

NOTIZIARIO TECNICO TELECOM ITALIA

LAUREA HONORIS CAUSA
A GUIDO VANNUCCHI

UN PONTE TRA UNIVERSITÀ
E INDUSTRIA

L'ATENEO DI PADOVA HA UNA
STORIA ANTICA E RICCA

supplemento al

n. 2

anno 7

OTTOBRE

1998



Ai lettori

Università e Industria delle telecomunicazioni continuano a camminare insieme

Dedichiamo nuovamente un numero della rivista ad una cerimonia che ha avuto luogo di recente nell'Università di Padova, uno dei più antichi Atenei italiani, e, al tempo stesso, sede tra le più vive e attente all'ambiente esterno al mondo accademico.

Desideriamo, infatti, con questo supplemento, far partecipi i nostri lettori di alcuni momenti di questa cerimonia nella quale l'Università ha inteso premiare con la laurea Honoris Causa, l'attività creativa, svolta in un arco di tempo assai lungo, da alcune persone di grande spessore culturale e molto note a livello internazionale.

Questo conferimento mette in particolare luce l'attenzione con la quale il mondo accademico segue personaggi che hanno raggiunto l'eccellenza - operando in campi assai diversi: dalla filosofia all'economia, dalle scienze politiche alla letteratura e all'ingegneria - e che hanno contribuito a far progredire la conoscenza o hanno portato a compimento risultati concreti di valore.

Una conferma del livello della selezione dei candidati alla laurea Honoris Causa, operata dall'Università di Padova, è venuta poco dopo questa manifestazione: l'indiano Amartya Sen - noto internazionalmente per i suoi studi sui meccanismi delle carestie e sui limiti della "Welfare Economics" - ha ricevuto dall'Accademia Svedese delle Scienze il premio Nobel per l'Economia.

Abbiamo scelto tra gli interventi che si sono succeduti nel corso di questa manifestazione quelli più vicini ai destinatari del Notiziario Tecnico Telecom Italia e, in particolare, quelli che riguardano la laurea Honoris Causa in ingegneria delle telecomunicazioni conferita a Guido Vannucchi.

Abbiamo così voluto sottolineare alcuni aspetti legati a quest'evento, cercando in primo luogo di richiamare l'attenzione dei lettori sull'importanza che questo Ateneo dà al mondo dell'Industria. È questa una tradizione antica dell'Università, com'è anche messo in luce nei brevi cenni di storia sull'Ateneo patavino presentati più avanti dal professor Carlo Smeda.

Un secondo motivo che ci ha spinto a questa pubblicazione riguarda proprio la scelta di Guido Vannucchi, persona di grande intelligenza e cultura, di non comuni capacità organizzative e assai nota nel nostro ambiente. Riesce difficile a chi scrive - che ha avuto con il "neolaureato" frequenza di rapporti già dalle prime attività lavorative - cercare di elencare meriti e risultati. Questi aspetti sono d'altra parte tratteggiati in maniera esauriente nel testo, che contiene i motivi del conferimento della laurea, letto nel corso della cerimonia dal Preside della Facoltà di Ingegneria Gian Berto Guarise e riportato in questo stesso numero.

Un punto, che tuttavia sembra opportuno ricordare in quest'occasione, riguarda il ruolo svolto da Guido Vannucchi nel corso della sua lunga attività lavorativa: sin dall'inizio egli si è molto adoperato per realizzare un "ponte" tra applicazioni industriali e ricerca universitaria.



Ha spesso infatti accettato di trasmettere, soprattutto alle nuove generazioni di studenti, le proprie esperienze d'ingegnere; e, d'altro canto, ha intrattenuto un continuo rapporto di stretta collaborazione con il mondo accademico, cercando di mettere a frutto le conoscenze teoriche disponibili nell'Università, per risolvere problemi complessi legati allo sviluppo di sistemi innovativi, messi a punto nell'industria da lui guidata.

