prima di queste opere, la più nota e studiata, è il *De prospectiva pingendi* edito da Costantin Winterberg a Strasburgo nel 1899; per il motivo accennato di sopra non mi intratterò sul suo contenuto e dirò piuttosto della sua validità scientifica.

Euclide con l'ὀπτική, anche avvalendosi dei precedenti ritenuti più validi, ci offre il primo organico e scientifico trattato di ottica o vuoi di « *perspectiva naturalis* » la cui fortuna si conserverà a lungo. Troviamo poi un periodo assai lungo folto di esperienze e soluzioni più o meno felicemente raggiunte, di riflessioni che l'un artista compie sull'opera dell'altro, un periodo che potremmo chiamare felice per trovar personaggi di alto rilievo nel campo dell'arte occupati attorno alla « *perspectiva artificialis* ».

Ma, a rigore di logica, dobbiamo convenire che un tale stato di cose mostra l'essere ancora nella *fase prescientifica* di quella dottrina e solo con la comparsa dell'opera di Piero si entra nella *fase scientifica* e validamente tanto che il suo primato si conserverà a lungo.

Si consideri che l'opera ha oggetto geometrico cioè matematico e, proprio per questo lato, assume una ulteriore importante validità. Quando i matematici del Quattrocento non erano ormai in grado di dire più nulla di nuovo e restavano insensibili all'importante questione, pur matematica, che da tempo assillava quasi tutti gli artisti, spettava proprio ad un artista comporre un trattato matematico che doveva aprire la via a due rami, e dei principali, della matematica: la geometria proiettiva e la geometria descrittiva. E questo, convien dirlo, è moltissimo, l'importanza dell'ottima lezione prospettica è ben superata e su piano più vasto.

Prima di passare oltre mi sembra opportuno richiamare che la « prospettiva pingendi » non esaurisce il problema della rappresentazione in due dimensioni degli enti che ne hanno tre e Piero ben lo sa come mostra la scena, ben distinta dalle altre, del « sogno di Costantino » in San Francesco di Arezzo. Questa « prospettiva », col nome di « prospettiva lineare » e più spesso « lineale », verrà a considerarsi quale una delle « parti principali » di una *prospettiva* volta, ma ancora in modo non sufficiente, alla rappresentazione precisata più sopra. Spetterà a Leonardo da Vinci lo scriver di questo se pure senza quell'ordine che esige un trattato; ma il problema che non è soltanto geometrico e matematico e chiede l'impegno di altre discipline, quali ad esempio la fisica e la psicologia con una attenta rilettura della *Farbenlehre* di Goethe, attende ancora la sua trattazione.

* * *

Una seconda opera scientifica pierfrancescana è il *De quinque corporibus regularibus* edito a cura di Girolamo Mancini nel 1916 fra le « Memorie della R. Accademia dei Lincei »: ora, a differenza di quanto si ha per la precedente dove a titolo in latino segue testo in volgare, pure il testo è in latino.

Questo trattato riceve talvolta la qualifica di *Libellus* il che può condurre ad una valutazione errata ché, circa la estensione, consta di circa cento pagine a stampa ed è corredato da

otto tavole con 166 disegni; per quanto riguarda la qualità del contenuto non resta che invitare alla sua lettura.

Il titolo dell'opera ha significato estremamente riduttivo giacché, oltre i cinque poliedri regolari chiamati « solidi platonici » (tetraedro, esaedro o cubo, ottaedro, dodecaedro, icosaedro), Piero considera anche i poliedri semiregolari, cioè con facce regolari non tutte eguali e angoloidi uguali ma non regolari, che vengono detti « poliedri archimedei » giacché Archimede ne scoprì tredici di quella sorta; Erone ci dice che Platone ne conoscesse due e tale attribuzione può forse dedursi da un passo del *Timeo*. Fra le tante questioni trattate in quest'opera ricordo ad esempio quella, per taluni di quei poliedri, della inscrivibilità reciproca e nella sfera.

Certamente più di un motivo ebbe a determinare Piero a compiere questo lavoro e in principio debbo ricordare che il tempo suo era ben favorevole alla riconsiderazione di argomenti della cultura greca; ma qui è opportuno avvertire che i solidi regolari si incontrano anche fuori di questa. Inoltre Piero, come artista, non poteva restare indifferente alla loro magica « bellezza » alla quale non si sottrasse, come è noto, anche l'interesse di altri; poi è da dire che il loro studio si inserisce in una ricerca di situazione spaziale certamente di costume per il fondatore della « perspectiva artificialis ».

Infine è opportuno osservare che questo scritto di Piero, e non soltanto per la sua ampiezza, rimane solo per secoli e secoli.

* * *

La terza opera matematica pierfrancescana che, come già ho detto è l'unica pervenutaci in autografo, fu edita da me in Pisa nel 1970. Anch'essa ha una intitolazione che trae fortemente in inganno chi non sa della matematica medievale, *Trattato d'abaco*; ed anzi nel dar questo titolo, di larghissimo uso per opere di tal sorta negli ultimi tre secoli del medio evo, ebbi ad ampliar di concetto la dizione formulata sul principio della parte introduttiva, l'impegno « de dovere scrivere alcune cose de abaco necessarie a' mercatanti ».

Troviamo qui svolta tutta l'aritmetica e anche con argomenti che forse non compaiono più negli attuali trattati e con metodi talvolta solo in uso ai tempi dell'autore, seguono il cal-

colo dei radicali e l'algebra ed infine troviamo una parte destinata alla geometria che può ritenersi quasi una versione in volgare della precedente opera, col mantenere pure la parte introduttiva concernente i poligoni.

Di quest'opera si avvale più che largamente fra Luca Pacioli per la sua nota *Summa de Arithmetica Geometria Proportioni et Proportionalita* uscita a Venezia poco più di due anni dalla scomparsa di Piero. Della cosa fece aspra denuncia il Vasari nella vita del pittore, dando così l'avvio ad una polemica che ebbe a protrarsi per secoli e sulla quale reputo di aver detto la definitiva parola di chiusura. Nel pubblicare la precedente opera fu osservato che Pacioli, per la sua, si era limitato a fare una traduzione; ma è facilmente riscontrabile che neppure questo ebbe a compiere giacché riprese quasi letteralmente la versione che compare in quest'ultima opera pierfrancescana.

Particolarmente qui Piero dimostra una razionalità veramente ammirabile nella sistematica impostazione grafica dei quesiti che spesse volte è superiore a quella degli abachisti di professione; ma il suo merito più alto è certamente nel campo dell'algebra quando fornisce procedimenti per la soluzione di particolari equazioni di grado superiore al secondo e non riducibili.

Eravamo ben lontani nel tempo dalla metodologia logico-deduttiva che impone la preliminare dichiarazione delle condizioni necessarie; ma è da osservare che Piero pone ben chiaramente in evidenza la qualità dei casi nei quali è lecito il singolo procedimento; pertanto, dopo la secolare stasi sulle equazioni di secondo grado e in attesa della trattazione di quelle di terzo e quarto che sarà conquista del secolo successivo, il contributo arrecato da Piero è storicamente di carattere tale che egli può ben dirsi il maggiore algebrista del medio evo.

* * *

Lo studio accurato di queste tre opere, delle quali ho tentato di dare un succinto ragguaglio nelle pagine che precedono, mi ha convinto che la matematica è una delle componenti della *forma mentis* di Piero della Francesca e ne è una delle più importanti.

Il convenire indubitabilmente su questa considerazione induce a porre un quesito di certo interesse e che, per contenere un termine mai fino ad ora considerato, ha altresì il carattere

di novità: qual nesso ha, in Piero, l'attività pittorica con la sua cultura matematica o, più semplicemente, disponendo di una metodologia scientifica?

Per ogni operare nella scienza necessitano almeno i caratteri certamente presenti negli scritti pierfrancescani. Il primo implica una valutazione di tutti gli elementi (attivi o passivi, in atto o potenziali) col rigetto del superfluo, dell'inutile, del ripetuto, ... Il secondo consiste in una collocazione degli elementi in mutui rapporti logici quasi a costituire un sistema chiuso in se stesso e in equilibrio.

E questo non ha riscontro alcuno nella pittura di Piero?

Così ho inteso porre, e non più, un grosso e affascinante problema e forse ho indicato l'inizio d'una via da percorrere...

LETTERE

SANTE ALBERGHI
già dell'Università di Lecce

L' EPISTEMOLOGIA DI KARL R. POPPER E LA RIFLESSIONE FILOSOFICA

L'affinità con i rappresentanti del *Wiener-Kreis* non rende trascurabile la dissertazione sulla nota distintiva di Karl Popper, ossia la precisazione che riguarda il suo « razionalismo critico », caratterizzato dal criterio di *falsificabilità* quale principio metodico che assicura la fertilità in campo scientifico.

Il progresso delle scienze, infatti, dipende, per Popper, in profondità, dall'avvertimento dei limiti ed errori da superare mediante severi controlli di fronte ai problemi sorgenti dalle elaborazioni e sistemazioni già compiute, da considerare provvisorie; cioè, come ipotesi fallibili e quindi non confermabili definitivamente. Noi « vogliamo più verità, egli ci dice, e nuove verità... la verità pura e semplice non ci basta; cerchiamo *risposte ai nostri problemi...* Solo se è risposta a un problema... una verità o una congettura intorno alla verità, diventa importante per la scienza... » (v. K. Popper, *Scienza e Filosofia*, Einaudi, 1969, pp. 184-85).

In particolare, nel processo di indagine, occorre evitare due scogli: da un lato l'*Essenzialismo*, che reclama una spiegazione ultima; dall'altro, lo *Strumentalismo*, che fa delle teorie puri strumenti di previsione, « del tutto privi di potere esplicativo » (*op. cit.*, p. 55).

La conoscenza, comunque, si avvantaggia nella modificazione delle conoscenze precedenti. Volendo semplificare in sede storica si può dire, in questo senso, che in Platone è *vero* il mito pessimistico della *caverna* e *non è vero* quello ottimistico dell'*anamnesis*; e che la *dotta ignoranza* è condizione di fecondità rispetto all'ignoto.

Ma Popper non si limita ad applicare tale metodo ai settori scientifici *stricto sensu*: lo estende al mondo storico-sociale e combatte a questo proposito lo *Storicismo* di derivazione hegeliana che predetermina il processo storico secondo momenti

ideali. Anche il processo storico, nella visione popperiana, è aperto a situazioni nuove, senza termine fisso ed ultimo. Non c'è una verità totale che promuova la storia a *tribunale del mondo* annullando la problematicità.

Senonché l'attribuzione del fallibilismo radicale alle opere ed istituzioni che si rapportano alla vita comunitaria la priva, secondo noi, del principio stesso che la regge essenzialmente; che è quello di una fratellanza universale (e quindi un principio morale immutabile) quale meta finale, quale utopia salvifica e irrinunciabile per dare un senso alla storia, per scongiurare la disperante condizione dell'« uom che va né sa dove riesca ».

Dare un significato alla vita umana, e quindi alla storia, oltre le circostanze mutevoli, è prerogativa di un essere ragionevole eminentemente impegnato a risolvere il *problema massimo* del suo esistere, connotato da una duplice dimensione: quella fisica e quella spirituale, in una sintesi di fatti e di valori che investono la fattualità, ordinandola all'affermazione progressiva del *permanente* richiamato dalla feconda insoddisfazione del contingente.

Ma questa aspirazione, inerente alla dignità della *persona*, non viene perseguita senza uno *spostamento* dagli oggetti esteriori all'oggettività interiore, dalla problematicità inesausta del problema scientifico rivolto alla natura alla stabilità dei principi che internamente orientano e dirigono le scelte operative. Prova ne sia, ad esempio, l'identità della legge morale nel succedersi dei tempi e nella varietà delle circostanze storiche.

Il *problematicismo* che Popper trasferisce dal processo scientifico al processo storico elimina il carattere distintivo tra quelle che sono state chiamate *scienze dell'uomo* e *scienze della natura*.

La scienza della natura può bastare a se stessa in quanto concerne scoperte che ampliano la conoscenza del mondo circostante e delle forze che le applicazioni tecniche possono sprigionare da esso, a tutela della nostra conservazione e a protezione della nostra indigenza di fronte a quelle forze non controllate. Le conquiste della scienza riguardano perciò i *mezzi* sempre più adeguati, quali sussidi sempre più validi per migliorare le relazioni umane e i rapporti di solidarietà in clima morale e civile. Invocare oggi un ritorno allo stato primitivo è semplicemente assurdo. Ignorare, dal punto di vista teorico e pratico, le vittorie del genio e quel che c'è di incondizionatamente apprezzabile nei diversi campi di studi circa i *massimi sistemi* (dai Naturalisti dell'età classica, a Keplero, a Galileo, a Newton, ad Ein-

stein) o le ardite dottrine che si inoltrano nel « mondo microcosmico e sub-microcosmico » dietro il mondo dell'esperienza ordinaria, sarebbe offesa a quel potere che fu riconosciuto già come impressione di una « più vasta orma » nell'uomo dello Spirito creatore.

Così si dica a proposito dei confortanti progressi della medicina e della chirurgia; delle facilitazioni arrecate dalla cibernetica, delle trasmissioni audiovisive (quando siano educative culturalmente, moralmente ed esteticamente), e via dicendo. Giustamente orgoglioso delle sue invenzioni, lo scienziato moderno può dunque accettare, col dovuto discernimento, il motto *Knowledge is Power*. (Ben avvertendo, precisa Popper, che quando si dice *scienza* non si intende il limitarsi all'osservazione pura: limite che affligge Bacone rispetto a Galileo). La scienza offre dunque gli strumenti che favoriscono il vivere civile. Il progresso scientifico-tecnico crea benefici di vario genere, li rende accessibili come non mai.

Ma non costituisce *tout court* la civiltà, che richiede l'uso dei mezzi, anche più potenti, a servizio di fini che ne prescrivono unicamente l'impiego medesimo. Lo scienziato che si dichiara *neutrale* rinnega la sua *integrità* di uomo, cosciente dei valori assoluti e responsabile dell'involuzione in cui può degenerare la mancata considerazione della loro preminenza.

È fin troppo nota ed attuale la preoccupazione circa i danni incalcolabili e sconfinati prodotti da uno sviluppo tecnico unilaterale, fine a se stesso. Se ne parla ansiosamente dal punto di vista ecologico e in tema di esperimenti nucleari, nella paurosa previsione che il progresso affidato soltanto all'incremento delle scienze e delle tecniche, non sorvegliate eticamente e non condizionate da altro, cammini separatamente dalla civiltà, e la travolga, a imitazione del mitologico Saturno che divora i suoi figli.

Qui davvero si tratta di evitare l'oscillazione fra due estremi: l'ascetismo astratto, che nega o sottovaluta il lavoro creativo dell'uomo intento a rimuovere gli ostacoli che blocchino la sua ascesa ai cieli incorruttibili dei valori spirituali; e l'esclusivo interesse ed impegno concentrati in una navigazione fine a se stessa: *Navigare necesse est*, e basta. Senza che « una redenzione d'amore » intervenga, come per il wagneriano *Fliegende Holländer*, a indicare un approdo sereno fuori dalle onde tempestose.

La *grande restaurazione* da compiere, perciò, nei riguardi della personalità umana è quella di riconoscerla non soltanto

come soggetto e oggetto di scienza, bensì come depositaria, cosciente, amante di *ideali non falsificabili*, non oggetti di scienza nel senso comune della parola, perché attingibili solo nella sfera interiore ancorata all'universalità e all'infinità, alla non contingenza, al supertemporale. *Noli foras ire*. Non ci conosciamo e valutiamo integralmente se ci limitiamo ad inseguire le sempre nuove rivelazioni che rimuovono i misteri della natura; se non ci domandiamo come sia possibile accedere alla fermezza del Logo, all'eminenza e intangibilità dei principi morali, al sentimento dell'infinito che si cala nelle immagini, trasfigurandole, quale fonte originaria della *catarsi* estetica (riesaminando, così, rinverdita, la triade platonica Vero, Bene e Bello, che modella incondizionatamente di sé i più ammirevoli frutti della civiltà).

La ricerca scientifica, legittima e stimolante, concorre alla crescita dell'uomo in funzione sussidiaria sondando incessantemente l'universo e la cosmicità che ci esalta e ci umilia per la nostra finitezza in una immensità che anche « ci spaura »; non ha e non si assume altro compito. Ma *l'inquietum cor* aspira a un appagamento che la condizione esistenziale e mortale nel mondo fisico non può elargire. La partecipazione a « ciò che non muore », la risposta assoluta *al quid prodest* viene dall'interno, preludiata dall'idea universale dell'essere, che si propone come il bene supremo e come stimolatore dell'alta fantasia, ad alto livello di vita.

Questa riflessione, per così dire, alla seconda potenza, è quella specifica della filosofia, in quanto metafisica, e cioè come vera e propria *Geisteswissenschaft*. Negare alla filosofia questo carattere e questo ruolo, come fa ogni neopositivismo, significa ridurla a un nome vano senza soggetto.

Ma quando si sia pervenuti ai valori che la conoscenza filosofica identifica come universali, supertemporali, ultimamente finali, evitando così una *deminutio capitis* e introducendo nella conoscenza di noi stessi una differenza qualitativa, rimane da evitare la contraddizione che pretende la derivazione dell'universale dal particolare e il sentimento dell'infinito dal finito. *Nos non nobis* è dunque la formula che elimina questa contraddizione postulando razionalmente la trascendenza.

All'autolimitazione delle scienze della natura la speculazione filosofica, a completamento dell'attualità dell'uomo, sintesi di finito ed infinito, affianca le argomentazioni che impediscono di paragonarlo sconsolatamente ad una « povera foglia frale », sbattuta dal vento e destinata a sparire.

GIUSEPPE BERTONI

ANTONIO PADOVANI
GIURECONSULTO E UMANISTA FAENTINO

Sul fronte della casa recante il numero civico 38 di via XX Settembre in Faenza si legge un'epigrafe del seguente tenore:

ANTONIO PADOVANI

nella scienza del Diritto e della Statistica
dotto e illustre
ebbe qui nascita
il XXIII febbraio MDCCLXXXVII
Mori di anni XLI in Pavia
del cui Ateneo fu ornamento e splendore

In questa casa dunque nacque nel 1787 Domenico Antonio Damiano Padovani, che fu 'ornamento e splendore' dell'Università di Pavia. I suoi genitori furono Silvestro e Lucia Amari. Il padre avrebbe esercitato la professione di chirurgo ed era ancora vivente nel 1808 ⁽¹⁾. Dopo avere studiato grammatica e lettere umanistiche privatamente e dopo avere frequentato per

(1) Questa notizia biografica deriva da annotazioni registrate, ma senza documentarle, da G.M. Valgimigli nel ms. 62 della Biblioteca Comunale di Faenza, IV *Appunti per la Storia*, BC, p. 48 e V *Pro Memoria e Miscellanea*, CC, pp. 23 e 45. Inoltre sempre nel ms. 62, ma III *Appunti per la storia dei secoli XVI-XVIII*, MM, p. 35 si dice che Antonio Padovani nel 1805 figurava «tra' sussidiati della Beneficenza», ma la notizia è dubbia, considerata l'attività professionale del padre, sempre che l'informazione del Valgimigli sia attendibile; in ogni caso può trattarsi di un omonimo. A. Comandini, *L'Italia nei cento anni del secolo XIX*, vol. dal 1828 al 1848, Milano, Ant. Vallardi, 1902-1907, p. 150, nel segnalare la morte del P. all'11 agosto 1829, che — ci informa correttamente l'Autore — era un martedì, pone la nascita erroneamente nel 1788. Quanto alla data della morte, il Valgimigli in ms. 62 III, GM, p. 56 e PM, p. 33 indica il mese di giugno, mentre il *Calendario faentino con note storiche*, pubblicato settimanalmente ne «Il Piccolo» di Faenza a firma di *Flavus*, nel n. 32 dell'11 agosto 1901, p. [4] fa riferimento all'agosto, confermato pure dal *Discorso* pronunciato da Giovanni Zuccala, *Nelle esequie del prof. A.P., Rettore Magnifico nell'I.R. Università di Pavia*, Pavia, Dai Tipi Bizzoniani, li 14 agosto 1829 e da G. Chiappa, *Necrologia* in «La Minerva Ticinese», fasc. XXXIII, 19 agosto 1829, pp. 563-69. Vd. anche nn. 6 e 13.

due anni il Liceo del Regno Italico, detto Dipartimentale, perché unico nel Dipartimento del Rubicone, aperto a Faenza il 2 gennaio 1804 ⁽²⁾, Antonio Padovani passò all'Università di Bologna per studiarvi Diritto, Lingua e Letteratura greca, Numismatica ed Epigrafia, conseguendo la laurea in entrambi i Diritti il 9 giugno 1808. Negli anni 1808-1810 fece pratica legale presso lo studio dell'avv. Giovanni Vicini, come risulta da un certificato sottoscritto dallo stesso avvocato e datato Bologna, 16 luglio 1810 ⁽³⁾.

Il 27 dicembre dello stesso 1810 dal Direttore Generale della Pubblica Istruzione del Regno Italico, Scopoli, ricevette in forma riservatissima l'offerta di una cattedra di Diritto Civile in un Liceo, che poi fu quello di Sondrio, ove ottenne la nomina effettiva con Decr. 10 aprile 1811; più tardi fu designato reggente ivi stesso da S.A. Imperiale il Principe Vicerè d'Italia mediante Decr. del 6 ottobre 1813 dal Campo di Gorizia, comunicatogli con lettera ufficiale dal Prefetto del Dipartimento dell'Adda in data 10 dello stesso mese ⁽⁴⁾. Colà infatti pubblicò la traduzione dell'*Epitalamio di Elena* di Teocrito proprio nel 1813 (vd. oltre) in occasione delle nozze di Maria Caimi con Rodolfo De Salis. La sposa era figlia di Giuseppe Caimi, Elettore nel Collegio de' Commercianti e Membro del Consiglio Dipartimentale dell'Adda, al quale il P. dedicò la traduzione in una premessa (p. [3]) datata da Sondrio il 26 febbraio 1813 ⁽⁵⁾. Nello stesso anno il P. fu a Faenza il 15 novem-

(2) Cf. *Il Liceo «Torricelli» nel primo centenario della sua fondazione*, Faenza, Stab. Grafico Fratelli Lega, 1963, p. 16.

(3) Ms. 180, conservato presso la Biblioteca Comunale di Faenza, III *Scritti vari* del P. La firma del Vicini risulta autenticata dal Cancelliere dell'Università Regia di Bologna.

(4) Ms. cit. III, *Scritti vari*, fra i 17 documenti rilegati in fondo al volume e L. Dal Pane, *Antonio Padovani professore di Statistica nell'Università di Pavia* in «Per le nozze di Augusto Campana e Rosetta Fabi, XXIX aprile MCMXXXIII», Stabilimento Grafico Fratelli Lega, Faenza 1933-xi, pp. 109-136 e in opuscolo a parte (con paginazione propria), al quale si farà qui riferimento, pp. 4-7 e note 6-7 a p. 25.

(5) *Agli illustri Imenei / de' Signori / Maria Caimi / di Sondrio / e / Rodolfo De Salis / di Tirano / Epitalamio / d'Elena di Teocrito*, Sondrio 1813. Dalla Stamperia Dipartimentale. All'interno del volume ms. cit. alla n. precedente (che presenta una paginazione plurima) si riscontra la riproduzione del seguente frontespizio di un opuscolo che dovrebbe essere stato stampato, ma di cui non ho trovato traccia: *Elogio di Giuseppe Averraro, Orazione inaugurale degli studi data nella grand'aula del Reale Liceo dell'Adda il 15 giugno 1812*, Dalla Stamperia Dipartimentale, Sondrio, 1813. La Preside del Liceo Ginnasio Statale «G. Piazzini» di Sondrio, prof. Anna Bordononi Di Trapani con sua gentile missiva del 7 febbraio 1987 (data del timbro postale), per la quale la ringrazio sentitamente, mi ha informato che il Liceo Dipartimentale dell'Adda era situato nell'ex Convento dei Cappuccini, radicalmente trasformato in questo secolo ed ora sede del Convitto Nazionale e che di una lapide murata nello stesso Liceo, celebrativa di un premio istituito con decr. del 15 marzo 1811 e

bre per impalmare Rosanna Marcori, da cui ebbe un unico figlio, Carlo.

Dopo la soppressione del Liceo di Sondrio, avvenuta il 24 novembre 1814, passò a quello di Como, ove insegnò Istituzioni civili ⁽⁶⁾. Qui diede alle stampe nell'anno 1817 il primo

conferito nel 1813 a Giuseppe Longone, scolaro del P., di cui fa cenno A. Montanari, o.c. alla n. 8, p. 155, non vi è più traccia. La stessa Preside mi ha pure riferito che l'opuscolo predetto non è posseduto né dalla Biblioteca del Liceo né da quella Civica di Sondrio.

(6) L. Dal Pane, o.c., p. 25. Nel vol. IV del ms. cit., intitolato *Institutiones juris civilis*, a p. 64 e ss. si trovano *Antonii Padovani Jurisconsulti et Antecessoris* [= Professore di diritto] *De studio Civilis prudentiae prælectio in Cæsareo Regio Liceo* [sic] *Lariano habita cum Iuris Professionē auspicaretur* e a pag. 266 e ss. le *Lezioni di Diritto Romano dette nel C[esare]°-R.° Liceo del Lario*. Nelle more della soppressione del Liceo di Sondrio, il P. alla ricerca di un nuovo posto di insegnamento si era rivolto ad un suo concittadino, noto letterato e poeta, Camillo Bertoni (1769-1847), Prefetto [come egli lo chiama, ma più correttamente *Delegato*] del Dipartimento del Rubicone a Forlì, ove era stato costituito un *Consiglio di Amministrazione dipartimentale*, dipendente da una Commissione governativa residente in Bologna, con una lettera datata da Milano il 19 settembre del 1814, che è conservata nella Raccolta Piancastelliana di Forlì (cf. *Inventari dei manoscritti delle Biblioteche d'Italia, Collezione Piancastelli*, vol. XCVIII, Firenze, L.S. Olschki, 1980, p. 4, ms. 615-52) e dalla quale si deduce che fra il P. e il Bertoni dovevano sussistere rapporti affettivi, oltre che di conoscenza. Eccone il testo: «Al Chiarissimo Signore / Il Signor Camillo Bertoni / Prefetto del Dipart.° del Rubicone / Forlì - Carissimo e Pregiatissimo Signor Camillo. Potendo avvenire che codesto Dipartimento unitamente alle altre legazioni, appartenga, come è grido, ad un Principe di Germania e in tale ipotesi venendo ad essere dichiarati forastieri tutti gl'Impiegati che sono di codesti paesi, essendo io tra questi ò pensato che provvederei a me stesso se mettessi a Lei ricorso che tante volte mi à esternato l'affetto di giovarmi. Il perché io me le rivolgo, Preg.° Signor Camillo ond'Ella mi sia largo di patrocinio nel caso anzidetto per ottenermi quella carica che mi convenga. A Lei non è ignota la mia qualunque capacità, non la distinzione che io m'ebbi ne' scolari a cui vorrà aggiungere l'essere io stato fatto membro dell'Accademia di Scienze e lettere di Milano. Pertanto io reco fidanza che Ella avrà memoria di me, e pieno del desiderio di una Sua carissima, aggradisca che mi sottoscriva con stima ed affetto. Milano, 19 7bre 1814 Obl.mo Aff.° Servo Ant.° Avvocato Padovani». Unita a questa lettera con segnatura 615-53 si trova ms. una *Nota biografica* derivata da un non meglio precisato «Diz. Univ.», che dichiara il P. nato a Faenza nel 1788. Fra i 17 documenti legati in fondo al vol. III del ms. del P. già cit., si trova pure il Diploma originale con cui il P., professore «di logica e d'istituzioni civili» nel Liceo Dipartimentale dell'Adda (a Sondrio) venne nominato il 24 luglio 1814 Socio corrispondente della Società Scientifico-Letteraria di Milano. Ivi stesso in un documento della Prefettura dell'Adda in data 26 agosto successivo il Professore reggente A.P. veniva elogiato per le sue vaste cognizioni e per l'ottima condotta. Nella nota biografica sopra menzionata della Piancastelliana il P. è definito uomo «studiosissimo, e di grande ingegno» e vi si dice anche che egli «ebbe moltissimi amici ed ammiratori» e «coltivò anche con plauso le Belle Lettere». Il medesimo errore dell'anno di nascita e l'inesatta età della morte a 41 anni del P. si registrano nel profilo tracciato da G. Chiappa in «Biografia degli Italiani illustri nelle Scienze, Lettere ed Arti del secolo XVIII e de' Contemporanei» compilata da letterati Italiani di ogni Provincia e pubblicata per cura del prof. Emilio De Tiplado, vol. secondo, Venezia, Dalla Tipografia di Alvisopoli, MDCCCXXXV, pp. 353-54, ove fra l'altro si legge che il P. «raccolse belle e splendide edizioni de' nostri classici, specialmente di Dante, il quale formava la sua principale delizia. Raunò anche una ben intesa collezione di economisti da Senofonte a Melchiorre Gioja». Il Chiappa fa rinvio alla sua *Necrologia del prof. A.P.*, Pavia, Presso Bizzoni, 1829.

dei tre *Inni a Venere*, attribuiti ad Omero (7). Nell'anno precedente era uscita a Milano una *Vita dell'Imperatore Giustiniano compilata dall'Avv.° A.P.* Professore di Diritto Civile nel Cesa-reo Regio Liceo di Como e Membro di varie Accademie, 1816, coi tipi di Giovanni Giuseppe Destefanis a S. Zeno, recante sul frontespizio in caratteri greci (non completi però di spiriti e accenti) un aforisma derivato dal I. III dei *Detti Memorabili* di Senofonte (8).

Quando il P. partì da Faenza « per Como » (ma deve intendersi Sondrio) quale « professore di Diritto Civile nel Liceo Dipartimentale stabilito in detta città », un suo caro amico, il co. Ferdinando Pasolini Dall'Onda, anch'egli « dottissimo di lettere greche », come il P. stesso lo qualificherà nel dedicargli il sopra ricordato *Inno a Venere* (pp. 3-4) in occasione delle sue nozze con Orsola Rondinini (9), compose per lui uno dei suoi in-

(7) *Inno a Venere / di / Omero / tradotto dall'Avvocato / A.P. / Professore di Diritto Civile nel R.C. Liceo di Como / e membro di varie Accademie, Como MDCCCXVII, Dalla Stamperia Provinciale di Carlantonio Ostinelli. Le opere a stampa di cui venne a conoscenza, il Valgimigli le indicò nel ms. cit., V (PMM), RS, p. 17.*

(8) L'esemplare conservato nella Biblioteca Comunale di Faenza (segnatura: MF 22/47) reca alcune note mss. di mano dell'Autore. Si è detto che il P. avrebbe pubblicato anche il primo volume della traduzione del *Corpus Juris Civilis*, ma pare che di Giustiniano egli abbia stampato solo la *Vita*. Vd. L. Dal Pane, o.c., p. 5. Ant. Montanari ne *Gli uomini illustri di Faenza*, vol. I, pt. II, Faenza, Dalla Tipografia Pietro Conti, MDCCCLXXXIII, p. 157, n. 1 afferma che il P. tradusse tutto il *Corpus Juris Civilis*, del quale sarebbe stato pubblicato solo il primo volume per colpa dell'Editore e che il ms. in conseguenza di ciò sarebbe andato perduto. Ma il Montanari non fa al riguardo alcun riferimento bibliografico.

(9) Il co. Ferd. Pasolini Dall'Onda era quasi suo coetaneo, essendo nato il 2 gennaio 1788. Per sue notizie biografiche si vedano A. Montanari, *Gli uomini illustri di Faenza*, cit., vol. I, pt. II, p. 195 e ss. (il quale ricorda che fra i busti modellati da Giovanni Collina-Graziani sulla facciata del palazzo faentino già Pasolini Dall'Onda in v. Severoli si trova anche quello di A.P., come conferma il *Calendario faentino* de « Il Piccolo » sopra cit. L'informazione peraltro non ha sicuro fondamento. Infatti il nome tracciato nella parte inferiore della nicchia nella quale si trova il busto, che dovrebbe corrispondere a quello del P., è in parte scomparso, ma le lettere superstiti F.P...INI inducono ad attribuire detto busto piuttosto a Ferdinando Pasolini. Gli altri busti sono quelli di G. Ballanti, T. Minardi, D. Strocchi, G. Emiliani, G. Pistocchi, G. Sarti) e A. Messeri - A. Calzi, *Faenza nella storia e nell'arte*, Faenza 1908, p. 589. A proposito del palazzo Pasolini Dall'Onda, ricordato sopra entro la parentesi di questa stessa nota, ritengo che la datazione del restauro della facciata, suggerita da A. Archi - M.T. Piccinini (in *Faenza come era*, F.lli Lega Editori, Faenza 1979, p. 236: « opera tardo-ottocentesca ») e da E. Golfieri (*L'arte a Faenza dal neo classicismo ai nostri giorni*, II, Faenza 1977, p. 8, n. 14: « 1880 circa ») debba essere alquanto anticipata. Infatti nell'Arch. Com. di Faenza citato nella n. 15 a p. 178, al Tit. XVII dell'anno 1870, fasc. *Permessi di ornato* si trova la domanda con la quale il co. Benvenuto Pasolini chiedeva il 28 maggio 1869 all'Autorità Comunale di poter restaurare e decorare la facciata e il fianco del suo palazzo, rendendo noto il proprio intendimento di cominciare i lavori nel corso dell'anno. La domanda veniva accolta con lettera n. 1938 dell'11 giugno successivo. Altra domanda fu inoltrata il 4 luglio 1870 al Presidente dei Lavori Pubblici per applicare uno spe-

numerevoli sonetti d'occasione dati alle stampe, il CLXXV⁽¹⁰⁾. Questo dichiara il Pasolini stesso in una nota a p. 393, mentre in testa al sonetto scrive: « Partendo da Faenza sua Patria / per Milano nell'anno 1813 il valoroso Giovane / Signor A.P. / Dottore in Leggi ». Il sonetto semplice nella forma, ma rivelante una penna esperta nella composizione di poesie occasionali, cosparso di luoghi comuni e di motivi augurali e parenetici, è peraltro testimonianza di un sincero affetto alimentato da comuni interessi letterari e, in particolare, di grande amore per gli studi di greco. Esso così recita:

Poiché ten parti, Amico, e l'ultim'ora
 Omai sen fugge, che tu qui soggiorni,
 Pria ch'ambo ne disgiunga, odimi, e ancora
 Tua mente a voti miei per poco torni.

Te il Fato ognor protegga, e in Cielo ognora
 Volga l'Anno per te felici giorni;
 Ed ora, e sempre la novella Aurora
 D'ogni altra più propizia a te ritorni.

Di Temide cultor l'altrui sciagura
 Vendicata per te venga dai Rostri,
 E teco sia ragion salda, e sicura:

A dito fede, onor, virtù ti mostri,
 Serbando entro tuo cuor candida, e pura
 La Santa Religion de' Padri nostri⁽¹¹⁾.

Nel 1817 il P. fu nominato con Decr. dell'I.R. Governo di Milano in data 26 settembre Docente di « Statistica generale d'Europa e particolare austriaca » nell'Università di Pavia, succedendo al prof. Adeodato Ressi di Cervia, economista e patriotta (1768-1822), morto in carcere a Venezia. Ricoprì la cattedra

tone nel fianco dell'edificio (vd. *ibid.*). Nel medesimo Arch. (Magistratura - Faenza, Miscellanea - Piante n. 44) si conserva il disegno del nuovo prospetto della facciata, datato il 24 marzo 1866 e delineato dall'ing. arch. Achille Ubaldini (1824-1888). Ringrazio sentitamente il personale dell'Archivio, che mi è stato di grande aiuto nella non facile ricerca.

(10) *Sonetti del conte Ferdinando Dall'Onda Pasolini faentino Pastore Arcade e socio d'altre Accademie*, Faenza, Per Montanari e Marabini con caratteri bodoniani, MDCCCXXXII. I componimenti poetici sono 301, quasi tutti sonetti (di qui la ragione del titolo), alcuni dei quali anche acrostici.

(11) Ivi, p. 205.

prima come supplente dal settembre 1817 all'agosto 1819, poi come ordinario dal 12 agosto 1819 al 1822⁽¹²⁾. Con Decr. del 20 febbraio 1822, partecipatogli dal Direttore della Facoltà Politico-legale con lettera da Pavia del 31 marzo successivo, passò ad occupare la cattedra di « Procedura giudiziaria nelle liti e fuori, Procedura notarile e Stile degli affari con un continuato elaboratorio pratico ». Il 6 settembre 1828 fu nominato dal Collegio dei Dottori della Facoltà Rettore dell'Università per l'anno 1828/29 con comunicazione a firma del prof. Bordoni, ma poco dopo, colpito da meningite, morì all'età di 42 anni e fu sepolto nel cimitero di Pavia⁽¹³⁾.

All'annuncio della morte il suo sincero amico Ferd. Pasolini Dall'Onda non poté trattenersi dall'esprimere il proprio vivo cordoglio in un sonetto, il CXXXVIII, che offrì al M.R. Sig. D. Pietro Padovani, arciprete della Pieve di Corleto, zio del defunto. Eccolo:

E tu nell'ore della vita estreme
 Me rimembravi, o dolce Amico mio,
 Che salendo a bearti in seno a Dio
 Ti partisti da Valle ove ognun geme?

Ed io rammento pur, siccome insieme
 Traemmo la età prima al suol natio,
 E la Felsina dotta indi ne unio,
 In cui crescesti sì la Patria speme:

Speme, che ben tu poi rendesti piena,

(12) Il 19 novembre 1818 fu invitato dal Rettore dell'I.R. Collegio Ghislieri Ab. Paolo Tosi a ripetere le lezioni universitarie nel Collegio stesso, come risulta da uno dei 17 documenti compresi nel ms. 180 cit. III, in fondo.

(13) Cf. per le precedenti notizie biografiche L. Dal Pane, o.c., pp. [3]-5 e le note corrispondenti a p. 24 e s. con la bibliografia elencata a p. 24, note 1 e 2. Si aggiunga a questa U. De Maria, *Letterati, scienziati, artisti e patrioti di Romagna (1750-1860)* in « La Romagna », IV (1907), p. 171, ove si dice (come già aveva scritto il Chiappa, vd. n. 6) che il P. raccoglieva belle edizioni dantesche (il Comandini, l.c. lo dichiara anche dantista); P. Beltrani, *Per il primo centenario della Biblioteca Comunale di Faenza*. Discorso commemorativo di P.B., Faenza, Tipografia Sociale E. Dal Pozzo, 1917, p. 10 e s., che include il P. fra gli astri minori, che si movevano intorno all'astro maggiore Dionigi Strocchi; *L'Università di Pavia e i suoi Istituti*, Pavia 1925, che ricorda (p. 85 e s.) la supplenza del P. dal 1817 al 1820 (ma 1819); U. Dal Pozzo, *Storia di Faenza dalle origini a noi*, Imola 1960, che appena lo ricorda a pp. 148 e (Guida alfabetica dei nomi) 210. A proposito dell'età alla quale la morte colse il P., il Montanari, l.c. gli attribuisce 41 anni, dal quale calcolo inesatto dipende forse l'analoga indicazione che appare nell'epigrafe riportata all'inizio di questo profilo e nel *Calendario faentino* de « Il Piccolo », cit. Il Valgimigli, ms. cit., V(PMM), CC, p. 45 indica esattamente 42 anni.

Mentre che fatto di tre Scuole degno
T'ebbe già, tocco il sesto lustro appena,

Tuo saver molto, tuo ferace ingegno:
Per te nostra Cittade or doglia mena,
E Lei, che resse il Longobardo Regno (14).

Nella nota 51 a p. 356 e s. l'Autore del sonetto informa che un giovane faentino studente a Pavia, il quale assisté il Professore negli ultimi periodi di sua vita, assicurava il ricordo che il P. serbava dell'amico Pasolini, ancorché fossero trascorsi 16 anni dalla sua partenza dalla città natale. Infatti, egli dice, comuni erano stati gli studi a Faenza ed a Bologna, specialmente nella legge il P. e nell'antiquaria e nella numismatica il Pasolini ed ora questi ne piangeva la scomparsa, avvenuta « a 42 anni, 5 mesi e 19 giorni », e ne esaltava l'ingegno prontissimo, la tenacissima volontà, la grande memoria, la dottrina non solo nella scienza che professava, ma anche nella lingua greca, latina e italiana (per quest'ultima segnala i versi italiani delle traduzioni). Aggiunge inoltre che « era molto stimato da' suoi pari », nonché amato e riverito dai discepoli, terminando la nota con un cenno alle pubblicazioni.

I manoscritti e le carte del P. furono oggetto di una donazione da parte del figlio Carlo al Comune di Faenza e da questo alla Biblioteca Comunale, ove tuttora si conservano. Essi furono ordinati e legati dall'avv. Enrico Ceroni in sei volumi, ai quali andò aggiunto un settimo, già fatto legare dall'Autore. L'avv. Ceroni indirizzò il 9 settembre 1867 una lettera alla Deputazione degli Studi di Faenza, di cui era allora Presidente il co. Annibale Ferniani, nella quale dichiarava di avere classificato da solo « un affastellamento di carte » di oltre 3.000 pagine, ordinandole per materia con un indice speciale per ognuna delle materie ed uno generale. Per la copia degli Indici furono spese otto lire e la rilegatura ne costò diciotto. Inoltre vennero consegnati 17 documenti personali del P. collocati in calce al vol. III, come si è detto più volte. L'avvocato infine, dato che il figlio con i mss. aveva donato al Comune un medaglione « in creta » con l'effigie del P., da lui stesso modellata, proponeva

(14) F. Dall'Onda Pasolini, o.c., p. 166.

che esso fosse posto in Pinacoteca, come poi avvenne (vd. fig. 1) ⁽¹⁵⁾.

I mss. autografi, cartacei, legati in cartone sono distribuiti dal Fiorentini ⁽¹⁶⁾ come segue: I Statistica europea (due voll.); II Procedura giudiziaria, Dell'arte Notarile (tre voll.); III Scritti vari; IV *Institutiones Iuris Civilis*; V Delle Scienze statistiche (che peraltro non è uno dei sette volumi predetti, ma un libro stampato: vd. sotto, al punto 2). Il Dal Pane (o.c., p. 5) raccoglie in tre gruppi gli scritti del P.: Scritti 1. letterari, 2. di giurisprudenza, 3. di statistica e di economia politica, non senza rilevare alcune incoerenze dell'avv. Ceroni nella ripartizione dei mss. nei vari volumi. L'interesse del Dal Pane evidentemente, come suggerisce l'intitolazione stessa del suo lavoro, è rivolto alle opere del 3° gruppo, sulle quali conduce un'indagine approfondita ed un acuto esame critico, dopo avere dichiarato che le opere di questo gruppo, e anche quelle del 2°, pur rivestendo un carattere prevalentemente divulgativo, « danno la figura della personalità morale e scientifica del loro autore ».

Qui si passano in rapida rassegna gli scritti del 2° e 3° gruppo suddetti, secondo le rispettive date di pubblicazione, per fermare di più l'attenzione successivamente sulle pubblicazioni del 1° gruppo.

1) *Vita di Giustiniano compilata da A.P.*, Milano 1816, di cui si è già discusso a p. 174. L'esemplare conservato nella Biblioteca Comunale di Faenza contiene, si ripete, varie postille mss. dell'Autore. Di questo scritto uscì un annuncio di carattere soprattutto descrittivo, ma molto favorevole nella « Biblioteca Italiana o sia Giornale di Letteratura Scienze ed Arti compilato da varî Letterati », Tomo V. Anno secondo - Gennaio Febbraio e Marzo 1817. Milano, Presso la Direzione del Giornale, p. 173 e s.

(15) Vd. Archivio del Comune di Faenza presso la Sezione Faentina dell'Arch. di Stato di Ravenna, Tit. VIII, anno 1867, Fascicolo « Manoscritti del Prof.re Antonio Padovani » consegnati alla Comunale Biblioteca. Ivi si trova, oltre alla lettera dell'avv. Ceroni, anche la sua richiesta del 6 gennaio 1867 indirizzata al Presidente della Deputazione relativamente alla copiatura degli Indici, approvata il 15 giugno successivo. Inoltre vi è conservata la ricevuta dei mss. rilasciata dalla Biblioteca Comunale a firma dell'allora suo Direttore can. don G.M. Valgimigli.

(16) Vd. S. Fiorentini, *Inventario dei Mss. della Biblioteca Comunale di Faenza*, Estr. dal vol. XXVI degli *Inventari dei Manoscritti delle Biblioteche d'Italia*, Firenze, Leo S. Olschki Editore, 1918, p. 74, n. 180. Mi corre l'obbligo di ringraziare vivamente il personale della Biblioteca Comunale di Faenza per la generosa disponibilità offertami.

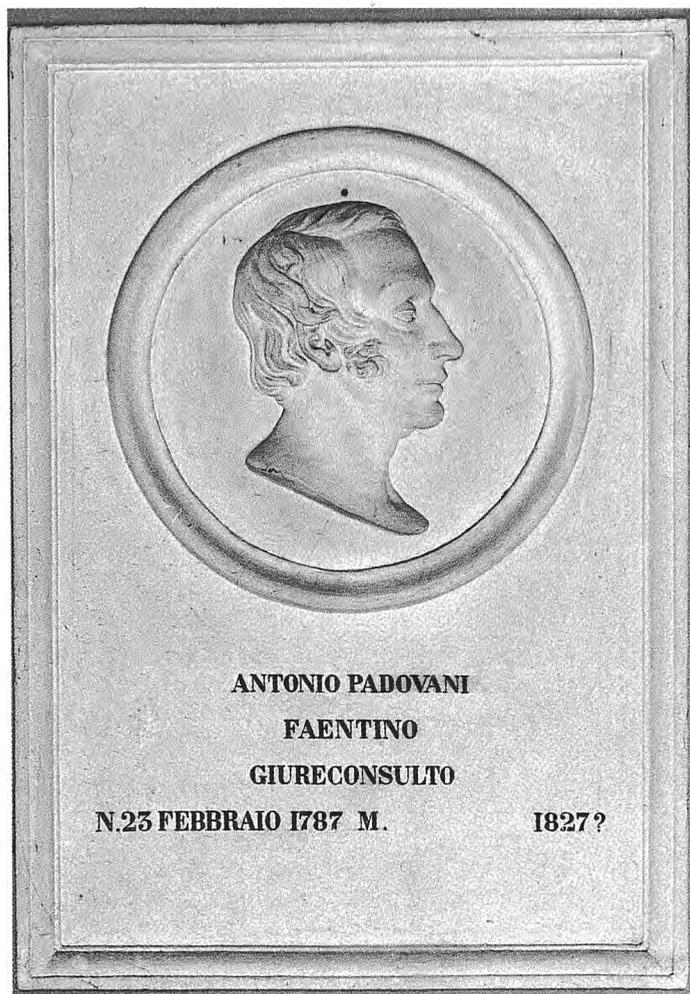


Fig. 1. Medaglione con l'effigie di Antonio PADOVANI, modellato e donato dal figlio Carlo al Comune di Faenza e murato nel vestibolo della Pinacoteca (vd. F. Argnani, *La Pinacoteca descritta e illustrata dal Prof. F.A. conservatore di essa*, Faenza, Dalla Tipografia di Pietro Conti, MDCCCLXXXI, p. 4). Da rilevare la curiosa incertezza dell'anno di morte del P. — che è senza dubbio il 1829 e non il 1827 — al momento in cui il medaglione fu collocato in Pinacoteca. Si ringrazia sentitamente il Direttore della Pinacoteca dr. S. Casadei per la gentile collaborazione offerta onde ottenere la riproduzione fotografica dell'immagine.

2) *Introduzione alla Scienza della Statistica di A.P.* giureconsulto professore emerito di Diritto romano, ora pubblico professore di Statistica europea nell'Imperiale Regia Università di Pavia e membro di varie illustri Accademie, Tomo I, Pavia, Presso Felice Fusi e Comp. success. Galeazzi, 1819. La Biblioteca



Fig. 2. Il ritratto di Antonio PADOVANI è inserito, in maniera posticcia, in testa all'esemplare della sua traduzione dell'*Inno a Venere* presente nella Biblioteca Comunale di Faenza (segnatura RF XXII.7.20). E' stato disegnato dal vero nel 1829 da Luigi Contardi e dedicato dall'Autore a D.n Bartolomeo Berti, Dottore delle Leggi, Presidente dell'I.R. Tribunale, Direttore degli Studi politico-legali e Preside della Facoltà politico-legale dell'I.R. Università di Pavia.

Un altro ritratto, non firmato, si trova a p. 154 di A. Montanari, *Gli uomini illustri di Faenza*, cit. nel testo.

Si ringrazia doverosamente la Direttrice della Biblioteca Comunale dr. Anna Rosa Gentilini per l'autorizzazione cortesemente accordata alla riproduzione fotografica del disegno e il personale della Biblioteca stessa per l'aiuto prestato alla pratica realizzazione della foto.

Comunale di Faenza possiede una copia di questo volume, la quale è corredata di molte postille e aggiunte mss. intercalate fra le pagine a stampa e corrisponde alla V sezione del ms. 180 (vd. sopra p. 178).

3) *Delle Finanze d'Atene*, Pavia 1821. Trattandosi della traduzione di un'opera di Senofonte, se ne parlerà più oltre.

4) *Delle Scienze statistiche libri dodici* di A.P. Professore ordinario nell'I. R.^a Università di Pavia, Pavia, Dalla Stamperia di Valerio Fusi e Comp.^o, 1824. Tuttavia dell'opera fu pubblicato un solo tomo, comprendente quattro libri. L'esemplare conservato nella Biblioteca Comunale di Faenza (segnatura RF XV.4.32) porta una dedica autografa dell'Autore al Dr. Carlo Rinaldoni « in attestato d'amicizia ».

5) *Le leggi civili disposte nel loro naturale ordine*. Opera di G. Domat [1625-1696]. Nuova edizione eseguita sulla traduzione stampata in Napoli purgata da molti errori con discorso e alcune note del Professore A.P., Pavia, Dalla Tipografia di Pietro Bizzoni, Tt. I e II, 1825; III-VII, 1826. Nel 1831, dopo la morte del P., l'Editore Bizzoni comunicò « Ai Lettori » (vol. VIII, pp. I-II) di avere fatto seguire in due volumi alle *Leggi civili* la ristampa dell'opera intitolata *Legum delectus ex libro Digestorum et Codicis ad usum Scholae et Fori*. Si aggiunga che fra i mss. del P. si trovano appunti di lezioni e frammenti di altre trattazioni preparatorie alla stampa, ma non portate a termine.

Sulle opere di contenuto statistico riprendo qui il giudizio del Dal Pane (o.c., p. 14) e cioè che il P. sia nelle opere a stampa che negli appunti manoscritti fa mostra di molta cultura, tuttavia non compie opera originale; il Dal Pane riconosce peraltro che l'indagine è condotta con senso realistico e che l'esposizione è chiara e ordinata, e, quindi, come lavoro destinato alla scuola, la produzione del P. nel suo genere è veramente notevole. Sottolinea poi (pp. 14-15) la sua pregevole attività di insegnamento, indicandone carattere e valore, aggiungendo che larghissimo è « l'uso che egli fa dell'economia politica » e che apprezzabili sono le « riflessioni su argomenti di economia pura ». E più oltre (p. 18) osserva che il P. « non è liberista assoluto nei riguardi del commercio internazionale », ma « quando l'interesse nazionale non è in gioco », « si mostra partigiano della libertà più assoluta ». Insomma il P. (p. 19) « continua [...] »

la gloriosa tradizione dei nostri economisti del Settecento ». E ancora il Dal Pane (p. 20) ravvisa nei suoi scritti « un vivo anelito verso la libertà politica e l'unità della patria ». Da ciò scaturisce (pp. 23-24) l'importanza del suo magistero che « preparava le menti della gioventù a concezioni elevate nel campo delle scienze sociali » e inculcava nelle anime dei suoi discepoli « sentimenti di fierezza nazionale e di amore alla patria », cosicché, anche se la produzione scientifica del P. è modesta, l'attività docente da lui svolta sotto il profilo didattico ed etico « serve a definire la personalità dell'uomo, dello scienziato, del maestro, che deve essere collocata, se non per altezza di merito, almeno per tendenze ed attività di pensiero, vicino a Melchiorre Gioia, a Luigi Molinari Valeriani, ad Adeodato Ressi! ».

Passando ora a trattare delle opere di argomento letterario e filologico, è doveroso rilevare anzitutto l'ampiezza della cultura umanistica che traspare dall'intero tessuto degli scritti del P. e di cui sono testimonianza concreta le citazioni frequentissime di autori greci, latini ed italiani sparse ovunque, ma specialmente nelle opere letterarie (17). Ma quale fosse la sua padronanza delle lingue classiche e soprattutto del greco è evidenziato dagli scritti che ora vengo ad illustrare.

1) La prima traduzione dal greco pubblicata in ordine di tempo è l'*Epitalamio di Elena* di Teocrito (vd. sopra n. 5), reso in terzine dantesche. Nella dedica al Caimi, datata da Sondrio il 26 febbraio 1813, il P. rievoca gli studi di greco coltivati a Bologna, nel corso dei quali, allettato « dalle grazie di Teocrito », ne aveva recato in versi italiani alcuni Idilli. La traduzione non è accompagnata dal testo greco e venne riprodotta nel t. VIII dello « Spettatore Italiano » (1817), N. VI, pp. 342-43. Essa è ricordata da F. Federici nel suo utile repertorio *Degli scrittori greci e delle italiane versioni delle loro opere*, In Padova, Pei Tipi della Minerva, MDCCCXXVIII, p. 185.

Le vergini di Sparta, come avverte lo stesso P. in testa alla versione, riunite in casa di Menelao sciolgono un canto fra le

(17) Si notino, a guisa di esempio, nel frontespizio della *Vita dell'Imperatore Giustiniano* la citazione da Senofonte (Detti memorabili, 1. III [2, 3] già rilevata e ne *Le Scienze statistiche* quelle da Virgilio [I Egl., 6-7] nel frontespizio, dell'aforisma XXXI del *Novum Organum* di Bacone a p. [II] ed i riferimenti a opere dei più celebri classici greci e latini, « che alla ragionata materia erano pertinenti » p. [5], a cominciare nella stessa pagina da Cicerone, *De republica*, 1. II, cap. XXXV della famosa edizione di Angelo Mai, Roma 1822, per finire al Parini.

danze in onore degli sposi. Il P. non menziona nessuna edizione del testo greco, ma è probabile che disponesse di quello di L.C. Valckenaer, Gota 1789 o di G.H. Schaefer, Lipsia 1809 o dell'edizione Tauchnitz, *ibid.* 1810 oppure, più facilmente, di quello greco-latino bodoniano di Parma del 1792. Delle traduzioni italiane poteva aver visto quella di Anton Maria Salvini, edita dal Coleti a Venezia nel 1718 e più volte ristampata, del Bellotti, Arezzo 1754 ovvero ancora dell'*Epitalamio di Elena* volgarizzato da M. Cesarotti nella prima edizione delle opere di Omero, Padova 1798 e pure da altri. Tra questi ultimi merita di essere segnalato il Camillo Bertoni ricordato alla n. 6, il quale aveva stampato nel 1805 in occasione di un matrimonio la traduzione (da lui significativamente indicata quale 'imitazione') dell'epitalamio teocriteo: *Agli illustri novelli Sposi / Giovanni Fagnoli / di Faenza / e / Vittoria Felici di Rimini / C.B. Faentino / l'Epitalamio d'Elena / imitazione di Teocrito / consacra*, Forlì, Dalla Stamperia Dipartimentale, MDCCCV. Quanto al modo seguito nel tradurre Teocrito il P., forse perché condizionato dalle rime obbligate della terzina o anche seguendo il criterio dell'interpretazione creativa diffuso nel periodo e nelle scuole del neoclassicismo, riveste il contenuto dell'*Epitalamio* con espressioni, perifrasi, coloriture formali non sempre coincidenti con l'agile grazia e l'armoniosa venustà dell'originale. In più, alcune durezza espressive e certe collocazioni un po' forzate di parole rendono faticosa la lettura. Comunque, essendo pressoché ignota questa traduzione, mi piace qui riprodurla (rispettando fedelmente il testo stampato, anche nella punteggiatura non sempre appropriata), quale omaggio al personaggio illustrato che, pur essendo uomo di legge, dimostra una non comune conoscenza della lingua greca e viva sensibilità poetica:

Quando di Leda si accogliea la prole
A le spartane maritali piume,
Presso al novello talamo, carole

Dodici dell'Eurota onore e lume,
Giovinette guidâr del crine il vanto
Fiorite di giacinto in lor costume.

Intonaron concordi un carme intanto
E Imene le regali aule Imeneo,
Imeneo risonavano a quel canto.

Sposo, giaci sì tosto? o Bassareo

Forse ti vince o il sonno? se talento
 Di crederti a le coltri in te poteo:
 Voleasi ir presto ad acquistar lo intento
 E la Ninfa lasciar finchè salia
 Il bell'astro del giorno al firmamento.
 Però che a te compagna Elena fia,
 O se dechina a la marittim'onda,
 O alle volte del ciel Febo si avvia.
 Sposo felice! a te Parca seconda
 Auspice arrise e ti affidò di spene
 Mentre di Sparta ti scorgea a la sponda.

La prole del Saturnio ecco già viene
 Teco a giacersi in piume nuziali,
 Cui simil onor vantar pelasghe arene.
 Figlio verrà sembante agl'Immortali,
 Se a bellezza materna ei pur s'informa;
 Chè noi cento eravam d'etate uguali
 Ai lavacri d'Eurota a premer l'orme
 Dello stadio viril: ma cade il folle
 Ardir che arroga le tendaree forme.
 Come dal balzo orïental si estolle
 Bella in april l'aurora, del sembante
 Così il vanto sovrano Elena tolle.
 Qual s'erge onor de' campi ordin di piante,
 O come in orto surge alto cipresso,
 Qual tessalo destriero al cocchio avante,
 Tal pur in mezzo a candido consesso,
 Di Laconie fanciulle era il decoro,
 Cui parlando, adeguar non è concesso.
 O che si avvisi di gentil lavoro
 I canestri foggiar a varj nodi,
 O pigner tela d'aracneo tesoro;
 O le talenti in suoi canori modi
 Celebrar la figliuola di Latona,
 O piacciasi di Palla dir le lodi;
 Sol di Leda la figlia ottien corona,
 E Amor ride in sue luci di sereno:
 Salve chè omai tu se' fatta matrona.

Noi, come l'agno del materno seno,
 Di te bramose, ad intrecciar ghirlande,
 Accorrà, quando aggiorna, un prato ameno;

Serto di loto umil fia si accomande
 A platano, e darem d'unguenti odore,
 Fin dove l'ombre sue l'arbore spande;

E al tronco sculte in dorico tenore
 Saran note cui legga il passeggero:
 Pianta d'Elena son, fatemi onore.

Salve o Sposa, e tu salve, che il primiero
 Fior di Vergini avesti, e il Dio sovrano
 Benigni fati genero ti fero.

Lucina stenda a voi propizia mano,
 Vi nutri amor Ciprigna, e diavi Giove
 Dovizie sino al germe più lontano.

Dormite, e brame in cor spirando nove,
 Mentre vien l'alba all'immortal soggiorno,
 Beatevi siccome Amor vi move.

Noi diman pur farem liete ritorno,
 E nuovo carne soneranno i lidi
 Quando il primo cantor saluta il giorno.

Imene, a tal connubio, Imene, arridi.

2) *Inno a Venere / di / Omero / tradotto dall'Avvocato A.P. / Professore di Diritto Civile nel R.C. Liceo di Como e membro di varie Accademie / Col testo a fronte. / Como MDCCLXXVII. Dalla Stamperia Provinciale di Carlantonio Ostinelli.*

L'opera è dedicata « Al Nobilissimo e Prestantissimo Signor Conte Ferdinando Pasolini », che l'Autore giudica dottissimo di lettere greche nel ricordo « de i greci studi insieme fatti », in occasione del suo matrimonio. Nel corso della dedica, datata Como 10 settembre 1817, il P. dichiara di avere seguito il testo greco — riprodotto del tutto in assenza di accenti e spiriti —, emendato secondo le migliori lezioni del Clark [più esattamente Clarke], dell'Ernesti e del Runchenio ⁽¹⁸⁾. Indub-

(18) Samuel Clarke, prima edizione di Omero, Londra 1729, riprodotta più volte fino al 1768. In particolare cf. *Homeri Odyssea Graece et Latine, item Batra-*

biamente il P. conosceva la traduzione degli *Inni omerici* pubblicata dallo Strocchi nel 1790⁽¹⁹⁾ e in alcune espressioni identiche od affini si avverte l'eco di questa conoscenza. Eccone alcuni esempi:

Vener coronata Padovani, v. 6

La coronata Venere Strocchi, v. 7

Sol in cor di tre Dive ella non puote P., v. 7

Solo il cor di tre dee domar non vale S., v. 9

La figlia io dico dell'Egioco, Palla P., v. 8

La figlia io dico dell'Egioco Giove S., v. 10

Diana dall'aurato arco sonoro P., v. 17

Cintia dalle frecce auree sonore S., v. 22

E il fa Giuno obbliar sorella e sposa P., v. 44

Posta Giuno in obbligo moglie, e sorella S., v. 55

(dove peraltro lo S., a differenza di P., nega il valore causativo di ἐκλελαδοῦσα del v. 40)

I grigi lupi P., v. 75

I grigi lupi S., v. 88 (che nelle edizioni successive è stato cambiato in *bigi lupi*)

P., v. 114 non traduce ἡγενής come S., anche se questi l'aveva reso con *generosa* nella prima edizione, dedicando una nota a questo epiteto.

Poiché il mio vaneggiar mi spinse a tanto / Infausto danno P., vv. 272-73

A tanto da me stessa io mi costrinsi, / Tal di mio vaneggiar ho colto frutto S., vv. 299-300

Giove d'un fulmin puniratti P., v. 312

Giove d'un fulmin ti farà morire S., v. 340

Al v. 292 l'epiteto ἐῦκτιμένης è tradotto da entrambi con *popolosa* (P., v. 316 - S., v. 345).

Comunque una differenza sostanziale si rileva fra i criteri interpretativi seguiti dai due traduttori: più vicina al testo greco

chomyomachia, hymni et epigrammata Homero vulgo adscripta, edidit S. Clarke, Londini 1740; *Homeri Opera edita secundum Clarke*, revisit J.A. Ernesti, V, Lipsiae 1764; David Ruhnkenius, *Epistola critica ad Valckenarium*, 1749 e 1782².

(19) *Inni a Venere tradotti dal greco dall'abate Dionigi Strocchi*, In Firenze MDCCXC per Gaetano Cambiagli Stampatore Reale. Il più lungo dei tre inni fu poi rifatto e ristampato più volte. Vd. *Lettere edite ed inedite del Cavaliere Dionigi Strocchi [...]* a cura di Giovanni Ghinassi, II, Faenza, Dalla Tipografia di Pietro Conti, 1865, p. 281 e s. Il primo, che ora interessa, si trova a pp. 11-28. (Una curiosità bibliografica: la Biblioteca Comunale di Faenza conserva un esemplare che presenta sul frontespizio la semplice dicitura *Traduzioni dal greco*, in Firenze MDCCXC e con scrittura a mano in alto *Dionigi Strocchi* e sotto il titolo *di D.S. Faentino* ad opera forse di G.M. Valgimigli, già Direttore della Biblioteca).

è la versione del P., mentre amplificata e più libera è quella dello Strocchi, il quale segue la tendenza dei volgarizzatori del tempo, che nel tradurre reinterpretavano alquanto soggettivamente l'originale, quasi in una gara di creatività; tanto più che qui lo Strocchi era vincolato alle esigenze delle terzine dantesche, mentre il P. si vale dell'endecasillabo sciolto. È immediatamente istruttivo il confronto dell'inizio delle due traduzioni corrispondenti ai vv. 1-6 dell'originale:

Padovani	Strocchi
<i>L'opra mi narra, o Musa, di</i>	<i>Musa tu meco le famose</i>
[Ciprigna	[imprese
<i>Che amor destò soavemente in</i>	<i>Dell'aurea Citerea prendi a</i>
[petto	[cantare,
<i>A gl'immortali, e ne domò</i>	<i>Che il cor de' numi e de'</i>
[l'umano	[mortali accese;
<i>Seme e gli augelli e quanto il</i>	<i>Ogni specie domò, che in terra</i>
[suol nutrica	[appare,
<i>Bruti ed il mar; però che tutti</i>	<i>E i deserti del ciel fende con</i>
[a cura	[ale,
<i>S'hanno di Vener coronata</i>	<i>O nuota in sen dell'infecondo</i>
[l'opre.	[mare.
	<i>La coronata Venere, che assale</i>
	<i>E alla traccia d'Amor ogni cor</i>
	[move,
	[...]

Così il finale, ove lo Strocchi è liberamente stringato, a differenza dell'inizio:

Padovani, vv. 317-18	Strocchi, v. 346
[...] <i>ti fia sacro altr'inno</i>	[...] <i>quest'inno è tuo, né sarà</i>
<i>Poiché inizio da te s'ebbe il mio</i>	[solo.
[canto	

Si consideri inoltre che il numero dei versi assomma in P. a 318 e quello di Strocchi a 346.

Per quanto riguarda il testo greco c'è da dire che il P. quasi per intero segue quello tràdito, tranne che al v. 52 accoglie l'emendamento dello Schäfer $\sigma\upsilon\nu\epsilon\mu\lambda\epsilon\epsilon$ e quello del Barnesio $\epsilon\kappa\gamma\omicron\nu\omicron\nu$ (²⁰) al v. 284, mentre con il Ruhnkenius unifica in un

(20) Homeri *Ilias* [...] *hymni et epigrammata*, opera studio et impensis Josuae Barnes, Cantabrigiae 1711.

verso solo, il 136, i due che sono presenti nella maggior parte dei codici (21).

3) *Delle Finanze di Atene / o / de' varj mezzi di accrescerle / Discorso di SENOFONTE / tradotto e illustrato / da / A.P. / Professore ordinario di Statistica / nell'Imper. Regia Università di Pavia. / Col testo a fronte. / Pavia 1821, Dalla Stamperia di Valerio Fusi e Compagno success. de' Galeazzi.*

È l'edizione e la traduzione più importante e impegnativa del P. non solo sotto il profilo storico-economico (22), ma anche sotto quello filologico. Non a caso nel manuale dello Schoell tradotto in italiano dal Tiplado (23) questi segnala con rilievo la traduzione del P., « reputata esatta e fedele », cosicché se ne valse il Sonzogno nella nota « Collana degli antichi storici greci volgarizzati » (24), riducendone tuttavia e compendiandone opportunamente « le illustrazioni ». Inoltre spiega il Tiplado che « il prof. Padovani [...] colla sua lodevole fatica », più che mirare al volgarizzamento del testo greco, si propose di dimostrare che « la scienza delle rendite pubbliche » non è stata fondata per intero dagli economisti moderni, ma che molte delle sue teorizzazioni risalgono a ben 22 secoli prima.

La traduzione del P. è segnalata anche dal Federici (25), il quale la giudica « bella e fedele [...], corredata di erudite annotazioni, e di molte illustrazioni economiche ».

L'opera reca la dedica (p. [III]) a Sua Eccellenza il Signor Conte Giulio di Strassoldo, Presidente dell'I.R. Governo di Milano. Nel corso di essa il P. esprime un giudizio assai ammirativo nei confronti di Senofonte — che è un autore molto discusso dalla critica —, sostenendo che « le sue parole sono condite di tanti sensi, che non solamente soavissimo nel dire, ma prudentissimo pur anco nelle civili bisogne venne reputato » (26).

(21) Corrispondenti rispettivamente ai vv. 50, 284, 136 e 136^a dell'edizione degli *Inni Omerici* a cura di Fil. Cassola della Fondazione Lorenzo Valla, Milano 1975.

(22) Vd. al riguardo L. Dal Pane, o.c., pp. 7-9 e 18 e s.

(23) E. Schoell, *Istoria della letteratura greca profana* [...] recata in italiano [...] da Emilio Tiplado cefalese, Vol. II, pt. IV, Venezia 1827, Coi Tipi di Giuseppe Antonelli, p. 165 e s., n. 9.

(24) *Opuscoli di Senofonte*, T. secondo, Milano 1823, pp. 89-134 e la *Premessa* dei Tipografi a pp. XVI-XVII.

(25) F. Federici, o.c., p. 128 e s.

(26) Più oltre, nella Prefazione a p. XXIII esalta la leggiadria di stile « che solo all'Ape Attica si addice ».

Pure qui il testo greco è privo di spiriti e di accenti; ma è molto curato dal punto di vista filologico, specie nelle pagine dove sono espressamente elencate e discusse le varianti (pp. 58-64). Da esse risulta che egli accanto ad antiche edizioni dell'opera ha tenuto presenti, accogliendone o escludendone gli emendamenti, le seguenti edizioni:

Aldo, Venezia 1525; Henr. Stephanus, 1561, 1582²; Seb. Castalio, Basilea 1543-50; J.A. Ernesti, 1561; Joach. Brodaeus, Basilea 1559, 1568; J.G. Leunclavio, Francfort 1594-96³ con le note di Emilio Porto, e Parigi con altre note di Francesco Porto, 1625; Joach. Camerarius, Parisiis 1572; Fabiani (²⁷); Ed. Wells, Oxford 1763-64; Benj. Weiske, Lipsiae 1798-1804, Oxonii 1810-17; G.C. Zeune, Lipsia 1778; J.G. Schneider, Lipsia 1805; G.E. Schaefer, Lipsia 1811-14.

La traduzione è in realtà, così come è stata giudicata, attenta e fedele.

Il Commentario, da lui indicato con il termine *Illustrazioni* ai vari capitoli, rivela un notevole dominio della materia trattata con l'utilizzazione diretta di innumerevoli fonti antiche (in quantità elevatissima quelle greche, latine, bizantine, che sarebbe troppo lungo enumerare) e moderne in ordine a temi di carattere storico-economico, linguistico, interpretativo, contenuti spesso in organici *excursus* (²⁸). In un'Appendice a pp. 202-206 espone le opinioni non uniformi espresse intorno al tempo in cui Senofonte scrisse l'opera, propendendo a credere che ciò avvenisse quando lo scrittore era già « nell'ultima vecchiezza », conforme a quanto ritiene generalmente la critica moderna (²⁹).

Ad altre versioni dal greco il P. aveva rivolto la propria attenzione. Fra i suoi mss. infatti si trovano avviate traduzioni

(27) *Discorso delle finanze di Atene, e de' vari mezzi di accrescerli* [parole riprodotte dal P. nell'intitolazione della sua versione], di greco ridotto in italiano colle annotazioni dell'Ab. Gius. F. Sanese, Firenze, Per Stecchi, 1763.

(28) Si segnala in particolare l'illustrazione della monetazione ateniese (pp. 127-130, n. 2), in cui rivela una specifica competenza, derivata dallo studio della numismatica fatto a Bologna.

(29) Cf. Xenophontis *De vectigalibus*, Introduzione, testo critico, traduzione ed indici a cura di Gabriella Bodei Giglioli, «La Nuova Italia» Editrice, Firenze, Biblioteca di Studi Superiori LVII, Sezione «Storia Antica ed Epigrafia», 1970, ove si suggerisce la data dell'inverno 355-54 (p. VIII e s.). Fra i documenti collocati alla fine del ms. 180, III del P. si conserva una lettera dello Strassoldo del 2 maggio 1821, in cui questi accetta di buon grado la dedica del libro a lui fatta, ed un'altra di Sauran da Vienna, 27 giugno 1821, che si compiace del lavoro e delle due copie di esso ricevute, una delle quali era destinata a S.M. l'Imperatore. Nel medesimo volume del ms. si trovano altre lettere, relative alla pubblicazione, di ringraziamento e di encomio: una di Giberto Borromeo da Milano, 15 febbraio 1823 e una seconda di Della Torre da Torino in data 1° marzo successivo.

da Erodoto e da Tucidide. Per esse aveva addirittura preparato i relativi frontespizi: ERODOTO / *Padre della storia / tradotto dal greco / e illustrato con note / di Antonio Padovani Giureconsulto / e / Pubblico Professore di Diritto Civile*, precisando che la versione era stata condotta sull'edizione corretta ed emendata da Augusto Cristiano Borheck, stampata a Lemgovia negli anni 1781-82 e 1808-10; essa giunge fino al paragr. 88 del l. I; *Delle Istorie greche / di TUCIDIDE / Libro Primo*: la traduzione si arresta al cap. 62 ⁽³⁰⁾.

Va aggiunto ancora che il P., il quale a Bologna aveva studiato pure epigrafia (vd. sopra a p. 172) ed era entrato in relazione con Filippo Schiassi (1763-1844), dettò alcune iscrizioni collocate sotto i portici dell'Università di Pavia. Inoltre il Dal Pane dà notizia di due pubblicazioni di contenuto epigrafico, che si conservano presso l'Università, dove il P. ha insegnato ⁽³¹⁾.

Da ultimo si menziona un discorso su Cesare Beccaria, che giace inedito nel vol. III del ms. 180 più volte citato. In relazione ad esso si trova ivi, fra i documenti in fondo, una lettera indirizzata al P. da Giacomo Beccaria l'8 agosto 1826, in cui fra l'altro si danno indicazioni in vista di un'eventuale pubblicazione.

A conclusione del presente scritto, che è stato suggerito dalla ricorrenza del secondo centenario della nascita del P., ritengo si possa affermare che questo dimenticato Faentino non solo meritava la riesumazione opportunamente fatta dal Dal Pane, ma anche il modesto omaggio qui reso al contributo da lui offerto con le proprie pubblicazioni alla storia della cultura italiana ⁽³²⁾.

(30) Ms. 180, III, p. [110 e ss.].

(31) Vd. L. Dal Pane, o.c., p. 26, n. 10. Le pubblicazioni sono: *Risposta alla critica fatta da A. Borda ad un'iscrizione*, Pavia, Fusi, 1823 e *Risposta al così detto Parergo epigrafico di A. Borda*, *ibid.*, stessa data.

(32) Alla produzione letteraria del P. si aggiunga anche la menzione di un carne per nozze segnalato dal Dal Pane, o.c., p. 26, n. 10, da me peraltro non veduto: *Pe' fausti Imenei degli illustri signori, il signor Arcangelo Spedalieri, Professore e Rettore dell'I.R. Università di Pavia, e Giuseppina Le Speron. Inno di Antonio Padovani*, Pavia, Fusi, 1819.

SAURO CASADEI

Direttore della Pinacoteca Comunale di Faenza

FAENZA RENDE OMAGGIO
AD UNO DEI SUOI ARTISTI PIÙ AMATI:
ERCOLE DREI

Il ruolo che gli artisti nati a Faenza negli ultimi due decenni dell'Ottocento hanno svolto nell'ambito delle arti figurative, in sede locale e nazionale, si va facendo più chiaro e preciso da alcuni (pochi) anni a questa parte, uscendo dalle secche di una tradizione critica fino almeno agli anni '60 deformata da due « opposti estremismi ». Da un lato, soprattutto nella città natale, un vivace circuito di collezionisti, amici e allievi dei protagonisti di quella stagione, impegnati a tenerne alta la fama, ha talvolta proiettato la luce del mito su persone, episodi ed opere. Dall'altro, un silenzio critico variamente motivato, non ultimo da ragioni di carattere para-politico, ha tenuto molti di questi artisti in un limbo, in una zona appartata e poco sfiorata dalle sempre più frequenti rivisitazioni e sistemazioni storico-critiche dell'arte della prima metà del nostro secolo. Il compito, per tanti aspetti appassionante, di riprendere o iniziare con sistematicità un discorso critico libero da preconcetti sulle personalità più valide di quella generazione nata appunto negli anni Ottanta del secolo scorso, è stato assunto in prima persona dalle città che ne videro la nascita ⁽¹⁾. Qui a Faenza, sotto l'egida del Comune, si sono organizzate tre mostre monografiche su altrettanti componenti del « Cenacolo Baccarini », il sodalizio al centro degli interessi di molti critici e storici dell'arte ⁽²⁾.

(1) Oltre alle tre mostre faentine, di cui si sta per dire, è necessario ricordare le retrospettive che i Comuni di Brisighella e Lugo hanno dedicato, rispettivamente, a Giuseppe Ugonia (1981) e Orazio Toschi (1982).

(2) Le prime fondamentali revisioni critiche sono nel saggio di Ennio Golfieri: *L'Arte a Faenza dal Neoclassicismo ai nostri giorni*, I vol., Imola 1975, II vol., ibidem 1977; e nel catalogo della mostra *Il Liberty a Bologna e nell'Emilia Romagna*, a c. di E. Contini, Bologna 1977.



Fig. 1. *Cassandra*, (part.) gesso, Faenza, Pinacoteca Comunale.

Aprè la serie, nel 1980, un'ampia mostra dedicata a Domenico Rambelli, curata da Orsola Ghetti responsabile anche del catalogo. A distanza di tre anni, dopo una lunga e in qualche momento sofferta preparazione, la retrospettiva di Domenico Baccarini, mostra veramente cruciale in quanto dedicata al caposcuola del « Cenacolo » che ne assunse il nome.

Il coordinatore di questa esposizione, Ennio Golfieri, condensando in pagine dense di partecipazione personale un'intera vita di ricerche, delinea un profilo più aderente al vero, meno mitico, del famoso « Cenacolo ». Terza e per ora ultima tappa, la mostra « Ercole Drei Scultore, 1886-1973 », inaugurata il 13 settembre di quest'anno nello stesso ambiente che già aveva ospitato le due precedenti: lo splendido ed austero Salone del Podestà. Il titolo della mostra è, in verità, solo parzialmente riassuntivo dell'opera di un artista veramente multiforme che alla fondamentale attività di scultore ha unito, fin dagli esordi, una non meno sentita pratica pittorica, entrambe sorrette e vigilate da una sapiente e raffinata perizia grafica, documentata da una notevole messe di disegni. Notevole, a dire il vero, è l'insieme della produzione del nostro artista, dalle prime prove di scultura (collocabili verso il 1902 circa), ancora impregnate

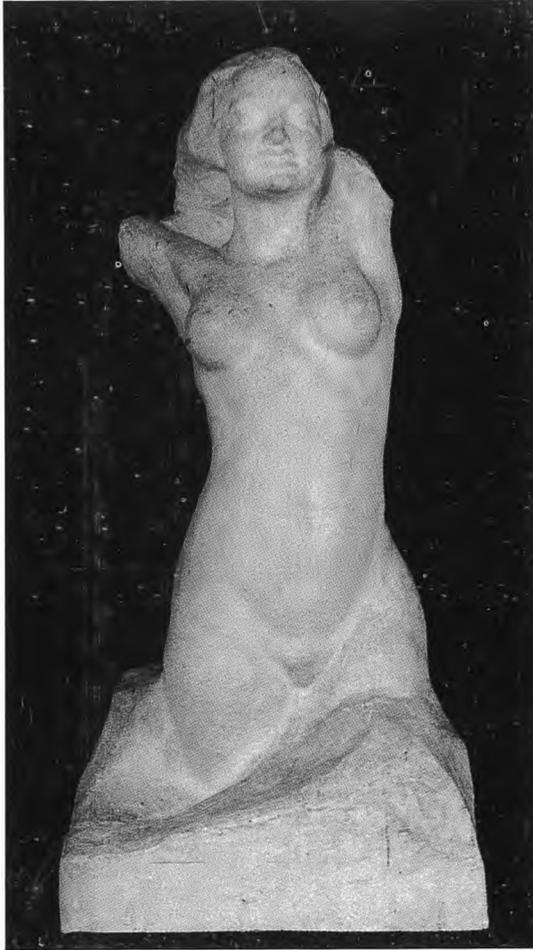


Fig. 2. *Brezza*, gesso, donato dalla S.ra Isabella Drei Chines alla Pinacoteca Comunale di Faenza.

di un vago sentore scolastico, all'estrema produzione databile alle soglie, ormai, degli anni '70. Un arco temporale che lascia davvero meravigliati, indicativo di una solida tempra operativa in grado di comprendere anche la trentennale pratica dell'insegnamento presso l'Accademia di Belle Arti ⁽³⁾.

(3) Ercole Drei nasce a Faenza nel 1886. Mostra fin dall'adolescenza la propria vocazione per l'arte, frequentando sia la Scuola d'Arti e Mestieri nella città natale che l'Accademia di Belle Arti a Firenze. Dal 1913 è a Roma, grazie alla vincita del Pensionato Nazionale, dove risiederà per tutta la vita (salvo il periodo trascorso sotto le armi nella prima guerra mondiale). Dal 1927 tiene la cattedra di Scultura all'Accademia di Belle Arti di Bologna. Il periodo 1920-1943 è il più rimarchevole di tutta la sua vita: lavora intensamente, insegna, partecipa alle più importanti



Fig. 3. *Danzatrice con cerchio*, bronzo, 1913, Roma, Collezione Isabella Drei Chines.

* * *

Come le due precedenti esposizioni, anche questa è stata preceduta da una sistematica indagine a tappeto presso Musei pubblici e privati collezionisti alla ricerca di pezzi inediti o poco noti: la tenacia e la competenza di Franco Bertoni, curatore della mostra e dell'allestimento, hanno consentito di radunare un in-

esposizioni del momento e si assicura un gran numero di commissioni per monumenti ufficiali. Il dopoguerra lo vede nuovamente al lavoro: fino al 1957 docente all'Accademia di Bologna, fino alle soglie della morte, avvenuta a Roma il 1° ottobre 1973, nel suo studio di artista.



Fig. 4. *Danzatrice*, bronzo, 1913 c. Faenza, Collezione privata.

sieme di opere davvero cospicuo, tale da permettere una panoramica sufficientemente esaustiva del percorso umano ed operativo di Drei. Il catalogo che correda la mostra documenta puntualmente le tappe e il significato di quel percorso, cercando di estrarre un filo conduttore, un « quid » che dia significato coerente all'ampio ventaglio aperto agli occhi dei visitatori. Questo filo rosso, all'unanimità degli interventi, è riconosciuto nel particolare e personale attaccamento al culto della forma classica, innato certo e nutrito poi della rilettura assidua degli esempi della statuaria greco-romana, rinascimentale e neoclassica, culto che dà un tono unitario a tutta la folta schiera di terrecotte, gessi,



Fig. 5. *Ragazzo che si spoglia*, bronzo, 1919, Forlì, Pinacoteca Comunale.

bronzi e marmi (siano essi monumenti ufficiali o sculture di destinazione privata) pubblicati nel ricco apparato fotografico del catalogo. Dopo un esordio sotto la guida di Giovanni Fattori e Augusto Rivalta, a Firenze, il vero inizio dello scultore si colloca sotto il segno del liberty, attinto tramite Baccharini e Bistolfi: opere come *Cassandra* del 1910 (ill. n. 1) e *Brezza* del 1914 (ill. n. 2) sono emblematiche della personale sensibilità con cui lo scultore accoglie gli stilemi dell'art nouveau. Calzante più che mai risulta il giudizio che, di questo momento dei bacchariniani, ci suggerisce R. Barilli: « ... tutti i 'giovani leoni' faentini raccolti attorno al Baccharini... furono liberty, o simbolisti



Fig. 6. *Coppa con rondini*, bronzo, 1925 c., Roma, Collezione privata.

che dir si voglia, quasi per la coda, arrivando appena a sfiorare quel clima, ad afferrarne e ripeterne qualche mossa ormai manierata » (4). Sia pure « in nuce » è lecito scorgere in queste e altre sculture coeve un preludio, un lento volgere verso un trattamento della forma più sintetico e saldo, più classico.

Il momento in cui la scelta classicista si precisa con definitiva chiarezza è il dopoguerra, in sintonia non forzata con il nuovo clima artistico che in Italia e nel resto dell'Europa per-

(4) R. Barilli, *Presentazione*, in *Domenico Rambelli*, catalogo della mostra a c. di Orsola Ghetti, Castelbolognese, 1980, p. 5.

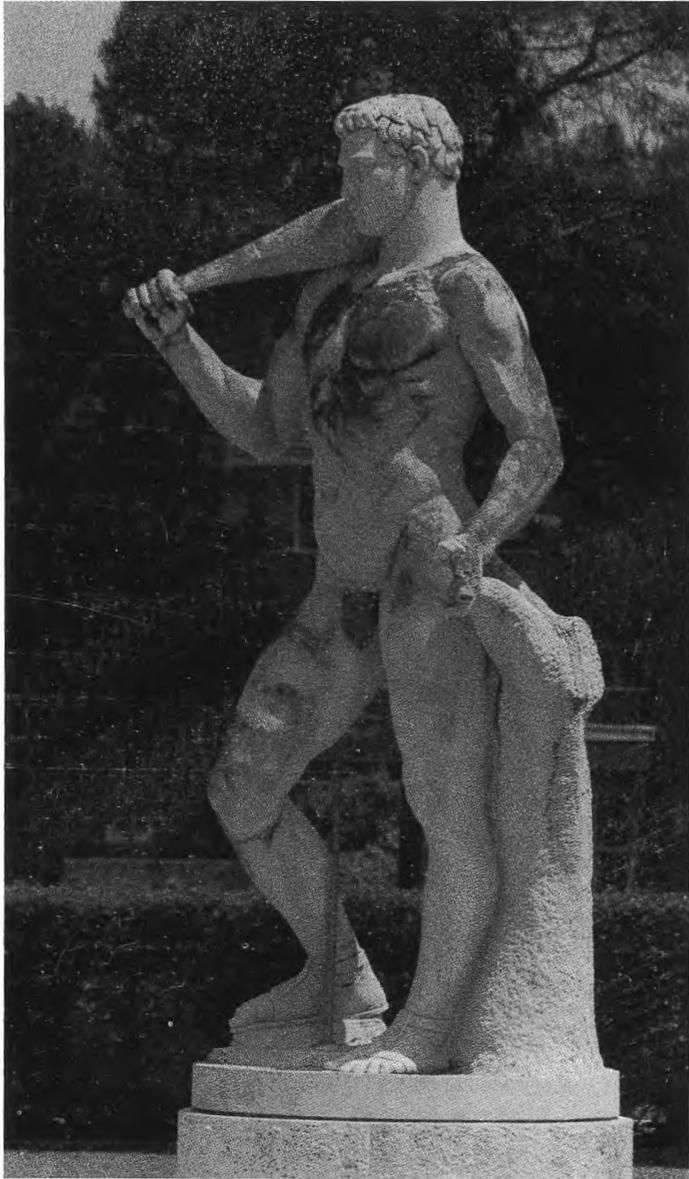


Fig. 7. *Ercole*, marmo, 1932, Roma, Stadio dei Marmi.

viene alla non riposata quiete dei vari neoclassicismi e ritorni all'ordine. Il 1920 può essere indicato come l'anno iniziale del periodo più creativo, intenso e ricco di soddisfazioni per Drei: per più di vent'anni, fino al 1943 circa, al nostro autore arride un ampio successo sul piano delle realizzazioni operative e sul

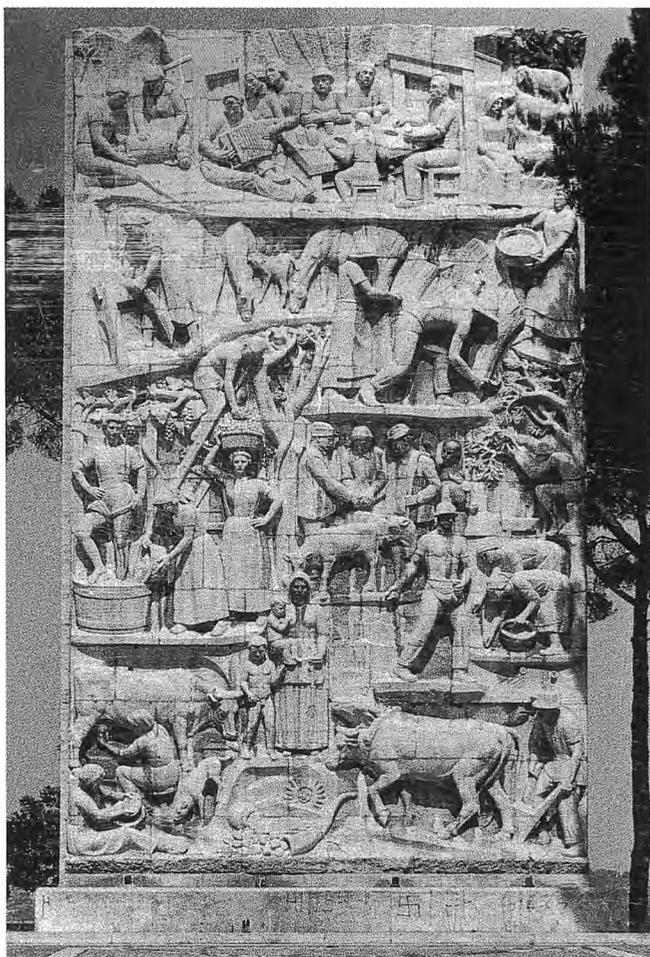


Fig. 8. *Il Lavoro dei Campi*, travertino, realizzato in gran parte nel 1940-42, ripreso e terminato nel 1962, anno in cui fu eretto, Roma, EUR.

versante delle valutazioni critiche, non di rado elogiative o entusiastiche. Drei, fra l'altro, viene sempre più spesso ricercato come autore di monumenti pubblici collocati in Italia e all'estero: se ne vedano qui riprodotti due (ill. nn. 7 e 8) fra i più rappresentativi e conosciuti. Ciò che gli consente un simile risultato è il conseguimento di una forma plastica netta, semplice e schietta, libera da intellettualismi di sorta e da corrosioni o disfacimenti. Non è difficile avvertire, soprattutto nei bellissimoi marmi, un vero culto per le superfici tonde, levigate e carezzate da una luce quieta, olimpica. In questo Drei è sorretto da una costante assimilazione e rimeditazione della tradizione scultorea

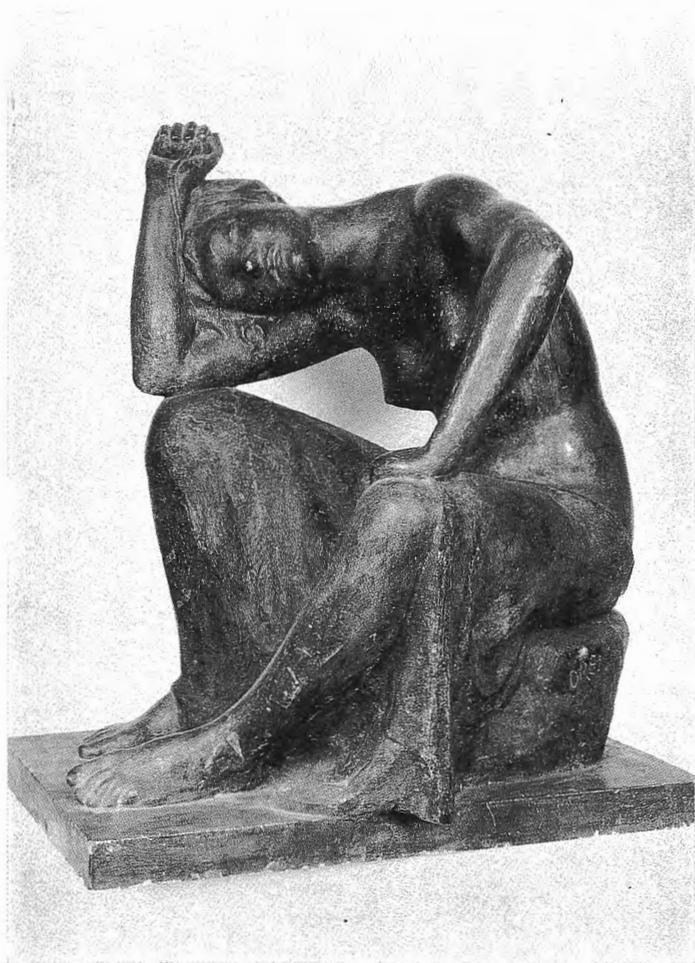


Fig. 9. *Arianna*, gesso patinato, 1955, donato dalla Signora Isabella Drei Chines alla Pinacoteca Comunale di Faenza.

classica, amorosamente accolta per il tramite del repertorio quotidianamente rivisitato nei Musei, la cui frequentazione deve essere stata assidua e convinta, innestata sulle ragioni più intime di una poetica che (non a caso) proprio negli anni Trenta trova una prima esplicita formulazione nell'autopresentazione alla Mostra personale nell'ambito della III Quadriennale romana del 1939.

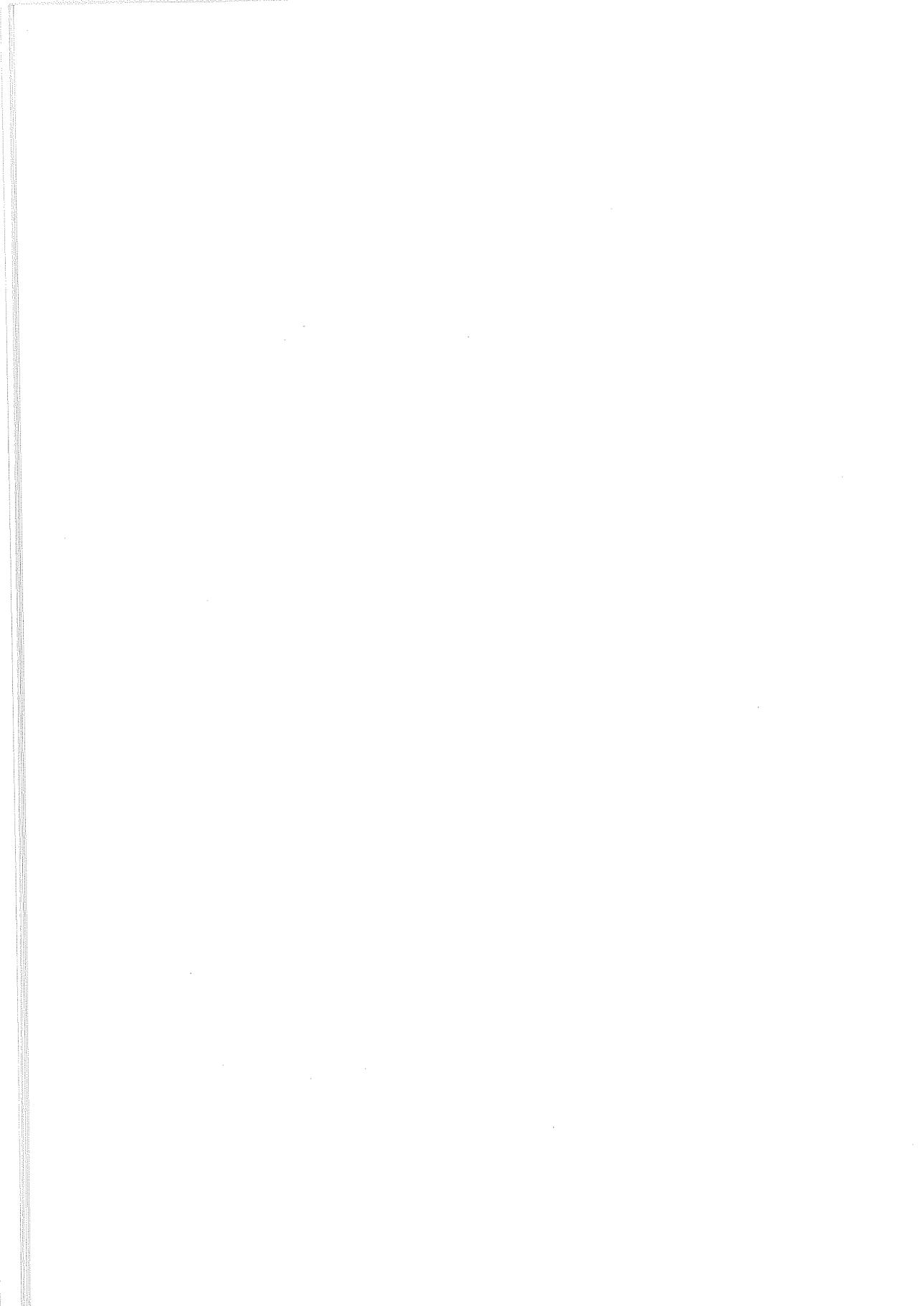
Il secondo dopoguerra vede però Drei spiazzato rispetto alle novità che tumultuosamente si affacciano sulla scena artistica: da esse, volutamente (si direbbe quasi caparbiamente) Drei non si lascia sfiorare, fedele all'immagine umana come obiet-

tivo tematico della scultura, all'integrità volumetrica e formale solidamente plastica, al sempre prediletto sentimento dell'eleganza altamente decorativa. Gli ultimi due decenni di attività artistica di Drei, se non aggiungono molto a quanto prodotto in precedenza, testimoniano però di una continua tensione operativa, febbrile quasi, e soprattutto di una sofferta fedeltà alle linee del proprio sentire di sempre (ill. n. 9).

* * *

Da questa mostra il profilo umano ed artistico di Ercole Drei esce delineato con discreta chiarezza e con rare zone d'ombra, anche se non è da escludere (anzi è auspicabile) che ulteriori precisazioni possano arricchire i risultati di un'indagine tanto sistematica. Già questo risultato, cioè l'approfondimento puramente filologico del corpus di Drei, basterebbe da solo a giustificare, se mai ve ne fosse bisogno, l'impegno finanziario ed organizzativo dell'Assessorato alla Cultura del Comune. Eppure vi è un altro elemento di soddisfazione per chi ha davvero a cuore le sorti delle nostre istituzioni culturali pubbliche: a seguito della mostra le figlie di E. Drei hanno donato alla Pinacoteca Comunale di Faenza un gruppo di opere pregevolissime e fra le più significative dell'iter artistico del padre.

Così, con un omaggio al museo della sua città, si conclude il percorso di un artista che dal museo dimostra (e dichiara) di aver molto raccolto.



GIOVANNI PINI
UNO SCRITTO POCO NOTO
DI CLEMENTE ALESSANDRINO

Ci sono scrittori la cui opera è andata soggetta al singolare destino d'essere per una parte oggetto di conoscenza comune, diffusa, citata, spesso stampata, e per un'altra parte pressoché ignota o nota solo a cultori specializzati, anche se non inferiore per importanza. Così di S. Agostino, per restare nell'ambito della letteratura ecclesiastica, tutti sanno delle *Confessioni*, anche se non le hanno lette, ma che il vescovo di Ippona abbia scritto anche, per esempio, un trattato *Sulla Musica*, può essere cosa sconosciuta per molti.

Lo stesso è accaduto a Clemente Alessandrino: per lo meno i titoli delle sue due opere più famose di brillante polemista antipagano e di amabile istruttore di vita cristiana, rispettivamente il *Protreptico* ('Esortatore') e il *Pedagogo* ('Educatore'), hanno certo un qualche posto nella memoria e nella cultura comune. Ma la terza opera pervenutaci completa, almeno per quanto l'Autore ne scrisse, è rimasta fino ad ora e forse ancora rimarrà esoterico retaggio di specialisti, teologi o filologi o filosofi che siano. Eppure già solo per la mole essa supera le altre due insieme; e ad essa, per di più, chiunque voglia illustrare con una certa adeguatezza il pensiero religioso di Clemente non può non ricorrere, spiegandola, chiosandola, mettendone in rilievo il fondamentale valore. Quest'opera porta un titolo curioso, ma non nuovo nella consuetudine letteraria del tempo, *Stromati*. Se rinunciamo a spiegarlo con perifrasi e ci limitiamo a renderlo con un termine italiano possibilmente equivalente, il più appropriato sembra 'Miscellanea'.

La lettura dell'opera lascia sconcertati o per lo meno dubbiosi circa la funzione e gli intenti che l'Autore se ne prefisse, il pubblico cui era diretta, le basi culturali su cui posava; non

però circa il tempo in cui fu scritta. Riguardo al primo punto dovrebbero far luce, come fu sempre osservato, le parole dello stesso Clemente che servono da introduzione al 1° e al 2° libro del *Pedagogo*. Qui si dice che il *Logos* è come la forza-guida, la mano conduttrice di tutta la sua opera. Anzitutto esso si fa 'esortatore' (*Protreptico*) ad abbandonare gli dei falsi e bugiardi, la vita errabonda del peccato e a convertirsi al Cristianesimo. Ma una volta abbracciata la vita cristiana, il *Logos* deve prontamente coltivare l'anima così rinnovata, nutrendola con sani precetti che l'ammaestrino (ecco il *Pedagogo*) in tutta la vita pratica, perché la via intrapresa non vada smarrita. Solo in una terza fase, quando l'anima già si è consolidata su questa sicura base di condotta cristiana, il *Logos* le diventerà maestro (*Didascalos*), e le illustrerà le verità della fede in un progressivo approfondimento che costituirà la costruzione della vera 'gnosi' o sapienza religiosa. Ora le prime due opere della trilogia ci restano: gli *Stromati* costituiscono la terza, il Maestro? O ne sono soltanto l'abbozzo non completato (in effetti l'Autore accenna qua e là ad altri futuri lavori e alla fine dell'ultimo libro promette 'un altro Stromate')? O addirittura un'altra opera, magari preparatoria al Maestro? Il problema, filologico e letterario, avvertito e affrontato in più modi, resta in realtà insolubile.

La data di composizione s'individua invece con buona approssimazione. Posteriore al *Pedagogo* per espressa dichiarazione dell'Autore, lo scritto deve essere stato redatto o almeno iniziato negli ultimi anni del 2° secolo o nei primi del 3°, poiché vi sono ravvisabili allusioni alle persecuzioni dei cristiani, ovviamente quella promossa dall'imperatore Settimio Severo (201-202), e d'altra parte nel 215-216 Clemente era già morto.

Chi era Clemente? Il poco che sappiamo di lui si ricava o da accenni contenuti nei suoi stessi scritti o da notizie fornite quasi tutte dallo storico della chiesa, Eusebio. Vide la luce probabilmente in Atene, circa a metà del 2° secolo. Dovette essere nato pagano, poi convertito. Se avesse mai avuto incarichi sacerdotali, quantunque sia talora detto 'presbitero', è ignoto. L'appellativo Alessandrino gli proviene dalla lunga permanenza in Alessandria, dove giunse dopo lungo e irrequieto peregrinare, come proprio l'introduzione degli *Stromati* lascia capire, e dove esercitò una sorta di magistero cristiano in forma tutta privata, lasciato poi in eredità al suo assai più geniale discepolo, Origene. Svariatissimo doveva essere il suo uditorio, in quella variopinta

e caotica metropoli che era l'Alessandria del tempo. Pagani colti e curiosi e desiderosi di nuove esperienze spirituali; gente umile e miserabile in cerca di nuove parole di conforto; cristiani già sicuri della fede o malfermi; gnostici presuntuosi e filosofeggianti; giudei diffidenti o ben disposti si avvicendavano alle sue predicazioni. In quell'ambiente maturò l'esperienza religiosa di Clemente, fra polemiche e contrasti di disparata natura; e qui prese forma l'espressione letteraria del suo pensiero cristiano. La scuola di Alessandria ha un carattere inconfondibile nella storia dei primi secoli cristiani. Clemente non può più annoverarsi fra i cosiddetti apologisti, anche se apologista del Cristianesimo egli fu allo stesso titolo di Atenagora o di Giustino, la cui influenza sentì profondamente, perché questi si volsero in modo specifico contro il paganesimo ufficiale; né può ancora includersi nella patristica, nemmeno può considerarsene un precursore, perché la cristianità dei padri non era più quella dei tempi suoi. I padri vissero in un'età in cui la grande chiesa dovette necessariamente istituzionalizzarsi; essi la corroborarono su basi teologiche, le dettero una solida impalcatura dogmatica.

Quella di Clemente potrebbe invece definirsi una comunità ecclesiale ancora ignara di dogmi. Negli *Stromati* non si fa che parlare di verità, di vera fede, di vera filosofia, ma queste espressioni non sono ancora appesantite da un travaglio teologico che le avesse codificate in modo perentorio; restano frutto di personale interpretazione dei testi sacri, spontanee e leggere. La teologia del 4° secolo è divenuta scienza, ha dovuto misurarsi con le grandi eresie cristologiche, posteriori all'età di Clemente, ha creato proposizioni di fede da valere per tutti i fedeli, per quanto legittime e dedotte con razionalità inoppugnabile dai testi. La teologia di Clemente si libra in un'atmosfera che sembra inesplorata e avventurosa; l'ingenua freschezza di certe pagine degli *Stromati* attesta che egli ha un pensiero asistemico, talora confuso e imprudente. Combatte aspramente gli gnostici, quello soprattutto che per l'originalità e la coerenza delle sue idee poteva facilmente sedurre menti incerte e fu di fatto pericoloso nemico, Marcione. Ma il 'vero gnostico' che egli vi contrappone e del quale disegna una immagine perfetta negli ultimi due libri degli *Stromati*, ha pure qualche tratto che risente dello gnostico eterodosso. Gli è che Clemente, nutrito di pensiero greco, non sa dimenticare i lineamenti dell'antico saggio, cui sovrappone questo suo nuovo saggio cristiano.

È stato detto che la cultura filosofica di Clemente si ridu-

ceva tutta all'imparaticcio, all'uso di un logoro manuale da scuola: una lettura diretta degli *Stromati*, fatta con una certa riflessione, porta piuttosto ad escludere che a confermare quella ipotesi. Anche è stato detto da studiosi autorevoli che tutto quello che di filosofico si trova negli scritti di Clemente sarebbe poco più che una verniciatura esteriore, fatta a scopo propagandistico cristiano: una sorta di *captatio benevolentiae* nei confronti delle persone colte del paganesimo, che il cristiano avrebbe cercato di attrarre a sé usando il loro stesso linguaggio. Interpretazione maliziosa, anzi piuttosto maligna, ma non necessaria, sia perché Clemente non risparmia critiche anche severe a certi filosofi, sia perché quel preteso espediente propagandistico appare, a ben riflettere, alquanto puerile, ed è da supporre che Clemente non ne avrebbe avuto bisogno. Il suo amore per la filosofia dei Greci è invece sincero, perché ha semplicemente scoperto che nel pensiero pagano c'era anche qualcosa che consonava ai novi predicatori. Egli è un credente che non rifiuta l'attività del pensiero. È vero che la filosofia è un 'furto', in quanto i suoi dettami sono stati sottratti alla sapienza ebraica (un lunghissimo capitolo, fatto di estratti cronologici di seconda mano ci dà una bizzarra dimostrazione dell'antioriorità di Mosé rispetto ai più antichi saggi e poeti greci); ma è anche vero che si tratta di un furto provvidenziale, poiché per i Greci la filosofia è quello che per gli Ebrei il Vecchio Testamento: e si avverte, scorrendo gli *Stromati*, che questa seconda tesi, ribadita per tutta l'opera con ostinato coraggio, è quella cui l'Autore tiene di più. Lontano dalle blasfeme e fanatiche stroncature dell'apologista Taziano, e seguace anzi di Giustino, egli rivaluta con ammirazione il pensiero ellenico. Platone è suo maestro: Clemente lo sente vicino a sé, come ispirato da Dio (*theophoròmenos*), allo stesso modo dei profeti, quasi egli pure profeta del Cristianesimo. Gli Stoici, sia direttamente, sia tramite il giudeo Filone, gli hanno fornito le definizioni etiche delle virtù che egli assume nell'ambito della fede e la descrizione del sapiente perfetto che, come s'è detto, sottende il suo nuovo gnostico.

Né la filosofia è il solo aspetto della cultura ellenica che Clemente valuta in senso così altamente positivo. Spesso negli *Stromati* parla con rispetto anche dei rituali misterici, poiché scopre in essi una manifestazione di quel simbolismo che a suo vedere è parte integrante del fenomeno religioso umano in genere. E qui prevengo una facile obiezione. Come mai quegli stessi culti misterici greci, nel famoso 2° capitolo del *Protreptico*,

sono al contrario smascherati come una volgarissima impostura, che cela ogni turpitudine sotto parvenze religiose? Non è forse palese che, se negli *Stromati* Clemente muta registro, è per usare semplicemente una terminologia familiare a quei pagani cui si rivolge, facendo loro intravedere certe consonanze fra i loro culti e il nuovo culto e predisponendoli così meglio ad accettarlo? Rispondo. Il *Protreptico* è un libro d'urto, che deve provocare la conversione, un libro necessariamente polemico; e la polemica, come si sa, suole spesso forzare ed esasperare i termini delle questioni. Il che spiegherebbe abbastanza la veemenza delle espressioni clementine e il dilleggio con cui sono trattati i misteri greci. Ma negli *Stromati*, le cui sezioni polemiche sono dirette, tutto sommato, più contro le eresie del tempo che contro l'antichità pagana, la riflessione più matura e ponderata consente un'opera amorevole di ricupero o almeno di parziale riabilitazione di fatti culturali contemplati, si direbbe, più dall'alto e da un più distaccato e ampio orizzonte. Così il cristianesimo di Clemente finisce con l'essere una sorta di ecumenismo religioso, poiché egli non trova tradizione religiosa del suo tempo che per qualche lato non sia degna di essere rispettata e conservata.

E invero non è solo la cultura greca che Clemente cerca di salvare come propedeutica cristiana e di inalveare nella grande via della salvezza, ma anche quella di altri popoli, più lontani e sconosciuti: anche qui — lo Spirito soffia dove vuole — Clemente scopre accordi remoti e profondi, che vanno messi in rilievo; anche di qui gli uomini possono giungere all'approdo del nuovo verbo, per sentieri provvidenziali e misteriosi. E l'Alessandrino se li trova tutti familiari, questi uomini che provengono da disparate lontananze, familiare questo passato ormai perduto, e che pure deve continuare ad esistere, trasfigurato.

Questa filantropia cordiale e rassicurante, che quasi percorre gli *Stromati* dal principio alla fine, è come la nota sottintesa che ne uniforma il tessuto vario e stravagante. Gli *Stromati* costituiscono, non si può dire un coacervo informe e privo di una linea conduttrice, ma pure un seguito di pagine mai concluse, che forniscono continui e inattesi addentellati a rigurgitanti pensieri, pagine che talora sconcertano per la loro oscurità, sottilmente involute in più o meno trasparenti significati simbolici, come del resto è proposito dichiarato dell'Autore ('Non da tutti è la gnosi', e bisogna parlare soltanto per chi sa intendere!): eppure, lette in quella chiave, queste pagine rivelano una loro unità e coerenza. Esse culminano, come s'è accennato, nella raf-

figurazione dello gnostico perfetto, che l'Autore contrappone ai vari e disparati gnostici eterodossi, già sorti e fiorenti al suo tempo in tutto l'oriente cristiano. Ebbene, quel cristiano ideale, costruito come il perfetto sapiente della filosofia greca, assomma in sé le caratteristiche dell'uomo pio e del dotto, del credente e del pensatore, teso alla penetrazione dei sensi reconditi delle Scritture, per farsene umile discepolo nella pratica quotidiana della vita. E proprio qui rivela il proprio inconfondibile ritratto Clemente stesso, il primo filosofo della religione nella storia del Cristianesimo.

GINO GORLA

Professore emerito di Diritto Comparato nell'Università « La Sapienza » di Roma

ANTONIO GABRIELE CALDERONI
GIURECONSULTO FAENTINO (secoli XVII-XVIII)
E LA GIURISPRUDENZA DEL SUO TEMPO

§ I - *Il quadro della giurisprudenza forense dei secoli XVII-XVIII in cui si colloca A.G. Calderoni*

1. *Premesse* ⁽¹⁾

Il presente saggio, come il personaggio che ne è il soggetto, si colloca in un quadro più generale, costituito dalla « giurisprudenza forense » dei secoli XVII-XVIII (con anticipazioni al XVI), quella dei « giureconsulti forensi », giudici, avvocati, consulenti: « giurisprudenza forense » è un *nomen* o concetto che si riflette anche nel titolo di un'opera del Nostro « *Resolutiones*

(1) Il presente scritto fa spesso riferimento ad un mio precedente saggio che fa parte, insieme ad altro del dott. Federico Rosselli, di un articolo intitolato « *Per la storia del potere dei giudici in Italia fra il secolo XVI e i secoli XIX-XX fino alla cessazione dello Statuto Albertino: alcune tracce*, in *Foro ital.*, 1986, V, 93. Il mio saggio riguarda i secoli XVI-XVIII fino alla rivoluzione francese, mentre quello di Rosselli riguarda il periodo successivo. Questo mio saggio verrà di qui innanzi brevemente così citato « *Per la storia del potere dei giudici* ».

Esso riassume altri miei precedenti saggi, che all'uopo vengono menzionati in un asterisco in calce allo stesso insieme con le rispettive citazioni abbreviate. Fra essi sono centrali quello su *I tribunali supremi degli Stati preunitari italiani fra i secoli XVI e XIX* etc. (brevemente citato *I Tribunali Supremi*), quello su *Unificazione legislativa e Unificazione giurisprudenziale* etc. (brevemente cit. *Unificazione*) e quello su *Jura Naturalia*.

Oltre quelli menzionati nel detto asterisco, vi sono altri miei saggi che possono interessare il presente scritto e che si trovano riprodotti in Gorla, *Diritto comparato e diritto comune europeo*, Milano, Giuffrè, 1981: Capitolo 15 su *Raccolte di Giurisprudenza nei secoli XVI-XIX* (relazione ad un Congresso del 1970) - Capitolo 16 su *I precedenti storici dell'art. 12 disp. prel. C.C.* - Capitolo 21 su *Ricorso giurisprudenziale alla lex alius loci* (1973) - Capitolo 24 su *Il cosiddetto dottrinarismo giuridico napoletano nel 1700* (1970) - Capitolo 23 su *I motivi delle sentenze nei secoli XVI-XIX*, pubblicato nel 1980, ma che riprende una relazione congressuale del 1973 - Capitolo 25 su *Il Museo Guarnacci* etc. A questi vanno aggiunti due saggi sempre

forenses » o in titoli analoghi (v. infra n. 4 sub c.) che abbracciano *Decisiones* di giudici, *Allegationes* di avvocati, *Consilia* di consulenti.

Antonio Gabriele Calderoni, avvocato (« di grido »), consulente e giudice, è, per molti aspetti, un personaggio rappresentativo, anzi (benché quasi ignorato) uno dei più rappresentativi di quella giurisprudenza e di quei forensi. Lo è per la sua vita, la sua carriera, le sue opere e il suo « conversare » o « praticare » con altri giureconsulti forensi del suo tempo e della sua « regione », quella menzionata infra n. 7. Sicché il discorrere di lui può essere l'occasione per avviare un discorso su quella giurisprudenza e su certi suoi aspetti (v. ad esempio infra, n. 10), e ciò nel concreto dei suoi personaggi o attori.

Converrà pertanto tratteggiare, sia pure succintamente, quel quadro, in cui si colloca il Nostro.

Senonché è pur da premettere che la ricostruzione di questo quadro (e di ricostruzione si tratta) non è facile, poiché essa deve essere fatta attraverso quella che in varie occasioni ho chiamato « la grande lacuna » di studi sulla giurisprudenza forense dei secoli XVI-XVIII e che già lamentavo nel mio scritto del 1968-1969 su *I Grandi Tribunali* (v. *Per la storia del potere dei giudici*, § 1 sub B).

Tale lacuna persiste ancora su larghe parti di quella giurisprudenza, benché recentemente parecchi lavori siano stati fatti per colmarla, fra essi eminente quello del prof. Mario Ascheri⁽²⁾; e anch'io ho cercato di contribuirvi con i saggi menzionati sopra nota 1.

sulla giurisprudenza dei secoli XVI-XVIII, e in certo modo connessi con i temi del presente scritto, e cioè:

— *Le opinioni non « segrete » dei giudici dissenzienti nelle tradizioni dell'Italia pre-unitaria*, in *Foro Ital.*, 1982, V, 97;

— Un articolo in inglese sul gioco della palla a Marradi secondo una decisione della Rota Fiorentina del 1780, con richiami alla giurisprudenza forense in genere dei secoli XVI-XVIII, commentato (con una parafrasi della decisione) da L. Moccia, *Sui limiti alla proprietà privata nell'interesse collettivo*, in *Foro Ital.*, 1978, V, 57.

(2) Questo lavoro eminente, che è anche uno strumento fondamentale per ricerche sulla giurisprudenza forense dei secoli XVI-XVIII, consiste nel contributo dell'Ascheri (su materiali di Carl Blell) all'*Handbuch der Quellen und Literatur der neueren Europäischen Privatrechtsgeschichte* diretto dal Prof. H. Coing, vol. II, parte II, Monaco, 1976, pagg. 1113-1221.

Esso verrà all'occorrenza brevemente citato Ascheri, op. cit. Ivi a pagg. 1193-1194 e *passim* pagg. 1114-1152 e 1199-1207 si citano i miei saggi menzionati sopra nota 1, apparsi fino a tutto il 1973, in relazione alla « grande lacuna » e come diretti a colmarla. Infatti l'Ascheri, pur non usando tale espressione, mette in rilievo la mancanza di studi sulla giurisprudenza forense dei secoli XVI-XVIII, o sui prin-

Le parti sommerse riguardano talvolta gli stessi nomi e le biografie dei giureconsulti, talaltra il contenuto delle loro opere; *il che equivale praticamente ad ignorarli anche se se ne conoscono nomi e biografie*. Vi è poi il problema delle *Decisiones* pubblicate non in collezioni al nome dell'estensore, ma in collezioni generali di *Decisiones* di una Rota o Tribunale Supremo: in questo caso, spesso non vi sono neppure delle biografie dell'estensore; o, se vi sono, esse non comprendono quelle *Decisiones* (e questo, fra altri, è il caso per il nostro Calderoni quanto alle *Decisiones* che egli ebbe a stendere come membro della Rota fiorentina: v. infra § III n. 3).

La lacuna persiste dunque *in questi vari modi*. E vi persiste in contrasto con due fatti.

Il primo è che la giurisprudenza forense in quell'epoca costituiva la fonte o fattore principale del diritto (v. *Per la storia del potere dei giudici* § 5); sicché, anche se essa fosse stata di poco valore (come si sostiene in un certo luogo comune), non la si potrebbe ignorare, poiché nella storia del diritto e dei suoi fattori, come nella storia della civiltà in genere, non si può ignorare un'epoca di povertà sol perché tale.

Il secondo fatto è che quella giurisprudenza è una grande opera « corale », la cui portata e il cui valore si possono comprendere soltanto quando si raffronti lo stato del diritto, privato e pubblico, qual'era agli inizi del secolo XVI con quello della fine del secolo XVIII ante rivoluzione francese, un'opera di cui vi sono oggi tanti ritorni *in incognito* (v. *Tribunali Supremi* § IX n. 5 con richiamo al § IV; *Il Museo Guarnacci* nel suo stesso titolo; *Jura Naturalia* §§ 3, 9 e 10). Per la critica di un certo luogo comune piuttosto diffuso, che tende a svalutare la giurisprudenza forense di quei secoli v. *Tribunali Supremi, loc. cit.*, nonché Ascheri, *op. cit.* pagg. 1114-1156.

Per concludere su questa « *Premessa* »: la persistenza della lacuna *in quei vari modi* ha fatto sì che molti di quei giureconsulti forensi, di notevole livello, siano diventati per noi altrettanti « Carneadi » (v. *Tribunali Supremi, loc. cit.* e § IV nota 42; *Per la storia del potere dei Giudici* § 11).

Anche il nostro Calderoni ha partecipato ad una sorte co-

cipali suoi aspetti in un quadro complessivo e analitico: v. Ascheri, *op. cit.*, pagg. 1114 e segg. e pagg. 1195 e segg., ove appunto si citano quei miei scritti.

È interessante notare che a pagg. 1190, 1209 e 1221 si menziona il nostro Calderoni per le sue *Resolutiones Forenses*.

mune, cadendo nella « grande lacuna »; ed ha corso il rischio di passare nel novero dei « Carneadi » o dei « quasi Carneadi » (3).

Con queste premesse il quadro della giurisprudenza forense dei secoli XVII-XVIII, in cui si colloca il Nostro, si trova tratteggiato nel mio saggio *Per la Storia del potere dei giudici* etc. citato sopra nella nota 1. Qui ne riassumo o ne riproduco o sviluppo, a seconda dei casi, alcune parti che riguardano più direttamente la posizione del Nostro od altre analoghe. Per le altre parti rinvio il lettore interessato a quel mio saggio nella sua integrità (di cui si trova copia anche presso la *Società Torricelliana di Scienze e Lettere*).

In proposito debbo però fare due avvertenze.

La prima è che quel mio saggio, come dice il suo stesso titolo, sembra interessarsi principalmente dei giudici, anche se poi, per certe connessioni, considera in genere i giureconsulti forensi, giudici, avvocati e consulenti. Sicché, ai fini del presente scritto, quel saggio va letto concentrando appunto l'attenzione sulla posizione dei giureconsulti in genere e sulle connessioni fra le specifiche posizioni di giudici, avvocati e consulenti.

La seconda avvertenza è che quel mio saggio presenta una visione della giurisprudenza forense limitata ai tribunali supremi (fra cui le Rote) e ai giureconsulti operanti attorno ad essi. Pertanto in fine del presente § I verrà in proposito fatta un'aggiunta o rettifica di quella visione limitata (v. infra n. 10).

(3) A proposito di questo rischio vorrei dire che i miei primi incontri con il Nostro avvennero parecchio tempo fa, mentre facevo delle ricerche nelle Raccolte di *Decisiones* della Rota Fiorentina ed altre Raccolte, facenti parte di una Collezione di libri giuridici stampati fra il secolo XVI e il XIX (ma comprendenti anche autori e Tribunali dei secoli XIII-XV) da me acquistati in antiquariato come strumento di lavoro per cercar di colmare, da parte mia, « la grande lacuna ». Nel corso di quelle ricerche trovai ed annotai alcune importanti *Decisiones* del Nostro, fra cui la *Liburnensis pecuniaria* del 1727 menzionata *infra* § V. Poi, avendo acquistato, sempre per quella mia collezione « strumentale », le sue *Resolutiones Forenses*, fu questa un'altra occasione di incontrarlo, e qui venni a sapere, dal frontespizio, che il Nostro era giureconsulto « faentino ». Ora quella mia collezione di circa un migliaio di volumi, si trova, con altri miei materiali, presso l'UNIDROIT — Istituto Internazionale per l'Unificazione del Diritto Privato — in Roma, cui l'ho donata, in quanto l'UNIDROIT rappresenta emblematicamente l'espressione moderna di un « diritto comune » e delle attività dirette a ricercarlo e ricostituirlo. V. in proposito il mio discorso del 28 giugno 1985 all'Accademia dei Lincei (in *Atti della stessa*, 1985, 465), intitolato « *Il diritto comune alle Nazioni e l'emblema UNIDROIT* ».

2. *Il predominio della giurisprudenza forense su quella universitaria*

Fra i secoli XVI e XVIII, in concomitanza con il sorgere e l'affermarsi dei tribunali supremi (fra cui le Rote) composti di giureconsulti di alto livello, si verifica un moto che qui, ai fini del presente scritto, consideriamo con speciale riguardo all'Italia, ma che trova vari riscontri anche in altri Paesi del continente europeo (Germania a parte, sulla quale v. *Per la storia del potere dei Giudici* § 3 sub D e § 4 sub C). È questo il moto per cui la giurisprudenza forense, cioè l'opera dei giureconsulti forensi, diviene la fonte o fattore principale del diritto e viene a sostituirsi alla giurisprudenza dei dottori universitari che, come cosiddetti « *consiliatores* », avevano prima dominato anche nella pratica del foro, fra l'altro, mediante il *consilium sapientis iudiciale* dato a giudici inesperti del giure (v. *Per la storia del potere dei giudici* § 2).

Questo moto si accentua nei secoli XVII-XVIII (in cui opera il nostro Calderoni), mentre il secolo XVI si può considerare piuttosto come un periodo di transizione, in cui nel Foro operano ancora alcuni (pochi) di quei *consiliatores* universitari, quasi come tardi epigoni.

D'altro lato, le nostre facoltà universitarie di giurisprudenza nei secoli XVII-XVIII sono piuttosto decadenti (salve, s'intende, le debite eccezioni per alcuni docenti).

I grandi giuristi tendono a lasciarle per andare alla *Curia Principis* e alle Rote o altri tribunali supremi. Di fatto, e in certi Stati anche di diritto, l'attività di consulenza, compreso il *Consilium sapientis iudiciale*, è riservata ai giudici esperti del giure e agli avvocati. Anche la scienza giuridica, con i relativi trattati, a parte alcune eccezioni, si è spostata dall'università verso i grandi forensi (v. *Per la storia del potere dei giudici*, § 3 sub D e Ascheri ivi cit.).

A differenza di quanto avveniva nell'Italia dei secoli XII-XV e nella Germania dei secoli successivi, nell'Italia dei secoli XVII-XVIII il « *cultural hero* » non è il professore universitario con il suo « *Professorenrecht* », ma è il giureconsulto forense « primario » (v. *op. cit.*, § 4 sub C e ivi il contrastante luogo comune diffuso fra i comparatisti).

3. Le « auctoritates » e la « communis opinio »

Il predominio della giurisprudenza forense si riflette anche nelle « auctoritates » che venivano adoperate per sostenere e per decidere le cause nel foro, per consigliare e per la trattazione giuridica di affari politici, economici, familiari (su le « auctoritates » v. *I precedenti storici dell'art. 12 prel. cod. civ.*; *I motivi delle sentenze*; e *Il Dottrinarismo giuridico napoletano* citt. sopra nota 1).

Vi prevalgono le *auctoritates* della giurisprudenza forense, di impronta casistica, attente ai *casus* e alla loro distinzione (una specie di *case law*), e cioè:

- Le *Decisiones* dei tribunali (anche stranieri: il che oggi non avviene).
- Le *Allegationes* e i *Consilia* (autorità oggi scomparse: ovviamente oggi non se ne fanno o stampano nemmeno delle collezioni).

Vengono poi in sottordine i trattati dottrinali, e specialmente le *repetitiones* e le *lecturae* universitarie (v. *Per la Storia del potere dei giudici*, § 4 sub A e richiami ivi).

L'Autorità delle Autorità è la *communis opinio*, cui viene attribuito un valore quasi normativo e di criterio di interpretazione delle leggi (il nostro Calderoni la ricerca spesso). A comporla stanno anzitutto le *auctoritates* forensi sopra menzionate (v. *Per la storia del potere dei giudici* § 5 e richiami ivi).

4. La letteratura giuridica

È questa una delle parti più interessanti del quadro in cui collocare il Nostro, cioè le sue opere. Qui tuttavia mi limito a brevi tratti con richiami ad altri scritti (v. in proposito i miei due saggi su *Le raccolte di giurisprudenza* e *I Motivi delle sentenze* citati sopra nota 1 e Ascheri, pagg. 1193-1194 con citazioni di quei miei scritti, e *passim* pagg. 1161 segg. e 1204 segg.).

In connessione con quanto si è detto sopra n. 2 e 3 la letteratura giuridica dei secoli XVII-XVIII è quasi tutta forense, o dei forensi, o ne reca l'impronta.

a) Di essa fanno parte anzitutto le « *Decisiones* » delle Rote, che, per un loro dovere, recano alle parti e al pubblico i motivi della « *sententia* » (cioè dell'odierno « *dispositivo* »); e perciò tali *Decisiones* sono anche chiamate « *Motiva* ». Esse si presentano nella forma di un *Report* ufficiale di quanto è stato deliberato in Camera di Consiglio con il verbo al passato; in tale *report* all'occasione si menzionano o si sviluppano le opinioni dei giudici dissenzienti (nella Rota Fiorentina v'è il *voto di scissura* separato dalla *Decisio*). Tuttavia, anche quando vi è un collegio di giudici, in quella forma esteriore del *Report* è calata l'opera del relatore-estensore (circa le argomentazioni, le *rationes* e le *auctoritates* etc.). In questo caso, come in quello in cui l'estensore è giudice unico, sulla *Decisio* viene riconosciuto nel costume una specie di diritto morale d'autore (v. *Trib. supremi* § IX n. 5); per cui questo « autore » o suoi parenti o amici ne fanno collezioni sotto il suo nome, o egli le inserisce nelle opere miste chiamate *Resolutiones forenses* o con simili espressioni (v. infra sub c).

Quanto allo stile di queste *Decisiones* rotali, basato su *auctoritates* e *rationes* e col dovere di rispondere agli argomenti degli avvocati, v. il mio saggio su *I motivi delle sentenze* § 1 sub B.

Ora, le *Decisiones*, di cui il Nostro fu estensore nelle Rote ove ebbe ad operare (v. infra §§ II e III), presentano tutti i caratteri menzionati sopra, compreso quello del « diritto d'autore » con la relativa loro inserzione nelle sue *Resolutiones Forenses*.

b) Presso alcuni tribunali supremi (non « Rotali ») che non devono rendere al pubblico i motivi delle loro « *sententiae* », e presso i tribunali inferiori, i quali non devono motivarle, si incontra un'altra specie di letteratura giuridica forense, spesso chiamata (impropriamente) « *Decisiones* ». Essa consiste in *Reports* non ufficiali del *casus*; il loro autore espone o ricostruisce in vari modi i motivi della *sententia* e li mescola spesso con sue annotazioni o osservazioni: v. in proposito i miei saggi su *Le raccolte di giurisprudenza* e su *I motivi delle sentenze*, citati sopra nota 1.

Di questa specie di *Decisiones* (benché egli non le chiami con questo nome) nelle *Resolutiones Forenses* del Nostro si trovano vari esempi concernenti le sentenze da lui rese nei tri-

bunali inferiori di Emilia-Romagna, ove egli aveva operato come giudice (v. infra n. 10 e § II).

c) Un'altra specie di letteratura forense è costituita da collezioni di *Allegationes* e di *Consilia*, oppure da collezioni miste di *Decisiones*, *Allegationes* e *Consilia* di un giureconsulto, talvolta miste anche con simili scritti di suoi colleghi, o con l'inserzione di brevi trattazioni o *Discursus* (così i *Discursus legales de Commercio* di Ansaldo e quelli di Casaregi e il *Theatrum* di De Luca). A questa specie appartengono anche le *Resolutiones Forenses* del Nostro o altre opere del genere portanti titoli vari (fra cui anche *Colluctationes Forenses*: v. Ascheri, *op. cit.* pagg. 1188 e 1216-1221). Vi appartengono probabilmente anche i *Discursus et alia Legalia* del Nostro menzionati infra § III.

Per un certo nostro interesse è da menzionare anche una collezione mista del genere (nonostante il suo titolo), quella di Giovanni Sebastiano De Vespignanis, da Imola, *Vota Decisiva seu Rationes Decidendi*, Bologna 1741. Essa, che non è menzionata da Ascheri, è una delle collezioni più tarde del secolo XVIII, e sembra quasi fatta sul modello delle *Resolutiones Forenses* del Nostro, che vi vengono spesso citate (sul Vespignani v. anche infra nota 4 e §§ II e V): sarebbe anche interessante sapere se e quali rapporti vi furono fra il Vespignani e il Nostro.

È da notare che fra i *Consilia* si comprendono anche quelli dati dal giureconsulto ad un giudice inesperto del diritto (*consilium sapientis iudiciale*), nonché le analoghe « relazioni » al Principe o ad un suo Vicario per *sententiae* che questi renderà, seguendo di solito la « relazione » (v. *I motivi delle sentenze* § 5).

Anche di questa specie di *consilia* o « relazioni » si trovano esempi nelle *Resolutiones Forenses* del Nostro: in proposito è da tener presente che egli operò come « *Auditore* » o assessore stabile del Cardinal Legato d'Emilia.

L'Italia, nei secoli XVI-XVIII, batte probabilmente tutti i paesi in questo campo della letteratura forense costituita dai tipi menzionati supra *sub a, b, c*: l'Ascheri ne fa un calcolo approssimativo in circa ottocento ed oltre. A questi si debbono aggiungere certe opere che vengono chiamate « *Tractatus* », opere di forensi che hanno tutte l'impronta casistica menzionata sopra n. 3, e recano annesse delle corpose Appendici di *Decisiones* (e specialmente di quelle della Rota romana) concernenti

ciò che è detto nel *Tractatus* o *Discursus* (così, sia pur in altro contesto, fa spesso il Nostro nelle sue *Resolutiones forenses*).

Il suo *De alienatione Rerum Eccles.*, menzionato infra § III, potrebbe avere i caratteri di questi *Tractatus*.

5. Il Consorzio o sodalizio dei forensi

Fra giudici, avvocati e consulenti, nei secoli XVII-XVIII, v'è in Italia una specie di consorzio o sodalizio. I giudici non sono (come invece oggi da noi e già nel secolo XIX) dei giudici di carriera. Essi vengono tratti, anche per i tribunali supremi, dai forensi, avvocati e consulenti, o questi funzionano come giudici in vari modi (nel *consilium sapientis iudiciale*, nel fare relazioni al Principe o al suo vicario per una sua sentenza: così talvolta il Nostro nelle sue *Resolutiones forenses*, come s'è detto supra).

Del resto, in alcuni stati, quei « giudici » possono esercitare, e di fatto esercitano, la professione di avvocato.

Il consorzio si manifesta anche nel fatto che le *Decisiones* delle Rote, ancora prima di essere raccolte e pubblicate in collezioni (o che non saranno mai pubblicate), circolano manoscritte o « *impressae in folio* » (cosiddette *volantes*) tra i forensi, quasi per vie di circolazione « consorziali », o addirittura per rapporti personali (come avvenne tra Casaregi, Balducci e il Nostro: v. *infra* § IV). Altrettanto accade per i *Consilia* e per le *Allegationes*: anche questi circolano in manoscritti o in stampati « volanti ». Di questi e di decisioni volanti ho fatto una notevole raccolta che si trova nella collezione di cui sopra nota 3.

E ancora si manifesta quel consorzio nel fatto che i superlativi elogiativi, come *doctissimus*, *eruditissimus* e simili, vengono riservati ai giureconsulti contemporanei, e fra essi scambiati (salvo il caso del Cardinal De Luca, però da poco scomparso): nonché nel fatto che un *consilium* di uno di essi viene spesso sottoscritto, per approvazione o conforto, da altri colleghi, talvolta anche mediante allegazioni di un loro proprio *consilium* (v. ad es. *infra* § IV).

Il consorzio è più stretto fra i forensi della regione menzionata infra n. 7, cui appartiene il nostro Calderoni.

La rottura del consorzio forense nel corso del secolo XIX (rottura che va di pari passo con l'avvento del giudice di carriera) può considerarsi come una delle cause di decadenza del potere dei giudici: v. *Per la storia del potere dei giudici* § 12).

6. Il « Master's shop »

È interessante notare che nei secoli XVII-XVIII la formazione professionale, anzi la stessa « educazione giuridica », si fa piuttosto poco presso le Università, e ciò per la summenzionata loro decadenza e il loro divario dalla pratica (si ricordi il passo di De Luca « *quicquid sit in scholis et Academiis, etc.* », riferito in *Tribunali Supremi* § IV n. 1). Tale formazione avviene presso avvocati *primari* o presso giudici di alto livello: una specie di *Master's shop*, per cui si parla di « *praeceptor* » e di « *alumnus* » (v. *Per la storia del potere dei giudici*, § 3 sub c ed esempi ivi). E questo è anche il caso del nostro Calderoni; il quale, nella dedica delle sue *Resolutiones Forenses* a papa Clemente XI, dice di aver compiuto il suo tirocinio presso Marcello Rondinini, giudice della Rota romana, suo compatriota e parente (v. su questo punto anche la *Resolutio V*).

Questi *Master's shops* erano spesso costituiti da membri della famiglia o dalla loro successione in una tradizione familiare di giureconsulti, com'è il caso anche della famiglia Calderoni; si vedano i sonetti che precedono le *Resolutiones Forenses* e Mittarelli in Appendice al § II; e altri frequenti casi del genere in *Per la storia del potere dei giudici*, § 10 in fine e il *Museo Guarnacci* ivi cit.

7. I Gruppi « regionali » di giureconsulti forensi

La giurisprudenza forense e i suoi giureconsulti dei secoli XVI-XVIII non vanno considerati in modo generico per tutta Italia: bisogna far distinzione di luoghi e di tempi, sia quanto ai gruppi per così dire « consortili » forensi, sia quanto ai periodi di loro fioritura .

Ad esempio, nel Regno di Napoli si forma un gruppo di forensi accentrati nella capitale (anche se provengono dalla « provincia ») che si muovono poco verso altri Stati, salvo qualche eccezione; il loro periodo di splendore è quello dei secoli XVI-XVII: v. *Tribunali Supremi* § IX n. 6, e ivi anche quanto al Piemonte, nonché *Per la storia del potere dei giudici*, § 10.

V'è una « regione » o parte d'Italia che va presa in particolare considerazione ai fini del presente saggio.

Essa comprende *grosso modo* gli Stati che stanno a sud del Po, nel suo corso per Lombardia e Veneto, fino ai confini del

Regno delle Due Sicilie, e cioè (a parte alcuni Stati minori o meno interessanti in proposito): lo Stato pontificio, la Repubblica di Genova, il Ducato di Parma e Piacenza, le Repubbliche di Lucca, Siena e Firenze, che divennero poi, queste due ultime, gli « Stati » del Granducato di Toscana, insieme con la Lunigiana, Fivizzano compresa.

In questo gruppo (a parte la Rota romana) noterei alcune caratteristiche. E innanzitutto quella che i giudici dei Tribunali Supremi (che sono, ma non tutti, le « Rote ») circolano da uno Stato all'altro. A vero dire, anche giuristi di altri paesi circolano. Ma nella regione su descritta la circolazione è più ampia e frequente, non solo perché in alcuni Stati i membri delle Rote, per vecchia tradizione, debbono essere « stranieri », ma anche, sostanzialmente, perché sentono di appartenere ad una « comune » regione di forense cultura o, se vogliamo, ad un « Foro » comune. Vi circolano, quei giudici, in una specie di *cursus honorum*, spesso descritto nei frontespizi delle loro raccolte di giurisprudenza: un *cursus honorum* che parte dalla posizione di avvocati e giudici nei tribunali e nelle Rote minori per arrivare alla « Rota fiorentina » (emblema del Foro toscano: v. *Tribunali Supremi* § 6 n. 13).

Tale, come vedremo, è anche il *cursus* del Nostro che, movendo da Faenza e dalle cariche occupate in città dell'Emilia-Romagna, come si dice nel frontespizio delle sue *Resolutiones Forenses*, passa per le Rote di Lucca, Ferrara e Genova, per arrivare poi (ma non risulta da quel frontespizio) alla Rota fiorentina: v. *infra* § II.

In questa « regione » fra questi giureconsulti, batte il cuore del « diritto comune » fra i secoli XVII-XVIII, l'età che, specialmente con riguardo alla Toscana, ho altrove chiamato l'età aurea o « periclea » della sua giurisprudenza forense (v. *Tribunali Supremi* § IX n. 6; *Il Museo Guarnacci* § 1 n. 1; *Unificazione* § IX note 73 e 74; *Per la storia del potere dei giudici* §§ 10 e 12).

È interessante a questo punto osservare che il nostro Calderoni ebbe ad operare, nel periodo più lungo e più sperimentato della sua attività giudiziale, presso la Rota fiorentina in quell'età « periclea » di essa.

8. *Status economico-sociale dei giureconsulti forensi*

Sarebbe interessante conoscere questo « *status* » specialmente per i giureconsulti della « regione » testé menzionata nel n. 7, e se essi cercassero il successo economico o invece soprattutto « dignità », « preminenze » e « privilegi » (quasi come *jura naturalia*) e, per questa via, il potere. Propenderei per questa seconda soluzione: v. *Per la storia del potere dei giudici* § 11 e ivi citati De Luca, Ansaldo, Benni e il mio saggio sugli *Jura naturalia*.

Nei frontespizi delle loro opere parecchi giureconsulti si qualificano, o vengono qualificati da loro colleghi, *comes, patrius, nobilis*. Il Nostro è qualificato (lui con la famiglia) *comes* dal giureconsulto faentino Vincenzo Marradi nella sua presentazione delle *Resolutiones Forenses*.

9. *Comparazione con l'Inghilterra*

Il mio saggio *Per la storia del potere dei giudici* al § 13 si chiude con alcuni cenni comparatistici, richiamando anche quelli sparsi qua e là in vari luoghi del saggio stesso. Rinvio a quel § 13 e a quei luoghi il lettore interessato in proposito.

10. *Giureconsulti forensi e Tribunali Supremi*

Come ho accennato sopra n. 1, il mio saggio *Per la storia del potere dei giudici* presenta una visione della giurisprudenza forense dei secoli XVI-XVIII limitata ai tribunali supremi e ai giureconsulti operanti attorno ad essi (visione limitata derivante dal fatto stesso che in quel mio saggio io concentravo l'attenzione sul problema del potere dei giudici, potere il cui centro era ovviamente costituito dai tribunali supremi).

A seguito di tale visione limitata quel mio saggio trascura:

a) i giureconsulti operanti come giudici, avvocati e consulenti presso i tribunali inferiori, di solito periferici, ma talvolta anche centrali; trascura così le loro *Decisiones*, *Allegationes* o *Consilia* e le relative collezioni;

b) i giureconsulti che, pur operando in città sedi di tribunali supremi, presentavano all'occasione delle *Allegationes* o dei *Consilia* davanti ai tribunali inferiori, centrali o periferici.

E con ciò veniva negletto il fatto storico che le relative collezioni di *Decisiones*, *Allegationes*, *Consilia* godevano di notevole autorità, ed erano all'uopo citate (v. sopra n. 3) anche presso i tribunali supremi e i relativi fori d'Italia e fuori d'Italia; e concorrevano a formare la *communis opinio* di cui sopra n. 3. Queste collezioni venivano a far parte della letteratura giuridica di cui sopra n. 4 (tale, ad esempio, sotto questi vari aspetti, è la sorte delle *Resolutiones Forenses* del nostro Calderoni: v. infra § V).

Questo fenomeno (che qui vogliamo considerare limitatamente ai tempi del Nostro, cioè ai secoli XVII-XVIII) è di notevole importanza. E tuttavia anche Ascheri, *op. cit.*, pur elencando nel suo inventario di collezioni (pagg. 1179 segg. e 1212 segg.) molte del genere di quelle summenzionate, non le considera in modo specifico, ma ne parla *en passant* a proposito del processo presso i « *Provincial-und unteren Gerichte* » (v. *op. cit.*, pag. 1203). Anche Ascheri infatti concentra la sua attenzione sui tribunali supremi e loro fori.

Ora, un discorso su quel fenomeno, e specialmente su quello menzionato sopra *sub a*, potrebbe suscitare per connessione interessi e ricerche sulla « provincia illustre » dei giureconsulti: dico « illustre » per togliere alla parola « provincia » il significato deterioro che le viene spesso attribuito (e che forse importammo dalla Francia). Tali interessi e ricerche (limitate, come s'è detto, ai secoli XVII-XVIII) possono avere ad oggetto città quali Faenza ed altre vicine, come centri di formazione o seminari di giureconsulti e della relativa cultura giuridica e fors'anche come centri, con città vicine, di consorzi intimi o stretti fra forensi in esse formatisi, di cui s'è detto (v. sopra n. 7). Questi due temi, dei centri o seminari di formazione giuridica e dei consorzi stretti, possono essere fra loro in certo senso collegati. A questo proposito, quei temi di ricerche potrebbero, nel caso, concentrarsi sui giureconsulti forensi dell'Emilia-Romagna (Stato Pontificio), fissando l'attenzione su Faenza, Forlì, Imola e Ferrara (a prescindere dal fatto che questa fu sede di una Rota) (4).

(4) Per questa « regione », sempre fra i secoli XVII e XVIII, vengono in mente questi nomi:

— di *Faenza*: oltre il nostro Calderoni, Marco Antonio Savelli e Domenico De Zauli;

— di *Forlì*: Giacomo Balducci, Giuseppe Orceoli (Urceulus) e Mercuriale Merlini;

— di *Argenta*: Vincenzo Bondeni;

— di *Imola*: Giovanni Sebastiano De Vespignani.

Tutti nella loro carriera, per vari passi o gradi, pervennero ad alte magistrature,

Il quadro sopra tratteggiato della giurisprudenza forense del tempo del nostro Calderoni e la di lui collocazione in esso ci permetteranno di essere più brevi nei §§ II, III e IV, concernenti vita, carriera, opere e consorzio forense del Nostro.

D'altro lato, nei paragrafi seguenti s'intende soltanto di proporre qualche traccia per temi che potranno essere sviluppati da parte degli interessati prima del Convegno o durante o dopo lo stesso.

alle Rote, alle Consulte o Consigli Supremi del Principe o simili. Si possono vedere in proposito i frontespizi e le premesse dei loro libri e i singoli casi forensi in essi contenuti; le biografie indicate da L. Ferrari, *Onomasticon*, Milano, 1947.

Dall'*Onomasticon* risulta che la biografia di Vespignani si trova con altre di « illustri imolesi », scritta da Luigi Angelini, Imola, 1828.

Per Balducci, Orceoli, M. Merlini, M. A. Savelli si può vedere anche De Comitibus, *Decisiones Rotae Senensis et Florentinae*, 1714 e 1725, vol. I, *Titulus primus* e *Titulus secundus* concernenti i giureconsulti che pubblicarono loro opere e collezioni di esse, e che fecero parte delle Rote o delle alte magistrature di Siena e di Firenze.

L'importanza del luogo di origine (cotrispondente al luogo di formazione?) di un giureconsulto si dimostra nel frontespizio delle sue opere, ove si qualifica mediante tale luogo (*faentinus, imolensis, etc.*).

Balducci nelle sue *Decisiones*, pag. 599, riproduce una decisione di Ansaldo (Rota Romana) del 1699, ove questi, senza indicarne il nome, lo chiama « *Modernus Foroliviensis* », come autore delle *Observationes ad Ramon* (secondo un uso assai corrente per cui, ad esempio, Scaccia viene talvolta chiamato « *Modernus Romanus* »). Lo stesso Balducci, *Decisiones* cit., pag. 632, chiama l'Orceoli « *conciuis meus* » (sulle *Decisiones* e le sue *Observationes ad Ramon v. infra* § III n. 4). Nel frontespizio di quelle sue *Observationes ad Ramon*, che lo resero « celebratissimo », e che sono citatissime per tutto il secolo XVIII, egli si qualifica « *Advocatus Foroliviensis* », mentre è già investito di importanti uffici giudiziari o consultivi presso vari Governi. Sarebbe interessante anche sapere se egli risiedesse spesso a Forlì, benché investito di quelle cariche.

Balducci (1657-1709 o 1710 secondo De Comitibus) è in certo senso la figura rappresentativa di questo gruppo di giureconsulti forensi dell'Emilia-Romagna e del loro operare come giudici e alti consiglieri presso i Governi di altri Stati.

Le sue *Observationes ad Ramon* (che sono anzitutto una riedizione, da lui curata, dei *Consilia* di Ramon: v. *infra* § III n. 4) sono importanti anche come collegamento e confronto della giurisprudenza teorico-pratica italiana con quella spagnola.

Ottavio Vasoli-Piccinini (su cui v. *infra* §§ IV e V n. 2a) professore nell'Università di Parma e membro di quel collegio di consulenti, censore delegato a Parma nel 1703 per esaminare le *Decisiones* di Balducci stampate a Parma nel 1703, così si esprime: « *elucubratissimum sane opus Illustrissimi Dom. Consilii (del duca di Parma) Jacopi Balduccii, Nobilis aequae, ac Praeclarissimi Viri, ob eruditissimas jamdudum in Consilia Ramonii Observationes editas, undequoque perpetua nominis fama, celebratissimi* ».

Sui rapporti fra Balducci e Calderoni v. *infra* §§ III e IV.

Giacomo Balducci meriterebbe uno studio fatto anche *in loco* negli archivi di Parma per vedere il suo ruolo politico-giuridico nei fatti di quel ducato, come consigliere del Duca, ed anche per vedere se a Parma (e/o a Bologna) si trova la prima edizione dei *Consilia di Ramon*; Barcellona, 1628 (altrimenti, come avrebbe potuto Balducci farne la riedizione a Bologna e Parma fra il 1689 e il 1695?).

§ II - Vita e carriera di Antonio Gabriele Calderoni

In proposito le fonti di cognizione sono:

a) Le biografie scritte l'una da Mittarelli nel 1775, l'altra da Montanari nel 1883, che si allegano in Appendice al presente § II.

Le due biografie, pur di grande interesse, su certi punti sono piuttosto vaghe o recano imprecisioni e inesattezze. Così Mittarelli pone il Nostro nella Rota di Ferrara dall'anno 1693, mentre in quest'anno egli era a Lucca. Montanari lo fa fiorire nella seconda metà del secolo XVIII (il Nostro era defunto). Ma anche se si tratta di un errore di stampa e deve leggersi secolo XVII, resta fuori tutto il periodo del secolo XVIII in cui il Nostro opera nelle Rote di Ferrara, Genova e Firenze, pur menzionate da Montanari.

Quanto alle opere del Nostro menzionate da Mittarelli e Montanari, v. *infra* § III.

b) Le informazioni avute dal Prof. Giuseppe Bertoni.

c) Le *Resolutiones Forenses* del Nostro (frontespizio, dedica, presentazione di Vincenzo Marradi, e ciascuna *Resolutio* in sé esaminata), nonché le sue *Decisiones* nelle varie Rote.

d) Le Raccolte di Decisioni della Rota Fiorentina, i *Discursus* di Casaregi, le *Decisiones* di Palma e di Balducci (v. anche *infra* § III, IV e V), facenti parte della mia collezione di cui sopra § I nota 3.

Alle fonti menzionate *sub c et d* spetta un certo privilegio nella ricostruzione della vita, della carriera e delle opere del Nostro: v. *Per la storia del potere dei giudici* § I sub B.

Attraverso questo complesso di fonti fra loro integrate, la vita e la carriera del Nostro (e loro riflessi sulle opere) possono essere ricostruite nel modo che segue (le date sono piuttosto approssimative, ma ciò non intacca in modo sostanziale la storia del Nostro e la sua collocazione nel « quadro » di cui sopra § I):

— *Nascita* attorno al 1650 o poco dopo.

— *Morte* dopo il 1735, anno in cui il Nostro lascia la Rota fiorentina per tarda età, secondo le notizie tratte dal prof.

Enrico Spagnesi presso gli Archivi di Firenze: v. anche il *Discursus* 225 di Casaregi citato infra § V n. 4.

- *Famiglia*: questa, con la relativa tradizione di giuristi, è illustrata nei sonetti premessi alle *Resolutiones Forenses*, ove si accenna a Gabriele Calderoni, uno dei riformatori dello Statuto faentino (v. anche Mittarelli e Domenico De Zaulis, giureconsulto faentino, *Observationes* a tale statuto, Roma, 1723).
- Laurea in giurisprudenza nel 1672 (dove? a Bologna?).
- Dimestichezza con Gian Francesco Albani (giurista, da Urbino) poi Papa Clemente XI, da cui il Nostro, nella sua Dedicata, dice d'aver appreso i primi rudimenti del diritto. Forse a Clemente XI il Nostro deve qualche appoggio nella sua carriera di governatore in città dell'Emilia-Romagna e di auditore del Cardinal Legato.
- Tirocinio presso Marcello Rondinini, auditore nella Rota romana fra il 1672 e il 1675 (v. § I n. 6). In quel tempo a Roma il Nostro avrebbe anche incominciato la pratica forense, battendosi con il grande De Luca e vincendo la causa nel 1674 (v. la *Resolutio* I).
- Fra il 1675 e il 1692: avvocato « di grido » a Faenza, governatore di Rimini, Forlì, Cesena ed Imola, auditore del Cardinal Legato d'Emilia (e, all'occasione, giudice in varie cause).
- Fra il 1693 e il 1695 auditore nella Rota di Lucca.
- Fra il 1695 (o il 1696) e il 1708 auditore nella Rota di Ferrara.
- Fra il 1708 e il 1715 auditore nella Rota di Genova.
- Fra il 1715-1716 e il 1735 (v. infra § V n. 2 sub a et b, n. 4 in fine) auditore nella Rota fiorentina. È questo il periodo più lungo e più maturo nella sua carriera di giudice, e quello di cui si conosce il maggior numero di *Decisiones* da lui stese.

Nella Rota Fiorentina si conclude la carriera del Nostro, la quale così mostra tipicamente il *cursus honorum* menzionato sopra § I n. 7.

APPENDICE AL § II

Giovanni Ben. Mittarelli, *De literatura Faventinorum, sive de viris doctis et scriptoribus urbis Faventiae, Venetiis, Modestus Fentius Typ.*, 1775.

CALDERONIUS Gabriel-antoniſus Faventinus, Almæ Rotæ Ferrarienſis Auditor anno 1693. electus, Ferrariæque per integrum quinquennioſum verſatus, multa in lucem protulit, videlicet: „ Diſcurſus & alia Legalia, „ impreſſa apud Jacobum Balduccium in Obſervationibus ad Conſilia Ramon. in Tomo „ IV. “ Ex Boſſetto T. II. pag. 288.

IDEM. „ Reſolutiones forenſes T. I. & „ II. cum S. Romanæ Rotæ deciſionibus. “ Editæ ipſæ fuerunt Bononiæ apud Montium anno 1709. præcedente epiſtola Latina Vincentii Maradii Jurisconſulti Faventini, in qua de nobilitate familiæ Calderoniæ ſuſe diſſeritur, & præſertim de meritis auctoris, cujus laudes ex pluribus ſcriptoribus; qui de ipſo verba fecerunt, ſimul congeruntur. Abſente auctore præſedit Maradius editioni, ſummaria Inſuper & indices adjecit operi; Auditor ſiquidem tunc erat Rotæ Genuenſis Calderonius. De ipſo videantur; quæ ſcribit Georgius-vivianus Marcheſius *Galeria dell' Onore* P. I. pag. 249.

D. Antonio Montanari, *Gli uomini illustri di Faenza*, Vol. I - Parte II, In Faenza, Ditta Tipografica Pietro Conti MDCCCLXXXIII (1883).

ANTON GABRIELE CALDERONI.

Il Calderoni fioriva nella 2^a metà del sec. XVIII, fu dottore in ambo le leggi, consultore del s. Ufficio, auditore delle Rote di Lucca, Ferrara, Genova e Firenze, e governatore di Rimini, Forlì, Cesena ed Imola. Fu certamente uomo di gran merito, il quale compose e divulgò con le stampe:

Discursus et alia legalia impressa apud Jacobum Balduccium.

Resolutiones forenses sacrae Romanae Rotae decisionibus exornatae, Tomi duo Clementi XI dicati — Bononiae, Monti, 1709.

Quest'opera per assenza dell'autore, fu stampata per cura di Vincenzo Marradi giureconsulto, il quale vi premise una lettera erudita, ed aggiunse i sommarii e gl'indici.

Ma l'opera maggiore scritta da lui aveva il titolo: *De Alienatione Rerum Eccles.*, la quale al tempo dell'ab. Zannoni (1775) conservavasi ms. presso un suo amico; e che forse sarà andata perduta. Di essa registrarono memoria, oltre le Rote di Lucca e di Genova, il Bondeni, il Palma, il Vespignani ed altri.

Nella *Galleria dell'onore* del Marchesi leggesi che la ragguardevole stirpe dei Calderoni « ha prodotto ne' tempi andati e moderni Uomini rinomati nelle discipline letterarie e marziali »; e parlando di A. Gabriele dice che fu « celebre Giurisperito e per le cariche esercitate e per le stampe, alle quali ha dato l'anno 1709 *Resolutiones* divise in due parti ».

ANTONII GABRIELIS
CALDERONI
J. C. FAVENTINI

Inter Patritios ex XII. Viris Prioribus,
& Sancti Officii Consultoris

Olim Arimini, Forolivii, Cæsena, ac Imolæ Gubernatoris,
in Legatione Æmilîæ, in Rota Lucensi, Ferrariensi,
nunc verò Januensi Avditoris

RESOLUTIONES FORENSES

Sacra ROTÆ ROMANÆ Decisionibus exornata, in quibus celebres
Questiones Canonice, Civiles, & Criminales, quæ in Forensibus
Tribunalibus plurimum occurrunt, facili methodo
disceptantur, & resolvuntur.

G. 525

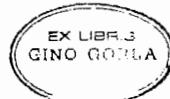
TOMUS PRIMUS *Mattigi Giustani Sulgini ff.*

SANCTISSIMO DOMINO NOSTRO D.

CLEMENTI XI.

D I C A T U S

P A R S P R I M A



morale » d'autore (v. sopra § I n. 4).

La summenzionata Raccolta dal 1700 al 1808 ora riproduce le *Decisiones* e i voti del Nostro, ora rinvia per il loro testo al cosiddetto *Thesaurus Ombrosi*, stampato in XI volumi più l'indice fra il 1767 e il 1787 (v. Ascheri, *op. cit.*, pag. 1192). In questi casi di rinvio la detta Raccolta ci dà l'*Argumentum* o sintesi della decisione.

Come ho detto, siamo di fronte ad un complesso di decisioni molto importanti, sia per la loro profondità e dottrina, sia per la varietà delle questioni che ne sono l'oggetto.

Vi sono fra esse: la celebre *Liburnensis Pecuniaria* del 20 settembre 1727, riprodotta nel *Discursus* 179 di Casaregi, la *Liburnensis Assecurationis* del 31 luglio 1726 pure riprodotta dal Casaregi, Disc. 142, nonché altre dallo stesso citate, fra cui una sul mandato, rispetto alla quale Casaregi ha fatto un suo voto di scissura inserito nel *Discursus* 119 (v. su tutto ciò il § V).

Una decisione presenta un certo interesse, la *Pistoriensis, Aretina, Mutilianensis Commend.* del 14 settembre 1725, concernente l'Ordine Equestre di S. Stefano, di cui gli antenati del Nostro furono membri (v. i sonetti preposti alle *Resolutiones* e ivi la presentazione di Marradi): è questa una decisione che affronta un complesso di delicate questioni di carattere generale e di vasta portata, su cui ebbi a fare altrove delle annotazioni per temi da sviluppare fra i miei « semilavorati ». Per un'altra decisione del Nostro da me annotata la *Faventina seu Marradiensis praetensae nullitatis sententiarum* del 1725 v. *Unificazione*, § VII note 60, 62 e 63.

Ma non è questo il luogo per intrattenerci sul contenuto delle singole *Decisiones* rese dal Nostro nella Rota Fiorentina. In proposito sarebbe una bella cosa se la società Torricelliana si assumesse il compito di estrarre dalla *Raccolta 1700-1808* e dal *Thesaurus Ombrosi* delle fotocopie di quelle *Decisiones* e di rilegarle in un volumetto, a disposizione di chi abbia interesse a consultarle o farne altre fotocopie.

4. *Discursus et alia Legalia impressa apud Jacobum Balduccium in Observationes ad Consilia Ramon. in Tomo IV*, menzionati da Mittarelli e da Montanari (che riprende, pare, la notizia da Mittarelli, con un titolo assai vago). Occorre in proposito, vedere che cosa Mittarelli intenda con le misteriose parole « *ex Borsetto* », T. II, pag. 288.

Le *Observationes* di Giacomo Balducci da Forlì (molto amico del Nostro: v. sopra § I nota 4 e infra § IV) ad *Consilia Ramonij*, giurista catalano, sono menzionate con il titolo esatto in Coing, *Handbuch*, cit. sopra nota 2, nel contributo per la Spagna scritto da J.M. Scholz, pag. 1306 (v. anche pagg. 1312-1313, 1315 e 1318). Il titolo esatto è *Josephi Ramonij, Consilia et sententiae Senatus Regij Cathaloniae cum Observationibus Jacobi Balduccii*.

La prima edizione dell'opera di Ramon è quella di Barcellona, 1628 (ovviamente senza le *Observationes* di Balducci che non era ancora nato). Quella con le *Observationes* di Balducci è di Bologna, 1689, per i volumi I e II, e di Parma 1695 per i volumi III e IV.

In questo vol. IV si dovrebbero trovare i *Discursus et alia legalia* del Nostro.

Su gentile indicazione del prof. Gualandi ho potuto esaminare le *Observationes* di Balducci *ad Ramon* presso la Biblioteca Casanatense. In realtà nel vol. IV non si trovano riuniti degli scritti di Calderoni in un complesso con il titolo « *Discursus et alia legalia* »; ma vi si riportano sparse qua e là (a seconda della materia e insieme a *Decisiones* o scritti di altri giudici o giureconsulti) sei decisioni o voti decisivi di Calderoni degli anni 1686-1693 che nelle *Observationes* di Balducci portano i nn. 56, 57, 61, 69, 92, 94 (v. anche Marradi, che non parla in proposito di « *Discursus et alia legalia* »).

Calderoni riprodurrà poi queste decisioni o voti decisivi nelle sue *Resolutiones Forenses* ai n. 34, 42, 50, 51, 52, mentre non riproduce quella di cui al n. 57 di Balducci. Nelle *Resolutiones Forenses*, si noti, vi sono parecchie altre decisioni o voti di Calderoni.

La riunione di quelle sei decisioni o voti di Calderoni sotto il titolo « *Discursus et alia legalia* » sembra essere una estrapolazione di quel « Borsetto T. II, pag. 288 » di cui parlano Mitarelli e Montanari, oppure un loro fraintendimento di Borsetto. Di questo *Borsetto* e della sua opera non ho saputo comunque trovar traccia (può darsi che altri ne sappia o possa sapere di più).

Le decisioni o voti di Calderoni riportati da Balducci *ad Ramon*, vol. IV, sono spesso citati dallo stesso Balducci. Così, ad esempio, nelle sue *Decisiones et Res iudicatae*, Parma, 1703 (fra i miei *ex libris*), Titolo *De Legatis*, *Decisio* 33, Rota Genovese 1697 stesa dal Balducci, pag. 286 n. 2 « *et novissime*

Gabriel Calderonius in dec. 92 (di esso Balducci) *post Ramon.*, vol. IV impress. Parmae in anno elapso 1695 ». Tale citazione di Calderoni è ripetuta più volte nella stessa decisione della Rota Genovese pagg. 289, 291, 292, 293.

5. *De Alienatione Rerum Eccles.* menzionato da Montanari come esistente nel 1775 in un manoscritto forse perduto, opera di cui « registrarono memoria, oltre le Rote di Lucca e di Genova, il Bondeni, il Palma, il Vespignani ed altri ».

La notizia che ne dà il Montanari è molto vaga, così come quella della « memoria registrata » dalle Rote di Lucca e Genova, dal Bondeni (v. infra § IV), dal Palma e dal Vespignani ... e altri. Del Vespignani Giovanni Sebastiano, da Imola, conosco i *Vota Decisiva*, Bologna, 1741 (v. sopra § I n. 4 e infra § V n. 3); ma non vi ho trovato alcuna registrazione del genere. Né saprei, in mancanza di precisazioni, come trovarla presso le Rote di Lucca e Genova o in quali raccolte di loro *Decisiones*, o presso Bondeni, Palma ... o altri. Potrebbe essere un punto interessante per una ricerca.

Invece in Balducci, *Observ. ad Ramon*, vol. III, Obs. 96 pag. 523, ne ho trovato menzione nel modo seguente:

« et erudite semper consuluit in terminis Statuti Faventiae D. meus A.G. Calderonius in alias allegato Responso pro Factorinis quod fortasse impressum habebis in ipsius non minus docto quam elaborato tractatu "De rebus Eccles. non alien." quam primum edendo, ubi nihil (si in iure fas est) intactum, imo egregie omnia et solide discussa in huiusmodi intricata materia ».

L'*argumentum* dell'Observ. 96 di Balducci *ad Ramon* è: « *Mulieris obligatio vel fideiussoria vel principalis* » e come la si prova secondo gli Statuti.

Dunque nel 1695 (data di edizione del III vol. delle *Observ. ad Ramon*) Balducci aveva visto quel trattato *manoscritto* o ne sapeva qualcosa, benché lo chiami « *De rebus Eccles. non alien.* », e sapeva dell'intenzione di Calderoni di pubblicarlo.

Questa menzione che ne fa Balducci e il fatto che se ne trovasse « registrata memoria » presso due Rote, delle quali Calderoni era stato membro, presso Bondeni e Palma (amici del Nostro: v. § IV), nonché presso Vespignani ed altri, tutto ciò può far pensare che di quell'opera o *tractatus* manoscritto Calderoni avesse comunicato all'occasione un sunto o qualche capitolo a quelle Rote e a quelle persone.

A questo punto vorrei fare un'osservazione: se di quell'opera del Nostro (in uno o più manoscritti) hanno avuto conoscenza Balducci, quelle due Rote e gli autori menzionati da Montanari, ciò può costituire una delle prove di quella « circolazione consortile » di materiale non pubblicato, della quale ho parlato sopra: § I n. 5.

In proposito si può anche osservare che il Marradi, nella citata sua presentazione, menziona come elogiatore del Nostro, Antonio Mangel in *Repert. Ann. in verb. Bona Ecclesiae « Ecclesiastica non possunt alienari »*: il che potrebbe far pensare che Antonio Mangel (di cui non ho potuto trovar traccia in Coing, *Handbuch*) conoscesse quell'opera manoscritta o ne avesse sentito qualcosa dallo stesso Calderoni.

Quanto al Ricciardelli, pur menzionato dal Marradi, si tratta della seguente opera (che ho potuto vedere alla Casanatense): Julius Caesar Ricciardelli ... *patritii ariminensis, Lyceum Ecclesiasticum iuris utriusque theorico-practicum. Supremorum tribunalium sanctionibus illustratum* (dedicato a Clemente XI), Rimini, 1704. Ivi nel vol. II cap. VIII § 7, che tratta dell'enfiteusi ecclesiastica, Ricciardelli vi menziona e vi loda Calderoni in suo *discursu De Emphyteusi*, riportato poi dallo stesso Calderoni nelle sue *Resolutiones Forenses* (Resol. 32, ove pur si parla dell'alienazione dell'enfiteusi ecclesiastica). Ma Ricciardelli non vi menziona il trattato *De alienatione rerum eccles.* Non è escluso però che quel *Discursus* in qualche modo fosse stato poi introdotto da Calderoni nel summenzionato *tractatus* manoscritto.

Comunque, si ha anche qui una delle molte prove che *Discursus*, *Decisiones* o altri scritti forensi, manoscritti o stampati in fogli volanti, circolavano per la detta « circolazione consortile » anche prima di esser stampati e pubblicati in volume. Tanto più di tale circolazione veniva a partecipare il riminese Ricciardelli: egli infatti, *loc. cit.* n. 35, dice di Calderoni « *quem semper sum veneratus ob eius doctrinam et nobilem qualitatem, usque dum erat Gubernator huius civitatis Arimini, et post ad majora evectus* ».

§ IV - A. G. Calderoni nel consorzio dei forensi

Si è accennato sopra § I n. 5 al « consorzio dei forensi », e come questo potesse essere più stretto fra quei forensi che appartenevano ad una stessa « regione » (v. § I n. 7), e ancor

più fra quelli che provenivano da città fra loro vicine o si erano in esse formati (v. § I n. 10 e nota 4).

Ora il Nostro, da quest'ultimo punto di vista, mostra di avere un consorzio reciprocamente nutrito con Vincenzo Bondeni da Argenta (1650-1704), Giacomo Balducci da Forlì († 1710) e, ovviamente, con Vincenzo Marradi da Faenza, cui confida la cura dell'edizione delle *Resolutiones Forenses* e dei relativi indici.

I rapporti fra Calderoni e Bondeni risultano da ciò che ne dice Marradi: probabilmente hanno esercitato assieme la consulezza. Il Nostro, nelle sue *Resolutiones* e nelle sue *Decisiones* anche post 1709, cita spesso le *Colluctationes Legales* di Bondeni (su cui v. Ascheri, *op. cit.*, pag. 1188).

Balducci e Calderoni sono stati, sia pure in tempi diversi, nelle Rote di Ferrara e di Genova.

Essi si citano spesso l'un l'altro. L'intimo consorzio con Balducci è provato, fra l'altro, dal fatto che la *Decisione Ferrariensis Haereditatis* del 27 maggio 1696, estensore il Nostro e inserita da Balducci nelle sue *Decisiones et Res judicatae* del 1703 pag. 179 segg., arriva a conoscenza di Balducci prima che essa sia pubblicata nelle *Resolutiones Forenses* del Nostro, *Resolutio* 67: vi arriva, cioè, per la via della « circolazione consortile » di cui ho parlato sopra § I n. 5.

Tale consorzio, o amicizia, è provato specialmente da quanto si è detto sopra § III n. 4 e 5 a proposito dei *Discursus et alia legalia* e del *De alienatione Rerum Eccles.*

Nelle *Observationes* di Balducci *ad Ramon*, vol. IV, Dec. 99, pag. 431 si trova che una *Consultatio* data da Balducci, pare nel 1695, in tema di sportule, è sottoscritta, oltre che da Vincenzo Bondeni ed altri, da Calderoni nel modo seguente: « *Assertiones praeclarissimi Domini mei Balduccii in hac doctissima consultatione firmatae ita tutae redduntur ex multis iuribus et Doctorum auctoritatibus ... ideoque requisitus libentissime me subscripsi* » (una manifestazione, questa, del consorzio forense la quale era assai frequente in quei tempi: v. sopra § I n. 5).

Il consorzio con Palma, pur menzionato da Marradi nel 1709, risale al periodo in cui il Nostro era auditore nella Rota di Lucca (esso continua anche dopo: v. l'edizione delle *Decisiones* di Palma del 1718).

Non conosco Antonio Mangel e Castellini, menzionati da Marradi, né so se e in quale consorzio o vicinanze si trovassero con il Nostro (ma Castellini sembra dell'Emilia). Quanto a Ricciardelli di Rimini v. sopra § III n. 5.

Un consorzio particolare ebbe poi a stringersi fra il Nostro e i membri della Rota Fiorentina (che abitavano nello stesso palazzo della Rota), nel lungo periodo (dal 1715-1716 al 1735) in cui egli ne fu membro.

Un consorzio assai stretto ci si presenta fra Calderoni e Ottavio Vasoli Piccinini, su cui v. sopra § I nota 4 e infra § V n. 2-a.

Ma il consorzio più intimo fu quello del Nostro con Lorenzo Maria Casaregi (1670-1737). Già i due si conobbero e frequentarono a Genova, mentre il Nostro era in quella Rota. Egli cita dei consulti dati dal padre di Lorenzo Maria, Domenico Casaregi (nei miei *ex libris* si trova l'esemplare delle *Resolutiones* di Carena, usato dai Casaregi, padre e figlio, che reca la firma dei due).

Calderoni e Casaregi passarono insieme un lungo periodo nella Rota Fiorentina; e a questo proposito Casaregi, in nota alla Decisione della Rota Genovese riportata nel *Discursus* 96, estensore Calderoni (v. sopra § III n. 2) dice di lui « *modo in Rota Florentina Collega meo meritissimo* ». Quel *Discursus* fu scritto dal Casaregi nell'edizione del 1719 o del 1723 dei *Discursus Legales de Commercio* quando Calderoni aveva già lasciato la Rota Genovese per andare alla Fiorentina, ove Casaregi già si trovava dal 1712. E Casaregi conosce questa decisione del Nostro, *non pubblicata*, per la solita via di comunicazione *consortile*, di cui ho già parlato sopra § I n. 5.

Questo consorzio intimo, o amicizia, fra i due è ancora illustrato in tutti i *Discursus Legales de Commercio*, che ho percorso, ove si trovano citazioni del Nostro, delle sue *Resolutiones forenses*, delle sue *Decisiones*, per non parlare della *Liburnensis Pecuniaria* del 20 settembre 1727, la quale è preceduta da un *discursus ad hoc* di Casaregi, il *Disc.* 179, che addirittura fa tutt'uno con la decisione di Calderoni. Ed è in questo tutt'uno che la Decisione del Nostro varca l'oceano e diventa precedente giudiziale nella Corte Suprema della Louisiana (v. infra § V, nn. 4 e 5).

§ V - *Autorità e fama del Nostro*

Assumo qui la parola « *Autorità* » nel senso delle « *Auctoritates* » di cui sopra § I n. 3. Tuttavia, presso i vari giureconsulti che ne parlano, il tema della « *autorità* » viene spesso me-

scolato con quello della fama. Del resto, la citazione di singole *Resolutiones* o *Decisiones* del Nostro veniva spesso accompagnata da elogi che ne costituiscono la fama.

Così Marradi nella sua presentazione delle *Resolutiones Forenses* al benevolo lettore, ci indica accuratamente gli autori che lo hanno citato come autorità e lo hanno lodato per le sue *Resolutiones* o che hanno riprodotto alcune sue *Decisiones*. Fra gli autori citati da Marradi merita una particolare attenzione Balducci nelle sue *Observationes ad Ramon* e nelle sue *Decisiones*. Oltre che sulle cose che ho detto sopra § III n. 4 e 5, convien attirare l'attenzione sul vol. III delle dette *Observationes*, e precisamente sulle seguenti *Observationes*: *Observ.* 73 n. 15; *Observ.* 80 n. 38 e n. 95; *Observ.* 84 n. 28; *Observ.* 96 n. 45, n. 68, n. 72 e n. 91; *Observ.* 100 n. 1 e n. 187.

Ivi il Nostro viene da Balducci chiamato: « *Foroliv. Gubernator Illustrissimus* » (della cui decisione egli, Balducci, è *memor*); « *integerrimus iudex et Gubernator civitatis Foroliv.* »; e nell'*Observ.* 100 n. 187 « *Recentius autem videatur... votum non minus docte et magistraliter cum declaratione casuum et Doctorum quam elaborate exaratum per jurisperitissimum Dom. meum A.G. Calderonium in Ariminensis primogeniturae inter DD. Diotallevios* » (che verrà poi riportato dallo stesso Calderoni nelle sue *Resolutiones Forenses*, Resol. 34).

A questo punto conviene osservare che il Marradi arriva al 1708-1709, data di pubblicazione delle *Resolutiones Forenses*. Pertanto vanno ricercati autori e luoghi e *Decisiones* che, dopo quella data, hanno citato come autorità il Nostro e/o lo hanno elogiato.

1. Palma, *Decisiones Lucanae*, etc., ediz. 1718 (Marradi ha in mano l'edizione del 1696-1705), dal vol V:

- *Decisio* 435, *Marradiensis donationis* del 15 settembre 1715: è un « voto » o parere collegiale della Rota Fiorentina, estensore Vasoli-Piccinini; ma se ne dirà meglio *infra* sub 2.
- *Decisio* 452, *Florentina Fideicommissi* del 5 febbraio 1716, estensore Calderoni (riportata poi anche nella Raccolta Rota Fiorentina 1700-1808).

Per altre decisioni della Rota Fiorentina, riportate in Palma, ove si cita Calderoni, *Resolutiones*, v. *infra* sub 2.

2. Decisioni della Rota Fiorentina

Sono molte le decisioni della Rota Fiorentina degli anni 1715 segg. ove si cita il Nostro per le sue *Resolutiones Forenses*, o altro.

Qui sono interessanti alcune e così:

- a) la *Marradiensis donationis* del 15 settembre 1715, estensore Vasoli Piccinini (già citata sopra n. 1), la quale così conclude: « *Atque ex his (argumentis) votum nostrum in omnibus redditum fuit conforme doctissimo responso iamdiu in hac causa pro veritate edito per Dom. Auditorem Calderonum, in quo obviam item fuit quibuscumque obiectis, quae umquam excogitari possent, atque reperitur impressum inter elegantes eius Resolutiones in ordine la 28* » (in *hac causa!* durava da molto tempo!). Vasoli Piccinini è amico del Nostro: v. in Palma cit. V dec. 411, *Januensis primogeniturae*, del 1/2/1708 est. Vasoli Piccinini, che cita Calderoni con il quale, pare, è già collega nella Rota Genovese.
- b) *Pisciensis fideicommissi* del 15 settembre 1715 (in Palma, *Decisiones* cit., V, dec. 426), estensore Urbani che, citando le *Resolutiones* del Nostro, lo chiama *Dominus Meus*. Da questa decisione e da quella succitata di Vasoli Piccinini si potrebbe dedurre che il Nostro era nella Rota Fiorentina già nel 1715.
- c) *Clusentina Fideicommissi* del 10 luglio 1716 est. Urbani (in Palma, cit., V, p. 198).
- d) Sono interessanti poi alcune decisioni del Nostro, nelle quali egli usa citare sè stesso con la frase « *ego ipse dixi in Resolutione etc.* ». Così al n. 51 della *Calcesana retractus* del 26 gennaio 1718 (in *Raccolta 1700-1808* cit.). E così soprattutto nella *Liburnensis pecuniaria* del 20 settembre 1727 di cui infra n. 5.

Nello stesso stile delle autocitazioni (del resto, assai diffuso nelle *Decisiones* come *Reports* ufficiali, ove l'estensore parla in persona prima: v. sopra § I n. 4) sta la *Florentina immisionis seu fideicommissi* del 21 febbraio 1727 (nella citata *Raccolta 1700-1808*), ove al n. 60 il Nostro così cita una decisione della Rota Genovese « *Rota januensis in causa Doria in qua iudicavi die 7 mensis maii 1711, apud Palma Nep. dec. 489*

tomo V ». A quanto mi risulta il Nostro era nel collegio giudicante, però non come relatore-estensore.

3. *G.B. Vespignanis, vota decisiva seu Rationes decidendi, Bologna, 1741*

Di questo giureconsulto abbiamo già avuto occasione di parlare sopra § I n. 4 e nota 4.

In quella sua opera le citazioni di Calderoni vi sono frequentissime, secondo l'*excursus* che ne ho fatto. Così, a mo' di esempio, si vedano i *Vota* 15, 26, 27, 29, 33, 42, 45, 129.

4. *Casaregi*

Ma la più grande autorità e la più gran fama il Nostro le deve a Casaregi (sul cui consorzio v. sopra § IV) attraverso i *Discursus Legales de Commercio* nelle varie edizioni posteriori a quella del 1707, e cioè quelle dal 1719 al 1737: v. Ascheri, *op. cit.*, pag. 1190 (fra i miei *ex libris* si trova l'edizione *Opera omnia* Venezia, 1740 *post mortem* di Casaregi).

Casaregi riproduce alcune decisioni di Calderoni e lo cita molto spesso. E questo era il più grande onore che il Nostro potesse ricevere, data appunto la fama, l'autorità e la sapienza di Casaregi.

Quanto alle Decisioni riprodotte, si vedano le già citate *Januensis census vitalitii* (*Discursus* 94), *Liburnensis Assecurationis* (*Discursus* 142) e la *Liburnensis Pecuniaria* del 20 settembre 1727 sulla quale dovremo ritornare.

Quanto alle citazioni delle *Resolutiones* o altre cose del Nostro, si vedano i seguenti *Discursus*:

Disc. 18 (discursus teorico sul cambio marittimo), *Additio* ai n. 9 e 10 « *Adde Ill.mo Dominum Auditorem Rotae Flor. meritissimum et collegam meum: Calder, Resolutio 20 n. 20-21* ».

Disc. 43 (su cambio e ipoteca). *Additio* ai nn. 44-45: « *doctissimus Auditor et collega meus Calderon. Resolut. 20* ».

Disc. 154: *Florentina retractus*; è una decisione stesa da Casaregi, che ai nn. 1 e 2 cita (insieme a Balducci, Zauli *ad stat, Fav.*), Calderoni estensore della *Calcesana retractus* 26 gennaio 1718 (v. sopra n. 2 sub d).

Disc. 164 su revoca del mandato per cambiale, al n. 9 « *Rota*

nostra Florentina in Florentina Salviani coram D. Collega meo Auditore Calderono ».

Disc. 170, *Lib. pecuniaria* 19.8.1718, estensore Casaregi, n. 23 « *Rota nostra Flor. in Liburnensis restitutionis in integrum coram Auditore Calderono* ».

Disc. 225. Qui Casaregi riproduce un parere *pro veritate* reso nel 1734 (o 1735) dall'avvocato fiorentino Pietro Antonio Brandi in una causa poi decisa dalla Rota Fiorentina con la decisione *Florentina seu Brixiensis Naufragi* del 28 settembre 1735 (riportata da Casaregi nel Disc. 226). L'avvocato Brandi cita le *Resolutiones Forenses* 70 e 98 del Nostro e alcune sue *Decisiones*. In queste citazioni il Brandi usa le espressioni « *Auditor Calderon.* » e « *Illustrissimus Auditor Calderon.* », sottinteso « *auditore della Rota Fiorentina* ». Tali espressioni, usate dal Brandi nel suo parere anche per altri auditori della Rota Fiorentina, fra cui Casaregi, si riferiscono usualmente a persone che sono viventi e operanti nella Rota; e confermano così le risultanze degli Archivi, secondo le quali il Nostro lasciò la Rota fiorentina nel corso del 1735 per tarda età: v. sopra § II.

5. *La Liburnensis pecuniaria* 20 settembre 1727

E veniamo a questa decisione del Nostro, che in compagnia di Casaregi (*Discursus* 179) ha varcato l'oceano per diventare precedente giudiziale presso la Corte Suprema della Louisiana.

L'avventura (ché di un'avventura si tratta) è questa.

Nella *Liburnensis pecuniaria* si agita una questione di conflitto di leggi (o, come si direbbe oggi, di diritto internazionale privato: v. art. 25 disp. prelim. del nostro codice civile): se ad un mercante di Nîmes, che ha venduto merce *a credito* ad un commerciante di Livorno, spetti la riserva di proprietà sulla merce o comunque un privilegio sul prezzo di essa nel fallimento del compratore livornese. Gli spetta secondo il diritto (consuetudinario) francese; mentre non gli spetta secondo il diritto (consuetudinario o comune) toscano.

Calderoni nella *Liburnensis pecuniaria* ritiene applicabile il diritto francese, in quanto il contratto si è formato a Nîmes, secondo un principio di diritto comune per cui il contratto si perfeziona nel luogo dove viene fatta l'accettazione della proposta contrattuale: nel caso, a Nîmes, dove quel mercante ac-

cettò l'ordine della merce (su quel principio di diritto comune v. Paola Carlini, *La formazione del contratto fra persone lontane* etc., in *Riv. trim. dir. e proc. civ.*, 1984, 114 e ivi nelle note 20 e 21 citata la decisione di Calderoni).

La decisione affronta anche la questione se i privilegi dei crediti riguardino il diritto che regge il contratto (nel caso, il diritto francese) o quello che regge il fallimento (nel caso, il diritto toscano vigente a Livorno); e la risolve nel primo senso.

(Nella *Raccolta Rota Fior. 1700-1808 cit.* si trova un voto di scissura di Vasoli-Piccinini rispetto alla decisione di Calderoni e dell'altro collega).

Conviene notare che il *Discursus* 179 di Casaregi si presenta in un modo piuttosto curioso. Il sommario è unico, cioè comprende sia il discorso di Casaregi che la decisione di Calderoni, in una numerazione progressiva dei paragrafi. In sostanza, è un pezzo unico costituito da due parti. Incomincia a parlare Casaregi con una specie di introduzione o di nota a sentenza *ante literam* rispetto alla decisione di Calderoni, cioè al *casus*, nella quale introduzione o nota, sul punto fondamentale del privilegio, nel § 29 Casaregi rinvia ai §§ 35 e seguenti della detta decisione « *coram doctissimo collega D. Auditore Calderono ut in illius elaborata decisione* ». E il punto fondamentale è quello che Calderoni aveva trattato nella sua *Resolutio* 20 « *Faventina pecuniaria* », una sua allegazione del 1680 circa. A questo proposito nella sua decisione con la frase « *et ego ipse dixi* » il Nostro cita ben quattro volte quella sua *Resolutio*. Nello stesso tempo egli cita anche il *Discursus* 179 di Casaregi, però su altre questioni concernenti il momento e il luogo di formazione del contratto.

La sostanza del caso si trova dunque nella decisione di Calderoni, sia su quel punto fondamentale, sia sul diritto consuetudinario francese o « *consuetudines Galliae* » da applicare, sia sulla questione se il privilegio appartenga al diritto che regge il contratto o a quello che regge il fallimento.

La *Liburnensis Pecuniaria* del 1727 è una delle più elaborate del Nostro e mostra la grande esperienza acquistata nella sua lunga carriera anche nel campo del diritto commerciale.

Un caso analogo si presenta circa un secolo dopo a Nuova Orleans. Ma questa volta il venditore di merci a credito è un mercante d'Inghilterra nel cui diritto (consuetudinario) non c'è la riserva di proprietà o la prelazione sul prezzo nel fallimento dei compratori: e questi sono dei mercanti di Nuova Orleans,

nel cui diritto consuetudinario, di impronta franco-spagnola, c'è quella riserva o prelazione.

È il caso di Whiston e C. (i venditori inglesi della merce) cr. Stodder e C. Syndics (cioè i sindaci o curatori del fallimento dei compratori Stodder e C.), discusso a Nuova Orleans e deciso nel 1820 in appello dalla Suprema Corte della Louisiana (si allegano in fotostatica i frontespizi dei *Martin's Reports* e la decisione del giudice Matthews, omesse le difese degli avvocati delle due parti).

L'avvocato dei sindaci del fallimento Stodder è Samuel Livermore, il quale possiede una vasta collezione di giurisprudenza forense e di trattati di *civil law* o diritto europeo-continentale dei secoli XIV-XIX, in cui si trovano i *Discursus Legales de Commercio* di Casaregi.

Livermore, nella sua difesa riprodotta nel *Report* del caso, invoca come autorità il *Discursus* 179 di Casaregi e con esso la decisione *Liburnensis Pecuniaria* del 1727 stesa dal Nostro. Livermore, nella sua difesa, riproduce in latino o in parafrasi alcuni passi pertinenti di quella decisione (v. §§ 53, 55, 56 di essa). La Suprema Corte della Louisiana, e per essa il giudice Matthews, fonda la propria decisione sull'autorità di Casaregi, ma *soprattutto* su quella della *Liburnensis Pecuniaria* del Nostro, di cui cita i detti §§ 53 e 55: « *soprattutto* », si deve dire, perché questa rappresenta il *precedente giudiziale*, cui si dà, anche in Louisiana, importanza preminente.

La biblioteca di Livermore, conviene notarlo, è stata da lui legata all'Università di Harvard, ed ivi Story, famoso giudice e professore, l'ha adoperata per il suo celebre trattato sui *Conflict of Laws* (edizioni 1838 e segg.), ove egli ha trovato il *Disc.* 179 di Casaregi e con esso la *Liburnensis Pecuniaria* del Nostro (v. Paola Carlini, *op. cit.*, pag. 119 e nota 18).

6. La fama o gli elogi

Presso tutti i giureconsulti che citano il Nostro l'elogio ricorrente è quello di *doctissimus, doctrina conspicuus* e simili, oltre che *insignis, celeberrimus* (Balducci, cit. sopra) etc.

Palma, *Decisiones Lucanae* etc., Libro I, dec. 170, a proposito della decisione *Ferrariensis transactionis* 18-5-1696, stesa dal Nostro, la dice « *extensa a facundissimo calamo Domini mei Auditoris Calderoni* ».

La fama, l'elogio del Nostro è quindi per la sua « *doctri-*

na », intesa nel senso di allora, che vi comprendeva anche la sua grande esperienza di giureconsulto.

7. Durata della fama (e dell'autorità)

È questo un problema che convien porsi (a parte la fama oltre oceano di cui sopra n. 5): voglio dire, la fama nel mondo del « diritto comune » inteso in quel senso lato di cui al mio saggio *Per la Storia del potere dei giudici* § 5.

Che l'autorità del Nostro abbia durato per tutto il secolo XVIII è cosa implicita nel fatto che il *Thesaurus Ombrosi* (1767-1787), che è una selezione di *Decisiones*, riproduce parecchie sue decisioni.

All'uopo, tuttavia, non ho fatto una ricerca sul *Thesaurus Ombrosi* e sulla *Raccolta 1700-1808* per vedere se decisioni della Rota Fiorentina posteriori al 1732 abbiano citato opere o decisioni del Nostro.

Interessanti potrebbero essere anche delle ricerche nelle Raccolte di decisioni della Rota Romana posteriori al 1709 (data di pubblicazione delle *Resolutiones Forenses*).

Quanto al secolo XIX, per il quale pure sarebbe interessante fare delle ricerche, vi sono raccolte di giurisprudenza toscana fino al 1859-1860, ove resta in buona parte in vigore il diritto comune e ove potrebbe essere che opere o decisioni del Nostro siano citate. Ma già si può dire che la sorte dell'autorità e fama del Nostro è strettamente legata (nel « quadro comune »: v. sopra § I) alla sorte del « diritto comune » e della sua giurisprudenza forense, in quel « consorzio » di cui si è fatta menzione sopra § 1, n. 7, e specialmente alla sorte di quella della regione ove « batteva il cuore del diritto comune »: v. *Per la Storia del potere dei giudici* § 10 e P. S. Mancini ivi citato da *Il Museo Guarnacci* (1).

(1) Pasquale Stanislao Mancini, nella sua Prefazione al vol. I, 1866-67 degli « *Annali di Giurisprudenza italiana* » (ex « *Annali di Giurisprudenza toscana* »), dopo aver parlato della unificazione legislativa mediante i codici (di cui parlerà ancora in seguito), così scrive: « Ogni paese della penisola ha fatto olocausto sull'altare della patria comune delle sue peculiari istituzioni ed usanze, talvolta di tradizioni care e gloriose, ... Qualche sacrificio costò sospiri e lamenti: non solo gli amici del passato, ma uomini, di giudizio superiore ad ogni passione di parte, fanno talvolta confronti tra il vecchio ed il nuovo, men favorevoli a qualche istituzione di recente creata che a quella preesistente di cui prese il posto ».

Queste parole, scritte a Firenze, devono essere state particolarmente sentite nella Toscana che menava vanto della Rota fiorentina (come questa già a suo tempo *de se gloriabatur!*).

REPORTS OF CASES
ARGUED AND DETERMINED IN THE
SUPREME COURT OF LOUISIANA
AND IN THE
SUPERIOR COURT OF THE TERRITORY
OF LOUISIANA

ANNOTATED EDITION
UNABRIDGED, WITH NOTES AND REFERENCES BY THE EDITORIAL
CORPS OF THE NATIONAL REPORTER SYSTEM

BOOK 2
CONTAINING A VERBATIM REPRINT OF
VOLS. 5, 6, 7 & 8 MARTIN (O. S.)

ST. PAUL
WEST PUBLISHING CO.
1913

8 Mart. (O. S.) 95.

WHISTON et al. v. STODDER et al.
SYNDICS.

(Eastern District. May Term, 1820.)

In a sale completed in a country, in which the vendor has no privilege on the thing sold, he acquires none on its being brought here.—C. C. 10; C. P. 13.

[Cited in *Depau v. Humphreys*, 8 Mart. (N. S.) 10, 20; *Buckner, Stanton & Co. v. Watt*, 19 La. 217, 36 Am. Dec. 371; *Show v. Oakley*, 3 Rob. 362; *Copley v. Sanford*, 2 La. Ann. 336, 46 Am. Dec. 548; *Lee v. His Creditors*, 2 La. Ann. 604; *Colt v. O'Callaghan*, Id. 985; *Dord v. Bonnafée & Co.*, 6 La. Ann. 564, 51 Am. Dec. 573; *Overend, Gurney & Co. v. Robinson & Olroyd*, 10 La. Ann. 728; *Thomas Y. Brent, Son & Co. v. Shouse*, 16 La. Ann. 158, 79 Am. Dec. 573; *Succession of Caballero v. Executor*, 24 La. Ann. 579; *Mellvaine & Spiegel v. Legare*, 34 La. Ann. 926; Id., 36 La. Ann. 363; *Gates v. Gaither*, 46 La. Ann. 232, 15 South. 50; *Lachman & Jacobi v. Henry Block & Bro.*, 47 La. Ann. 523, 17 South. 153, 28 L. R. A. 255.]
[See 11 Cent. Dig. Contracts, § 2; 43 Cent. Dig. Sales, § 858.]

[See 11 Cent. Dig. Contracts, § 2, as to the point that a contract between persons separated from each other is consummated in and governed by the laws of the place where the final assent is given.]

Appeal from the court of the parish and city of New-Orleans.

MATHEWS, J. delivered the opinion of the court. This is a case in which the appellees, who were plaintiffs in the court below, claim a privilege as vendors on certain goods described in their petition.

It appears by the evidence contained in the record, that the insolvents were in the habit of ordering goods and merchandise to be sent to them in New-Orleans, by their correspondents, the appellees, merchants of the city of London, in the kingdom of Great Britain, who executed such orders, and received payment by remittances in the usual course of trade between said places; and that at the time of the failure of the appellees, certain parcels of the goods transmitted to them as above stated, were found unaltered in their possession, and passed into the hands of the syndics, on which the plaintiffs claim a privilege.

On this statement of the case, two ques-

tions may be made. 1st. Under the laws of which country was the contract made? 2d. Is the privilege of vendors of the nature of the contract of sale, or does it belong to the remedy for enforcing such contracts?

In cases of contracts made between persons who are absent from each other, by means of letters or authorized agents, we are of opinion that the doctrine as established by Casaregis, in his 179th discourse on commerce, is correct, viz., that they are made in the country, and subjected to its laws, where the final assent may have been given, which is that of a merchant who receives and executes the order of his correspondent. In this view of the subject, the present sale must be considered as one made in England, and to be governed by the laws of that country, so far as relates to its effects: *and it is agreed that those laws provide no privilege for vendors in cases like the present.

Our laws do grant the privilege contended for by the plaintiffs; and if it be one appertaining rather to the remedy than the contract itself, they ought to be maintained in their claim. We have not been able to find a decision directly in point, made by any other tribunal of justice, and the question is new to our own courts.

In the case cited in favor of the appellants, from the author above mentioned—same discourse, n. 53, 55—it was determined that a privilege secured to sellers by the laws of a country where the contract was made, followed the property into one where by law no such privilege existed. This decision goes far to show that the privilege was considered as belonging to the contract itself, and not to the remedy for enforcing its execution. When men enter into agreements, they generally do so with reference to the laws of the place where they contract, and ought not to calculate on having their rights and claims enlarged or diminished by the laws of any other.

We are of opinion that the judgment of the court below is erroneous. It is therefore ordered, that the property claimed and sequestered by the appellees, be restored to the syndics of the insolvents, as belonging to their estate, and that the appellees pay costs in both courts.

CARLO DE TARANTO

Ispettore Generale del Ministero per i Beni Culturali
e Ambientali

LA DIDATTICA DEI BENI CULTURALI

Problematiche emerse dal Convegno di Taranto
28-29 novembre 1986

Si è tenuto (28-29 novembre 1986) a Taranto, nella prestigiosa sede di Palazzo Galeota, un Convegno di studio su « La didattica dei beni culturali », promosso dall'Amministrazione comunale e dal Centro di Cultura di Taranto dell'Università Cattolica del Sacro Cuore.

La Democrazia culturale come fine attraverso il mezzo dell'attività didattica dei beni culturali è stato il tema dominante dell'Introduzione al Convegno, svolto dall'on. Domenico Amalfitano, Sottosegretario alla Pubblica Istruzione.

In tale Introduzione, il Sottosegretario Amalfitano ha sottolineato che l'esigenza dell'attività didattica dei beni culturali costituisce, nella coscienza del Paese, un cammino lungo ma tenace sul piano dell'organizzazione politica della Cultura.

A tal fine, ha ricordato il Sottosegretario Amalfitano, Taranto è stata una tappa, in quanto, nel 1981, fu proprio dal Convegno di Taranto delle Sezioni Scuola - Museo - Ambiente presso i Provveditorati agli Studi che scaturì un lavoro preparatorio, che portò alla proposta di legge n. 3247 del 10 marzo 1982, da lui stesso e da altri presentata, nell'ottava legislatura, alla Camera dei Deputati, concernente la « disciplina dell'attività di promozione culturale e didattica riguardante i beni culturali e ambientali svolta dagli organi del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali e del Ministero della Pubblica Istruzione ».

Tale proposta di legge è una iniziativa che si collega all'esigenza di revisione della vigente legge di tutela 1 giugno 1939, n. 1089 che, essendo ispirata ad una concezione idealistica, estetizzante, aristocratica, e quindi selettiva ed elitaria dei beni culturali, non ne prevede, di conseguenza, l'attività didattica.

Occorre, invece, farsi carico di un cambiamento della con-

cezione del bene culturale fino ad allargarla alla promozione culturale e alla didattica, in una visione produttiva, in termini di cultura globale, che nasce da un rapporto dinamico tra la Comunità e i beni culturali.

Nei confronti, poi, dei beni culturali vi possono essere due posizioni estreme, ugualmente da respingere, la prima delle quali è costituita dal feticismo e la seconda dalla « rozzezza della barbarie ».

Per evitare questi pericoli non c'è che assecondare l'esigenza di una educazione permanente e di una democrazia culturale, che è cosa ben diversa dalla mera democratizzazione della Cultura.

Una vera partecipazione culturale, in termini di salvaguardia della soggettività e dell'identità, e un interesse crescente verso la storia locale, verso la riscoperta delle proprie radici, per reazione all'omologazione culturale, costituiscono la domanda dei giovani, che vogliono essere protagonisti attenti del presente e del futuro.

Oggi, i Musei, i Monumenti, le Aree Archeologiche, le Biblioteche, gli Archivi sono la verifica dell'assetto urbano e urbanistico della città.

Questo ci deve sollecitare verso l'educazione permanente e lo sviluppo culturale come premessa alla partecipazione politica e allo sviluppo economico, a patto, però, che « magnificare la municipalità della cultura » non significhi localismo o provincialismo, in quanto la Democrazia culturale appartiene al mondo.

In una Società iconica, poi, che tende all'interdisciplinarietà, i due momenti, Beni Culturali e Scuola, pur rimanendo distinti, debbono avere una loro integrazione, e cooperare nella lotta contro una sorta di analfabetismo culturale, contro una moda che non diventa cultura, che non diventa educazione permanente.

Il Sottosegretario Amalfitano ha terminato, infine, la sua Introduzione osservando che una vera partecipazione culturale in termini di salvaguardia dei beni culturali deve partire non soltanto dalla loro conoscenza, ma anche dalla coscienza dei cittadini, in termini di recupero del vissuto.

L'attività didattica dei beni culturali intesa come mezzo al fine dell'educazione permanente è stato il tema dominante della relazione intitolata « Per una pedagogia dei beni culturali » svolta dal prof. Cosimo Laneve, dell'Università di Bari.

In tale relazione il prof. Laneve ha osservato che, parlando

di didattica dei beni culturali, e facendo riferimento alla ragione fondativa di tale didattica, si possono individuare quattro punti tematici:

- 1) il concetto di bene culturale;
- 2) l'uomo del consumo e il bene frainteso;
- 3) il rapporto bene culturale-persona;
- 4) oltre la conoscenza, verso la coscienza comunitaria.

Svolgendo il primo punto tematico, il prof. Laneve ha ricordato l'evoluzione del concetto di bene culturale che, a partire dagli anni '60, dapprima ha sostituito quello di cose di interesse artistico o storico, previsto dalla vigente legge di tutela 1 giugno 1939, n. 1089, per arrivare, poi, a quello (che include tutte le « manifestazioni significative della civiltà umana » e tutti i « documenti dell'ambiente storico e naturale ») previsto dall'art. 2 del disegno di legge n. 1974-974-bis A, concernente « nuove norme per la tutela e la valorizzazione dei beni culturali e ambientali », presentato alla Camera dei Deputati il 30 luglio 1984.

Esaminando, poi, il secondo punto tematico, il prof. Laneve ha osservato che i beni culturali, in passato goduti solo dalle elites, si schiudono, oggi, ad un godimento pubblico, che, però, può essere una fruizione di puro consumo e andare incontro, pertanto, a due pericoli di clamoroso fraintendimento:

A) attraverso risposte precostituite, alla coinè dei luoghi comuni e della banalizzazione;

B) attraverso un processo di manipolazione, mercificazione, uso improprio, violenta avulsione dal loro originario contesto comunitario, appropriazione privata di beni un tempo pubblici, etc., allo scadimento a cose di dubbio gusto e a mezzi di vanità umana.

Passando ad esaminare il terzo punto tematico, il prof. Laneve ha osservato che le Sezioni didattiche nei Musei, nei Monumenti, nelle Aree Archeologiche dovranno guidare alla decodificazione dei rispettivi beni culturali una utenza non limitata agli studenti, ma estesa a tutti senza distinzione di età e ceto sociale, in un'ottica di educazione permanente.

Parimenti, le Sezioni didattiche nelle Biblioteche dovranno

no, in un'ottica di educazione alla lettura, avvicinare il patrimonio librario a quelle categorie che non hanno consuetudine con il libro o non sono mai entrate in biblioteca, mentre problemi analoghi, pur con le peculiari differenze, dovranno affrontare le Sezioni didattiche negli Archivi.

Esaminando, inoltre, il quarto punto tematico e concludendo la sua Relazione, il prof. Laneve ha osservato che lo scopo della fruizione dei beni culturali non è soltanto la conoscenza ma anche la coscienza, che aiuta i fruitori a pervenire al sapere problematico, alla riscoperta delle proprie radici spirituali, alla riappropriazione della propria comunità, alla salvaguardia della cultura locale; altrimenti ci avvieremmo alla Disneyland dei beni culturali.

L'attività didattica dei beni culturali svolta nella Scuola e il curricolo scolastico è stato l'argomento della Relazione, intitolata « Curricolo scolastico, beni culturali e conoscenza del territorio », svolta dal prof. Mario Calidoni, Preside della Scuola Media di Fontanellato (Parma).

Il prof. Calidoni ha esordito osservando che è necessario individuare alcuni particolari contenuti del curricolo scolastico, costituiti:

- 1) dal territorio;
- 2) dai beni culturali;
- 3) dalla didattica.

Sviluppando il primo punto, il prof. Calidoni ha osservato che, ora, la Scuola sta comprendendo, anche se alcuni docenti non lo hanno ancora capito, che lavorare sul territorio non è fare cosa diversa dal curricolo scolastico.

Il territorio, infatti, è un paesaggio culturale e il lavoro sul territorio significa leggere tutti i segni di tale paesaggio (e cioè i beni culturali) attraverso una selezione di tali segni del passato (fatta dagli uomini di oggi) organizzati ai fini dell'apprendimento (per rispondere ai bisogni del presente): in ciò consiste la didattica dei beni culturali.

Per tale didattica occorre una collaborazione, a pari dignità, tra la Scuola e gli organi della tutela dei beni culturali nella costruzione dei curricoli scolastici.

In tale costruzione si riconoscono alcune linee di tendenza, e cioè basso livello di prescrittività e maggiore programmazione della singola Scuola, con preferenza accordata ai curricoli di tipo

integrato (con assorbimento delle nuove discipline nei programmi) rispetto a quelli di tipo cumulativo (con l'aggiunta delle nuove discipline ai programmi), in modo da costituire veri e propri temi trasversali all'attività curricolare scolastica.

Per quanto riguarda gli insegnanti, bisogna che la loro formazione preveda la didattica dei beni culturali e, per quanto riguarda gli operatori dei beni culturali, si sente sempre più l'esigenza di una figura intermedia tra insegnanti e addetti alla tutela.

Concludendo, infine, la sua Relazione, il prof. Calidoni ha osservato che gli insegnanti medesimi dovranno avere anche capacità di progettazione, costruendo itinerari di lavoro a metà tra il didattico e lo scientifico.

L'attività didattica dei beni culturali svolta nella Scuola (e l'evoluzione del concetto relativo) è stata l'argomento della Relazione, intitolata « Beni Culturali e Scuola: da Cortona a Spoleto », svolta dalla prof.ssa Anna Paola Petrone Albanese, Vice Presidente della Sezione tarantina dell'Associazione Nazionale Amici dei Musei.

La prof.ssa Petrone ha esordito osservando che la Scuola è un'agenzia di formazione, più importante di tutte le altre, per preparare gli studenti ad una Società complessa e competitiva.

Per quanto riguarda, in particolare, la didattica dei beni culturali, vi è un rapporto che lega i due Ministeri (della Pubblica Istruzione e per i Beni Culturali e Ambientali) un tempo uniti ed ora separati, ma collaboranti.

Il concetto di didattica dei beni culturali ha conosciuto una sua evoluzione, che parte dal 1945, quando Palma Bucarelli iniziava tale attività nella Galleria Nazionale d'Arte Moderna di Roma, e che prosegue con la Circolare del Ministero della Pubblica Istruzione del 1970, che invitava i Provveditori agli Studi e i Soprintendenti alle Antichità e Belle Arti a promuovere la didattica dei beni culturali.

Il Convegno di Cortona (1978) viene dopo un decennio circa di sperimentazioni didattiche innovative, che si inquadrano nel clima degli ultimi anni Settanta (riappropriazione del territorio e dei beni non materiali, sviluppo della psicologia, dell'interdisciplinarietà, dell'aggiornamento, della specializzazione, etc.).

Al Convegno di Cortona c'erano già delle proposte: tre insegnanti (uno per ogni fascia scolastica) addetti alla didattica dei beni culturali e comandati, per tre anni, con rientro in classe alla fine del triennio, per il necessario contatto con la realtà evolu-

tiva della Scuola.

Nascono così, senza una circolare, le Sezioni Scuola - Museo - Ambiente presso i Provveditorati agli Studi, con il provvedimento del comando e con collocamento all'interno dell'I.R.R.S.A.E. (Istituto Regionale Ricerca Sperimentazione Attività Educative).

Il successivo Convegno di Pisa (1980) fu una delusione, perché furono evidenti i problemi sospesi (comandi e finanziamenti).

Nel 1982 i due Ministeri istituirono due Seminari (di dieci giorni ciascuno) residenziali, uno per ciascuno dei due Dicasteri (Sorrento per la Pubblica Istruzione e Biblioteca Nazionale Centrale « Vittorio Emanuele II » di Roma per i Beni Culturali e Ambientali).

Infine, nell'aprile del 1983, fu organizzato a Spoleto il Convegno « Scuola e Beni Culturali », in cui furono fissati i seguenti punti:

- 1) collegamento tra Scuola, Pubblica Amministrazione e Istituti Culturali, in forma di consulenza di esperti e specialisti;
- 2) incidenza didattica;
- 3) studio dei beni culturali nel vivo della programmazione curricolare scolastica;
- 4) ricerca specialistica nel campo didattico metodologico, in collaborazione con gli Istituti Universitari di Psicologia e Pedagogia;
- 5) raccolta e catalogazione delle esperienze, ai fini di una documentazione, e relativa diffusione;
- 6) aggiornamento degli insegnanti e sperimentazione didattica, con il contributo di esperti e specialisti;
- 7) Servizio didattico permanente in risposta alle richieste sempre più numerose e pressanti delle varie Scuole.

Concludendo la sua Relazione, la prof.ssa Petrone ha lamentato che, per quanto riguarda i beni culturali, non c'è ancora un'innovazione didattica interdisciplinare verificabile dopo un periodo di sperimentazione ed ha espresso la speranza che da Taranto venga una nuova proposta.

L'attività didattica dei beni culturali e la competenza degli organi periferici del Ministero della Pubblica Istruzione sono stati l'argomento di vari interventi.

Il primo di tali interventi è stato la presentazione del dott. Alfengo Carducci, Vice Provveditore agli Studi di Taranto, che, per quanto riguarda la didattica dei beni culturali, ha sottolineato l'esigenza della collaborazione tra la Scuola e il settore costituito da una Cultura non effimera (volta a riattivare nella gente comune l'interesse per la storia e la cultura locale) ed ha auspicato una maggiore diffusione delle Sezioni Scuola-Museo-Ambiente presso i Provveditorati agli Studi.

Un secondo intervento è stato quello della prof.ssa Elena Germano Finocchiaro, della Sezione Scuola-Museo-Ambiente del Provveditorato agli Studi di Bari che, come proposta per il futuro, ha auspicato che gli insegnanti addetti all'attività didattica dei beni culturali (attualmente comandati presso le Sezioni Scuola-Museo-Ambiente dei Provveditorati agli Studi) siano, invece, comandati (per un contatto più diretto con i beni culturali e con i funzionari addetti alla loro tutela) presso le Sezioni didattiche nei Musei, Monumenti, Aree Archeologiche, Biblioteche, Archivi.

Un terzo intervento è stato quello della prof.ssa Carmen Criscio Capozzi, della Sezione Scuola-Museo-Ambiente del Provveditorato agli Studi di Napoli, che ha proposto che le Sezioni Scuola-Museo-Ambiente dei Provveditorati agli Studi promuovano, per quanto riguarda la didattica dei beni culturali, corsi di aggiornamento per i docenti, un'attività di sensibilizzazione delle famiglie e della comunità cittadina (anche con mostre didattiche, discussioni, dibattiti, ecc.) e stretti rapporti di collaborazione con gli organi della tutela dei beni culturali, gli Istituti culturali che operano in questo campo e gli Enti locali (in modo da giungere, come punto d'arrivo, ad una diffusa coscienza dei problemi della conservazione e tutela dei beni culturali medesimi).

Un quarto intervento è stato quello della prof.ssa Adriana Avenanti, della Sezione Scuola-Museo-Ambiente del Provveditorato agli Studi di Pescara, che ha osservato come l'aggiornamento degli insegnanti addetti alla didattica dei beni culturali (che non deve limitarsi soltanto ad un loro arricchimento culturale) deve tradursi in un progetto operativo (rivolto agli altri insegnanti addetti all'attività curricolare) che debbono, a loro volta, essere aggiornati secondo la seguente scala di priorità:

- 1) sui contenuti (conoscenza tecnico-scientifica dei beni culturali);

- 2) sulla didattica (metodologia adeguata alle diverse categorie dei fruitori);
- 3) sulla programmazione (interdisciplinarietà degli interventi).

Un quinto intervento è stato quello della prof.ssa Maria Teresa Longo, della Sezione Scuola-Museo-Ambiente del Provveditorato agli Studi di Roma, che, per quanto riguarda le grandi città con un elevato numero di istituti scolastici, ha avanzato la proposta di costituire dei nuclei di attività didattica dei beni culturali presso i Distretti scolastici.

L'attività didattica dei beni culturali e la competenza delle Regioni, delle Provincie e dei Comuni sono stati l'argomento di vari interventi.

Il primo di tali interventi è stato quello del prof. Franco Boccuni, Assessore agli Affari Generali del Comune di Taranto, che, osservando come la nuova concezione dell'autonomia renda le Regioni, le Provincie e i Comuni fattori di promozione culturale (e quindi anche di attività didattica dei beni culturali) con una nuova dimensione e una nuova identità (fatta di Cultura integrata al territorio e di Scuola aperta) ha auspicato che si approfondisca sempre più il rapporto tra tali Enti territoriali e gli istituti culturali locali (in modo da pervenire al rafforzamento della Democrazia con un supporto culturale).

Un secondo intervento è stato quello dell'avv. Franco De Feis, Assessore alla Programmazione Culturale del Comune di Taranto, che ha osservato che, ai fini dell'educazione permanente, la cultura ha un rapporto con l'uomo, l'ambiente e il territorio ed ha aggiunto che il ruolo delle Regioni, Provincie, Comuni, nell'attività didattica dei beni culturali, è articolato nell'ambito dei ruoli delle altre istituzioni (Stato, Istituti Culturali, Associazioni di Volontariato, ecc.) in modo che, se l'impegno del Governo si coniugherà con l'impegno degli altri Enti, i beni culturali saranno il volano dello sviluppo del Paese.

Un terzo intervento è stato quello del prof. Mario Guadagnolo, Sindaco di Taranto, che ha sottolineato il ruolo che Regioni, Provincie, Comuni hanno nel compito di promuovere la Cultura e la fruizione culturale (e quindi l'attività didattica dei beni culturali).

L'attività didattica dei beni culturali e la competenza degli organi periferici del Ministero per i beni culturali e ambientali sono stati l'argomento di vari interventi.

Il primo di tali interventi è stato la presentazione del dott.

Giuseppe Andreassi, Soprintendente Archeologico per la Puglia che, rivendicando la funzione pedagogica del Museo, del Monumento, dell'Area Archeologica, della Biblioteca, dell'Archivio, ha, però, lamentato, nello svolgimento dell'attività didattica dei beni culturali, una mancanza di coordinamento tra autorità scolastiche e organi della tutela e l'incertezza sui ruoli svolti tanto dagli operatori scolastici che da quelli della tutela.

Un secondo intervento è stato quello del dott. Arcangelo Alessio, Direttore del Museo Archeologico di Taranto, che ha auspicato, per quanto riguarda, in particolare, i Musei Archeologici, che questi ultimi siano luoghi non artificiosi (per distacco o sottrazione del reperto archeologico dal suo ambiente) in cui (attraverso una presentazione dei reperti medesimi che tenda alla ricostruzione delle fasi storiche che hanno interessato il territorio di provenienza) si superi la concezione meramente conservativa o classificatoria, per giungere, invece, alla valorizzazione delle collezioni attraverso l'attività didattica.

Un terzo intervento è stato quello del dott. Ottavio Guida, Direttore dell'Archivio di Stato di Taranto, che ha osservato come l'attività didattica dei beni archivistici si basi su tre argomenti fondamentali:

- 1) il significato della storia (attraverso l'uso critico delle fonti);
- 2) il rapporto Storia-Ambiente-Territorio;
- 3) l'uso del documento nella ricerca storica.

Un quarto intervento è stato quello del dott. Cosimo Carretta, responsabile della Biblioteca Comunale « Acclavio » di Taranto, che, ricordando come la biblioteca abbia una pluralità di emittenti (i libri) e un unico recettore (il lettore), ha osservato che la didattica dei beni librari consiste in una operazione pedagogica (attraverso mostre, convegni, gruppi di lettura, ecc.), volta ad educare all'uso del libro e a « dominare lo strumento librario », in modo da aiutare l'azione pedagogica della Scuola ed offrire ai fruitori il modo di essere al passo con il proprio tempo.

Al posto di un quinto intervento, poi, si è tenuta una Tavola rotonda, presieduta dal dott. Antonio Paolucci, Soprintendente per i beni artistici e storici di Mantova, a cui hanno partecipato, oltre al dott. Girolamo Pugliese, Assessore alla Cultura della Regione Puglia, al dott. Giovanni Gigli, Provveditore agli Studi di Taranto, all'avv. Franco De Feis, Assessore alla

Programmazione culturale del Comune di Taranto, al dott. Angelo Giudetti, Vice Sindaco ed Assessore alla Pubblica Istruzione del Comune di Taranto, al dott. Rino Salerno, Assessore dell'Amministrazione Provinciale di Taranto, anche la dott.ssa Rosaria Pulinas Stazio, della Sezione didattica della Soprintendenza Archeologica di Napoli, che ha sottolineato, in particolare, l'esigenza di creare delle strutture didattiche, comunque denominate, attive negli organi periferici dei due Ministeri (della Pubblica Istruzione e per i Beni Culturali e Ambientali) che abbiano, come referenti centrali, uffici dei due Dicasteri (a livello di dipartimento, con personale qualificato e in collaborazione reciproca) preposti alla sperimentazione e alla raccolta dei dati dell'attività didattica dei beni culturali svolta a livello nazionale, estero, di Comunità Europea e di Comunità Internazionale.

L'attività svolta dalle Sezioni didattiche nei Musei, nei Monumenti, nelle Aree Archeologiche è stata trattata dalla dottoressa Maria Fossi Todorow, della Sezione Didattica della Soprintendenza per i beni artistici e storici di Firenze, che ha svolto la Relazione intitolata « Beni culturali e didattica: l'esperienza nei Musei ».

La dott.ssa Fossi ha ricordato due norme che, in certo senso, hanno messo termine alla fase pionieristica della didattica dei beni culturali:

- 1) il D.P.R. 12 febbraio 1985, n. 104, concernente i programmi per la scuola primaria (con tale norma il Ministero della Pubblica Istruzione sente come sua vera e diretta interlocutrice la Sezione didattica delle Soprintendenze alle Antichità e Belle Arti);
- 2) la circolare n. 19 del 15 marzo 1986 (con tale norma, l'Ufficio Centrale per i Beni Ambientali, Architettonici, Archeologici, Artistici e Storici del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali ha inviato a tutte le Soprintendenze alle Antichità e Belle Arti un questionario da riempire con i dati relativi alle loro Sezioni didattiche).

È importante che in tali Sezioni (nei Musei, nei Monumenti, nelle Aree Archeologiche) l'attività didattica sia svolta da tecnici dei beni culturali (storici dell'arte, architetti, archeologi) in modo da non scindere le funzioni didattiche da quelle di tutela e conservazione.

Una volta istituita la Sezione didattica nel Museo, nel Monumento, nell'Area Archeologica, si potrebbe pensare al problema della formazione del personale addetto a tale Sezione; a tal fine sarebbe necessaria una collaborazione tra le Soprintendenze alle Antichità e Belle Arti e le Università degli Studi, mediante l'istituzione, nell'ambito dei corsi universitari di museografia e di museologia, di seminari (con riconoscimento dei relativi titoli di frequenza e profitto) vertenti sull'attività didattica dei beni culturali.

La dott.ssa Fossi ha concluso la sua Relazione avanzando due proposte comuni a tutte le Sezioni didattiche, comprese quelle delle Biblioteche e degli Archivi:

- 1) l'attività didattica dei beni culturali dovrà essere rivolta non soltanto agli alunni delle Scuole di ogni ordine e grado, ma anche al pubblico degli appartenenti ad ogni classe di età, con particolare riguardo alla fascia della terza età, che, in questo particolare momento, è già oggetto di iniziative di promozione culturale;
- 2) a supporto dell'attività didattica dei beni culturali dovrebbe essere costituito, comunque denominato, un Centro Nazionale di sperimentazione e di documentazione sulle iniziative didattiche progettate, sperimentate, svolte sia in Italia che all'estero, sia in sede di Comunità Europea che in sede di Comunità Internazionale.

L'attività svolta dalle Sezioni didattiche negli Archivi è stata trattata dal dott. Marzio Dall'Acqua, dell'Archivio di Stato di Parma, che ha svolto la Relazione « Le Sezioni didattiche negli Archivi ».

Il dott. Dall'Acqua ha cominciato la sua Relazione precisando, per quanto riguarda l'attività didattica dei beni archivistici, quattro elementi di differenziazione:

- 1) Gli Archivi documentano con i loro fondi, in modo integrale, tutto quello che è avvenuto sul territorio;
- 2) Gli Archivi, in passato, erano privati e segreti;
- 3) Il bene archivistico (documento) deve necessariamente essere consultato contestualmente agli altri documenti facenti parte dello stesso fondo;
- 4) L'Archivio non diventa mai vecchio, in quanto rimane sta-

bile nel tempo il rapporto tra il singolo documento e gli altri beni archivistici dello stesso fondo.

Inoltre, essendo l'Archivio una istituzione stabile e la Scuola, invece, una istituzione sociale, soggetta agli stessi cambiamenti della Società, è naturale che sorgano delle difficoltà nel rapporto che li lega, e cioè nell'attività didattica dei beni archivistici.

Inoltre, non bisogna dimenticare che il documento ha una sua natura mediata, che avviene attraverso la scrittura (che è un mezzo difficile) e che i documenti nascono per ragioni giudiziarie e amministrative e non culturali.

Per tali ragioni, sarebbe addirittura controproducente che tutti consultassero i documenti, che dovrebbero essere toccati e, quindi, si deteriorerebbero per l'uso.

Bisogna, allora, vedere quale tipo di attività didattica è possibile negli Archivi: l'unica possibile è quella di rispondere alle infinite domande (che da più parti vengono poste agli Archivi) trovando i documenti idonei a dare risposte secondo le esigenze dei fruitori.

In tale prospettiva, le Sezioni didattiche negli Archivi potranno fare molto se sapranno rispondere alle domande di ricerca della propria identità e delle proprie radici provenienti non soltanto dalla Comunità scolastica ma anche da quella cittadina.

Inoltre, non bisogna dimenticare che tra le esperienze di servizio dell'Archivio di Stato vi è anche la vigilanza sugli Archivi Comunali, che raccolgono anche essi documenti da adattare, poi, alle esigenze metodologiche della Scuola e alle richieste della Comunità cittadina.

Si viene, così, a creare, nelle esperienze dell'Archivio, e successivamente della sua Sezione didattica, un triangolo Archivio di Stato-Comune-Scuola, volto al servizio della Comunità cittadina e scolastica.

Il dott. Dall'Acqua ha, infine, concluso il suo intervento osservando che le Sezioni didattiche negli Archivi, passando attraverso il momento della mediazione, il momento del servizio e il momento del controllo, assolveranno compiutamente il loro compito verso la didattica dei beni archivistici.

L'attività svolta dalle Sezioni didattiche nelle Biblioteche è stata l'argomento trattato dalla prof.ssa Anna Maria Bernardinis, dell'Università di Padova, che ha svolto la Relazione intitolata « Il laboratorio di lettura nelle biblioteche ».

La prof.ssa Bernardinis ha cominciato la sua Relazione ricordando che, nel passato, per utente della biblioteca si intendeva soltanto colui che era consapevole del bene-libro; solo successivamente (nell'800) si è passati ad una concezione socio-culturale e pedagogica che, pensando all'utente della biblioteca, pensava al popolo e al fanciullo.

Ma solo da questo dopoguerra si è cominciato a parlare della Biblioteca da un vero e proprio punto di vista pedagogico e si è fatta avanti una considerazione critica, e cioè che non basta avere dei consumatori, ma occorre avere anche dei fruitori delle Biblioteche.

A tale itinerario di formazione dell'utente avrebbe dovuto provvedere la scuola, con la Biblioteca come complementare, attraverso il tempo aggiunto a quello scolastico.

Infatti, per essere un lettore in modo autonomo non basta la sola lettura dei valori visivi e plastici contenuti nel libro, ma occorre possedere le strumentabilità necessarie, costituite da tutte quelle didattiche, situate nella Biblioteca, che riescano a trovare il tragitto più facile, sul piano psicologico, per arrivare al massimo obiettivo, consistente nel decodificare, in modo autonomo, il messaggio contenuto nel libro.

Ecco, quindi, il Laboratorio di lettura nelle Biblioteche, e cioè, in altre parole, la Sezione didattica nelle Biblioteche medesime.

Infatti, dall'800 in poi, si è cercato di far diventare la Biblioteca (e non il libro, perché quest'ultimo, in base alle presenti e future tecnologie, può e potrà essere sostituito da più moderni media) non soltanto un contenitore di attività di pensiero, ma anche un bene comune di tutti, anche di quelli esclusi e cioè degli utenti potenziali. A tal fine, oggi, gli studiosi, sia di psicologia che di critica testuale, vorrebbero, per tutti, di qualsiasi contesto di cultura, il livello del lettore coautore del libro, che è il frutto di un itinerario che deve cominciare nella famiglia, perfezionarsi nella scuola e proseguire, poi, per tutta la vita.

Per giungere a tale risultato, non basta informatizzare il catalogo della Biblioteca, perché queste nuove e sofisticate tecnologie potrebbero allontanare l'utente invece di avvicinarlo alla Biblioteca medesima.

In Italia si legge poco perché non si sa scegliere e non si ha alcune abitudine a leggere; ciò lo si vede nella narrativa di invenzione, dove la gente non ha alcuna informazione e, quindi,

non sa orientarsi. Ma, in tale campo, dobbiamo registrare un risultato raggiunto: l'intervento della Scuola nel campo della narrativa (che era un tema non conosciuto nel tempo scolastico, e, quindi, una novità assoluta) con la riforma della Scuola Media (1962) e il conseguente impegno dei docenti a spiegare i narratori.

D'altra parte, l'Università non ha fatto in tempo ad intervenire, ma è intervenuta l'editoria, creando itinerari di lettura all'interno della narrativa.

Oggi, poi, la televisione non esclude il libro e, a sua volta, il libro chiede di essere cercato in biblioteca e in libreria.

Inoltre, oggi, la motivazione pedagogica considera la Biblioteca non soltanto come un mero contenitore, ma come un luogo dove si dialoga, si pongono delle domande e si arriva ad avere delle risposte; ecco, quindi, i laboratori di lettura (o, in altre parole, le Sezioni didattiche) nelle Biblioteche. Ciò comporta che le figure professionali del bibliotecario (non soltanto addetto alla conservazione ma anche alla didattica) debbono essere critiche e sempre aperte a nuove problematiche, senza che le soluzioni trovate, in materia di didattica dei beni librari, restino cristallizzate.

La prof.ssa Bernardinis ha, infine, concluso la sua Relazione osservando che la Biblioteca, mediante il suo laboratorio di lettura (o Sezione didattica) deve promuovere la formazione non solo dei leggenti (e cioè dei meri decodificatori dei segni linguistici) ma anche e soprattutto dei lettori (e cioè di coloro che sanno attribuire un significato, possibilmente personale, all'insieme dei segni).

Il Diritto alla Cultura come fine, attraverso il mezzo dell'attività didattica dei beni culturali, è stato il tema dominante delle Conclusioni del Convegno, svolte dall'On. Antonino Gullotti, Ministro per i Beni Culturali e Ambientali.

In tali Conclusioni, il Ministro Gullotti ha osservato che il patrimonio culturale del nostro Paese è una ricchezza, ma che solo in tempi recenti questo tema ha cominciato ad interessare l'opinione pubblica.

Ma il fatto che l'Italia sia maggiormente dotata di altri Paesi di beni culturali, che questi ultimi siano considerati un investimento non deve portare alla conseguenza negativa di un logoramento del patrimonio culturale per una rincorsa verso il profitto, dimenticando, invece, che i beni culturali possiedono una valenza di arricchimento spirituale. Non ci deve essere, quin-

di, il degrado del nostro patrimonio culturale, perché questo degrado sarebbe quello della qualità stessa della vita. Inoltre, il capitale e la ricchezza devono riqualificare il loro titolo di legittimità nel mondo in cui viviamo, in quanto il mondo di oggi ha esigenze di uguaglianza nei punti di arrivo, oltre che nei punti di partenza.

Le ideologie tendono ad attenuarsi, si sta chiudendo un periodo della Storia e se ne sta aprendo un altro, che prevediamo di un gradino superiore.

Bisogna riqualificare il diritto alla ricchezza e al capitale (è superato il diritto alla mera redistribuzione della ricchezza) perché occorre andare incontro alle esigenze di salvezza delle caratteristiche dei popoli, della qualità della vita, dello spirito.

In questa ottica la distinzione tra cultura dell'effimero e del non effimero è difficile, e lo sbaglio è stato quello di considerare l'effimero come ricerca di facile popolarità.

Non dobbiamo creare, quindi, un altro effimero con la ricerca del profitto a tutti i costi; beninteso, non abbiamo nulla contro i risultati del profitto, purché non offendano la sensibilità dei più e spingano, anzi, alla salvaguardia del patrimonio culturale attraverso le attività di sponsorizzazione.

La didattica dei beni culturali non è soltanto farli capire ma è, soprattutto, educazione di tutti alla Cultura e alla Civiltà, intesi come diritto.

Se si ricostituisce la Comunità, si ricostruisce la Cultura, e se, poi, la Cultura è intesa come diritto della Comunità, si avrà, di conseguenza, la migliore protezione possibile dei beni culturali.

Dobbiamo, dunque, fare questo tipo di Scuola e questo tipo di attività didattica dei beni culturali: su questo punto siamo ancora indietro, mentre, invece, nel campo della tutela dei beni culturali siamo avanti, in quanto la nostra legge di tutela 1 giugno 1939, n. 1089 è, forse, ancora la migliore del mondo ed è, ancora oggi, imitata da altri Paesi. Occorre riconoscere, però, che la definizione dei beni culturali della legge del 1939 non è più attuale, in quanto troppo esclusiva ed elitaria, dato che esclude dalla tutela i beni della cultura materiale e demoantropologici e quelli che sono percepiti dall'uomo, anche se non sono stati ancora creati.

L'approccio migliore al bene culturale è quello che lo salvaguarda non solo dal degrado, ma anche dal consumo, dal contatto, dal soverchio o improprio uso.

Occorre, quindi, un rapporto più fitto tra Scuola (in cui mancano gli operatori della didattica dei beni culturali), Università (che deve essere non soltanto ricerca e didattica, ma soprattutto Cultura) e organi della tutela (in cui mancano, come nella Scuola, gli operatori della didattica dei beni culturali).

Bisogna impedire la scissione tra Tecnica e Scienza, che sarebbe la peggiore barbarie, bisogna che l'Università abbia maggiore autonomia, ma non una iperspecializzazione, che non fa Scienza e non fa Cultura.

Bisogna, inoltre, pensare ad una autonomia dei Musei dalle Soprintendenze alle Antichità e Belle Arti, anche con partecipazione privatistica.

Bisogna, infine, che i Musei, i Monumenti, le Aree Archeologiche, le Biblioteche, gli Archivi svolgano una nuova funzione nel campo della didattica dei beni culturali.

L'uomo di oggi è isolato, con una sensazione di impotenza e, quindi, i giovani che frequentano Musei, Monumenti, Aree Archeologiche, Biblioteche, Archivi costituiscono un miracolo che (per avere la certezza che lo spirito, l'uomo, la civiltà supereranno tutte le bufere, per non avere il terrore del futuro) chiede di essere ricollegato alle radici della Storia, dell'Arte, della Cultura.

Se è così, ha osservato il Ministro Gullotti terminando le sue Conclusioni, troviamo aperto davanti a noi un vasto campo di attività didattica dei beni culturali, intesa come mezzo per pervenire al fine del diritto alla Cultura e, di conseguenza, abbiamo una enorme responsabilità in tutti i posti dove ci troviamo.

ALBERTO MARIA GHISALBERTI

1894 - 1986

La storiografia italiana sul Risorgimento ha perduto, con Alberto Maria Ghisalberti, il suo portabandiera, lo studioso noto in patria e all'estero per la sua attività instancabile di guida e maestro in questo campo di studi. Nato a Milano nel 1894, fin dagli anni universitari si indirizzò a questo ramo della storiografia a Roma, allievo dell'universalmente noto Michele Rosi. La guerra del 1915-18 lo portò a meritarsi sui campi di battaglia, quale ufficiale di complemento di fanteria, una medaglia d'argento, una croce di guerra al valore, un encomio solenne, quasi a unire nella sua persona l'ideale mazziniano della sintesi di pensiero e azione.

Il dopoguerra lo riportò alla scuola, quale insegnante di storia e filosofia nei Licei; nel 1931 conseguì la libera docenza in storia del Risorgimento, e dopo di allora la sua attività didattica in campo universitario non ebbe soste, sempre nella disciplina prediletta, salvo una breve parentesi nella Facoltà di Scienze politiche a Perugia, ove insegnò Storia politica moderna, finché non tornò a Roma, alla cattedra di storia del Risorgimento, che tenne fino al 1964.

Dovremmo parlare del riconoscimento, che ottenne quale benemerito della scuola e della cultura, delle lauree *honoris causa* conferitegli da Università francesi, delle sue chiamate a socio di prestigiose accademie italiane e straniere; ma preferiamo ricordarlo come segretario generale dell'Istituto per la storia del Risorgimento italiano nel 1935, e poi presidente dal 1951 al 1983, anni durante i quali diede vigoroso impulso agli studi, raccogliendo intorno a sé il fior fiore della storiografia italiana e uno stuolo di appassionati cultori di studi sul Risorgimento, mediatore umanissimo fra scienziati puri e innamorati del mito.

La sua classica e spontanea oratoria, che poteva contare su di una voce sonora e particolarmente adatta a penetrare negli animi, gli servì di strumento per rendere accessibili i più aspri concetti.

Ci lascia una preziosa eredità di studi, che i suoi allievi hanno diligentemente catalogati, con grande vantaggio per la cultura storiografica sul Risorgimento.

UMBERTO MARCELLI

CARICHE SOCIALI ED ELENCO DEI SOCI NELL'ANNO 1986 *

CONSIGLIO DIRETTIVO

Prof. Armelino VISANI, *presidente*; prof. Bruno NEDIANI, *vicepresidente*;
prof. Giuseppe BERTONI, *direttore della Biblioteca e conservatore del*
« Museo Torricelliano »; prof. Bice MONTUSCHI SIMBOLI, *segretario*; dott.
Luigi PIAZZA, *tesoriere*; prof. Antonio FERLINI, *consigliere*; dott. Vittorio
GHINASSI, *rappresentante del Comune di Faenza*; dott. Anna GENTILINI,
rappresentante della Biblioteca Comunale; dott. Carlo DE TARANTO,
rappresentante del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali.

SOCI BENEMERITI

BANCA POPOLARE di Faenza; MONTE DI CREDITO E CASSA DI RISPARMIO
di Faenza; rag. Domenico BENINI (1896-1948); dott. Antonio MENDOGNI;
prof. Pietro MONTUSCHI (1874-1959); mons. dott. Giuseppe ROSSINI
(1877-1963); dott. ing. Giuseppe VASSURA (1866-1949).

SOCI RESIDENTI

Classe 1^a: Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali

Prof. Mario ANCARANI; prof. Giovanni BAZZOCCHI; prof. Carlo CASTEL-
LARI; prof. Tonito EMILIANI; prof. Francesco EMILIANI ZAULI NALDI;
prof. Antonio FERLINI; prof. Silvano MAZZONI; prof. ing. Gianluca MEDRI;
prof. Bruno MONESI; prof. Luigi PAGANELLI; dott. Pietro VINCENZINI;
prof. Armelino VISANI.

Classe 2^a: Scienze Morali e Storiche

Prof. Sante ALBERGHI; prof. Giovanni CATTANI; prof. Leonida COSTA;
dott. arch. Ennio GOLFIERI; mons. prof. Gian Domenico GORDINI; prof.
Luigi LOTTI; prof. Bice MONTUSCHI SIMBOLI; prof. Bruno NEDIANI; dott.
Luigi PIAZZA; m^o Ino SAVINI; can. arch. Antonio SAVIOLI.

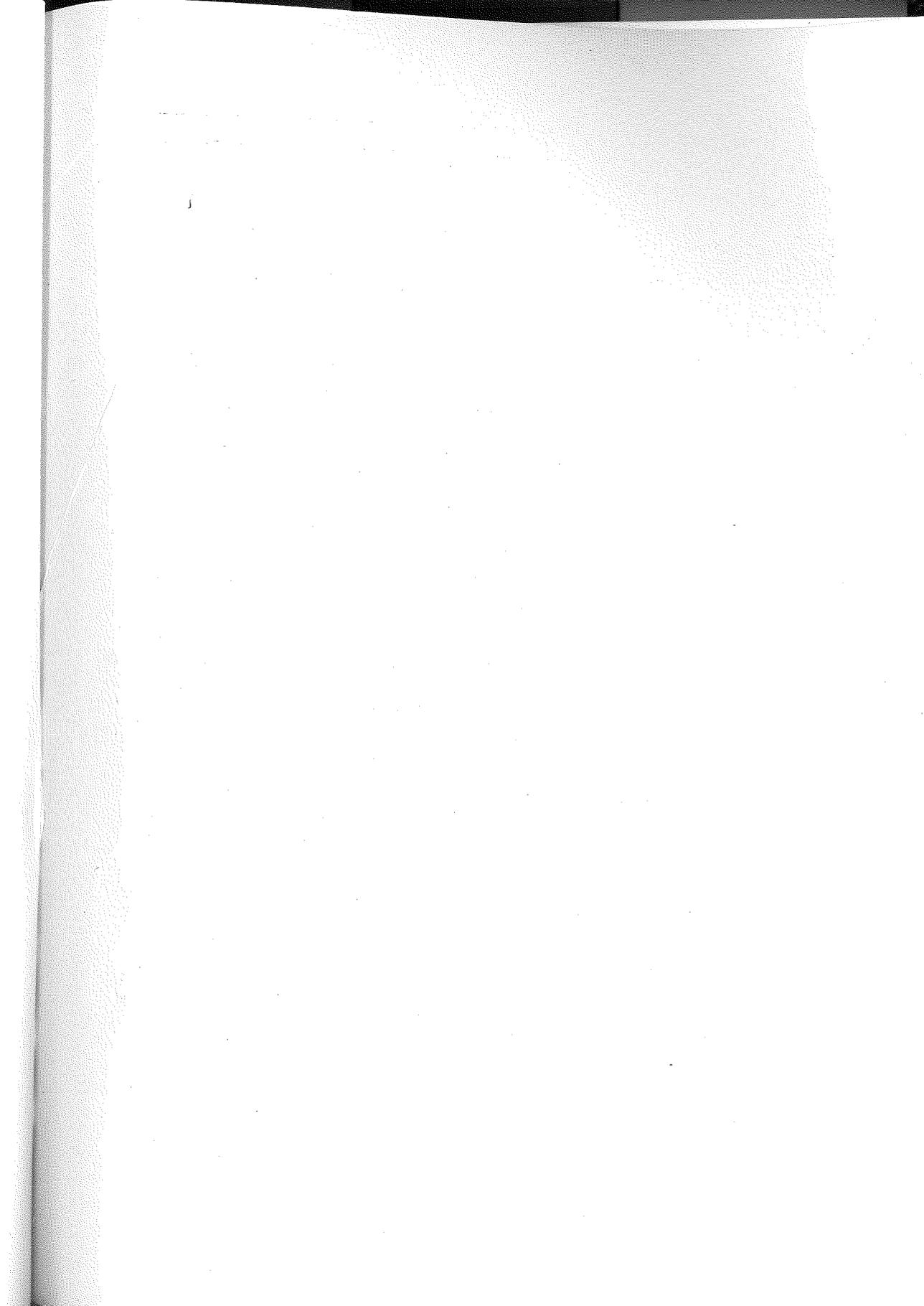
* Aggiornati alla data della consegna del materiale in tipografia.

Classe 3^a: *Lettere*

Prof. Giuseppe BERTONI; prof. Claudio MARABINI; prof. Alessandro MONTEVECCHI; prof. Giovanni PINI; prof. Valeria RIGHINI.

SOCI CORRISPONDENTI

Prof. Pietro ALBONETTI, Granarolo; prof. Bruno ANTONINI, Roma; prof. Gian Gualberto ARCHI, Firenze; prof. Gino ARRIGHI, Lucca; prof. Natale BARNABÈ, Legnano; dott. Domenico BERARDI, Russi; dott. Gilberto BERNABEI, Roma; prof. Aldo BERSELLI, Bologna; dott. Pietro BERTINI, Alfonsine; Bert BOLLE, Maartensdijk; prof. Enzo BOSCHI, Bologna; prof. Roberto BULTOT, Lovanio; prof. Augusto CAMPANA, Roma; avv. Michele CIFARELLI, Roma; prof. Tullio DERENZINI, Pisa; prof. Ardito DESIO, Milano; prof. Giuseppe DI NARDI, Roma; dott. Alteo DOLCINI, Faenza; prof. Andrea EMILIANI, Bologna; m^o Libero ERCOLANI, Ravenna; prof. Tebaldo FABBRI, Forlì; prof. Gina FASOLI, Bologna; mons. dott. Giuseppe FERRETTI, Bagnacavallo; prof. Luigi FIRPO, Torino; prof. Umberto FOSCHI, Castiglione di Cervia; prof. Romolo FRANCESCONI, Bologna; don Francesco FUSCHINI, Ravenna; prof. Lucio GAMBI, Firenze; prof. Eugenio GARIN, Firenze; dott. ing. Giorgio GELLINI, Faenza; dott. Domenico GIOVANNELLI, Rimini; prof. Gino GORLA, Roma; avv. Natale GRAZIANI, Montecatini; prof. Paolo GRAZIOSI, Firenze; ecc. mons. Franco GUALDRINI, Terni; prof. Luigi HEILMANN, Bologna; ecc. mons. Pio LAGHI, Washington; prof. Francesco LIVERANI, Modena; prof. Pietro MALPEZZI, Brisighella; prof. Cesare MALTONI, Bologna; prof. Fausto MANCINI, Imola; prof. Guido MANSUELLI, Bologna; c.te dott. Giovanni MANZONI, S. Lorenzo di Lugo; prof. Umberto MARCELLI, Bologna; can. dott. Mino MARTELLI, Imola; c.te dott. Gian Ludovico MASETTI ZANNINI, Roma; prof. ing. Leonardo MASOTTI, Firenze; prof. Nevio MATTEINI, Rimini; prof. Nicola MATTEUCCI, Bologna; prof. Enzo MELANDRI, Faenza; dott. Giovanna MENDOGNI ZAMA, Bologna; prof. Silvestro MONDINI, Ancona; avv. Luigi MONTANARI, Ravenna; prof. Emilia MORELLI, Roma; prof. Franco PACINI, Firenze; prof. Paolo PANCHERI, Roma; amm. prof. Giuseppe PEZZI, Roma; prof. Giuseppe PLESSI, Bologna; dott. ing. Vittorio POLVERIGIANI, Faenza; prof. Angiolo PROCISSI, Firenze; prof. Eugenio RAGNI, Roma; dott. Armando RAVAGLIOLI, Roma; prof. Gino RAVAIOLI, Rimini; prof. Giancarlo REDA, Roma; prof. Kurt REINDEL, Ratisbona; prof. Vasco RONCHI, Firenze; prof. Aldo SACCO, Forlì; prof. Arles SANTORO, Firenze; ecc. mons. Achille SILVESTRINI, Città del Vaticano; prof. Bruno SILVESTRINI, Roma; prof. Vittorio SILVESTRINI, Napoli; prof. Francesco SISINNI, Roma; prof. Giovanni SPADOLINI, Firenze; prof. Roberto SPONGANO, Bologna; prof. Franco STROCCHI, Pisa; prof. Giancarlo SUSINI, Bologna; prof. Mario TABANELLI, Chiari; prof. Sebastiano TIMPANARO, Firenze; dott. Mario TOBINO, Fiesole; prof. Ugo VALDRÈ, Bologna; prof. Augusto VASINA, Bologna; dott. ing. Antonio VEGGIANI, Mercato Saraceno; dott. Floriano VENTURI, Faenza; prof. Sergio ZANGHERI, Padova.



SOCIETÀ TORRICELLIANA DI SCIENZE E LETTERE

FAENZA

Fondata nel 1947. Presidenti: mons. dott. Giuseppe Rossini, dal 1948; prof. dott. Pietro Montuschi, dal 1954; dott. prof. Piero Zama, dal 1960; prof. dott. Armellino Visani, dal 1982.

PUBBLICAZIONI DISPONIBILI

Opere di E. Torricelli, vol. IV, a cura di G. Vassura, formato cm 17,5x25, Lega, Faenza 1944, pagine 348

« Torricelliana », nel III centenario della scoperta del barometro, 2 volumi formato cm 24x34,5, Unione Tipografica, Faenza 1945-1946

— 1944, pagine 80; — 1945, pagine 96

Nel III centenario della morte di E. Torricelli, formato cm 17,5x25, Società Tipografica Faentina, Faenza 1948, pagine 32

Lettere e documenti riguardanti E. Torricelli, a cura di mons. G. Rossini, formato cm 17,5x25, Lega, Faenza 1956, pagine VIII-180

« Torricelliana », bollettino annuale della Società, formato cm 17x24,5 raccolta completa dal 1949 al 1986

Il Codice di Lottieri della Tosa, a cura di d. G. Lucchesi, f.to cm 17x24, Lega, Faenza 1979, pagine 224, pubblicato a spese della Banca Popolare di Faenza

Omaggio a Francesco Lanzoni nel cinquantenario della morte (bollettino n. 30), 1980, pagine 128

L'Opera poetica di Giovanni Chiapparini, conferenze di T. Fabbri e di P. Zama, formato cm 17x24, Lega, Faenza 1982, pagine 56

Lamberto Caffarelli, *Prose e poesie inedite*, a cura di G. Cattani, formato cm 17x24, Lega, Faenza 1982, pagine 124

Il nostro ambiente e la cultura, a cura di G. Cattani (supplemento al bollettino n. 32), formato cm 21x30, 1982, n. 1 pagine 36, n. 2 pagine 24

Scritti minori di Giovanni Lucchesi, formato cm 17x24, 1983, pagine 350

Atti dei convegni di studi

Volumi formato cm 17,5 x 25

E. Torricelli nel 350° anniversario della nascita, 1958, pagine 200

Dionigi Strocchi nel II centenario della nascita, 1962, pagine 232

Antonio Morri nel I centenario della morte, 1969, pagine 108

Lodovico Zuccolo nel IV centenario della nascita, 1969, pagine 132

S. Pier Damiani nel IX centenario della morte, 1972, pagine 144

L'ambiente geofisico e l'uomo, 1974, pagine 136

La vita faentina nella vita italiana fra il 1947 e il 1977 (bollettino n. 28), 1978, pagine 256

Giornata di studio in onore di mons. dott. Giovanni Lucchesi, 1984, pagine 112

Giornata di studio in onore di Luigi Dal Pane Storico, 1985, pagine 118

Giornata di studio su problemi psichiatrici, 1986, pagine 127