Un ultimo aspetto di rilievo che emerge da questa manifestazione riguarda la scelta di premiare un ingegnere che ha sempre operato nelle telecomunicazioni. È questo infatti un riconoscimento della considerazione che gode questo campo di attività anche nelle Università più prestigiose e più ricche di tradizione: la stima per il settore nel quale operiamo è, infatti, il risultato di molte favorevoli circostanze, a cominciare dall'ambiente universitario nel quale sono stati formati i nostri ingegneri con conoscenze teoriche di avanguardia. L'Università forma quindi buoni laureati e questi a loro volta - proprio grazie alla rigorosa formazione - fanno crescere le competenze del nostro Paese.

Il mio auspicio, espresso a margine di questa cerimonia, è quindi che l'industria nazionale delle telecomunicazioni continui a saper interpretare in futuro un ruolo da protagonista anche (o soprattutto) a livello internazionale. E per migliorare questa presenza, mi auguro che Università e Industria, nel rispetto di ruoli, conoscenze e competenze, continuino a percorrere congiuntamente questo cammino che contribuirà sicuramente alla crescita continua del sapere - e, dunque, al progresso civile del Paese - e, al tempo stesso, allo sviluppo dell'industria italiana delle telecomunicazioni nel più largo ambito dell'Europa Unita.

Mi sia consentito da ultimo, anche a nome della Direzione e dei lettori del Notiziario Tecnico Telecom Italia, di porgere nuovamente da questa rivista le più vive congratulazioni a Guido Vannucchi, neo ingegnere Honoris Causa in telecomunicazioni, cui molti che operano nel nostro settore sono legati da antica amicizia.

r.c.



L'Università di Padova in una incisione di Pierre Chevalier (1831).

Saluto del Magnifico Rettore

Autorità, Colleghi, Signore e Signori,

vorrei innanzi tutto esprimere la mia gratitudine ai nostri ospiti per essere oggi qui presenti. L'evento del conferimento della laurea



Giovanni Marchesini porge il saluto dell'Università di Padova ai neolaureandi ed ai presenti.

Honoris Causa è una cerimonia assai importante per la nostra Università. Le lauree che daremo oggi appartengono ad ambienti ed aree molto diversi che vanno dalla filosofia alla psicologia, all'agraria, all'economia, all'ingegneria. Esse rivestono un po' quell'universo che l'Università di Padova ha sempre tenuto in considerazione senza passioni e senza distinzioni particolari,

ma solo avendo amore per l'intera scienza nella sua unità.

Siamo anche particolarmente orgogliosi dei laureati Honoris Causa che finora sono stati associati alla nostra Università. È sempre stata una lista estremamente prestigiosa e sono in essa presenti persone che hanno acquistato nel loro lavoro meriti particolari e che hanno lasciato tracce veramente profonde. È un grandissimo onore poter perciò inserire nell'elenco anzidetto anche le cinque persone che oggi laureeremo, in quanto esse hanno profondamente influenzato il campo nel quale hanno lavorato ponendo, con i loro contributi, alcune pietre miliari.

Partiamo da un economista come Amartya Sen, di cui tutti riconoscono il livello e l'importanza dei contributi dati nello sviluppo delle economie dei Paesi poveri nonché negli indirizzi di pensiero per i problemi che legano etica ed economia.

Per la psicologia abbiamo Ira Posner, il maggiore esperto dei problemi della conoscenza e dei relativi processi del cervello.

Nelle scienze politiche Paul Ricoeur, un filosofo che ormai da molti anni è un punto di

Excellencies, colleagues, ladies and gentlemen,

I wish first of all to thank our guests for being here today. The award of a university degree Honoris Causa is a very important ceremony for our University. The degrees of today are in a number of fields, from philosophy to psychology, agronomy, economics, engineering: they represent the universe of our University without any special passions or distinctions, but only with love for science as a whole.

We are also particularly proud of the Honoris Causa graduates from the University of Padua. This list has always been extremely prestigious and only includes those persons who have acquired special merits in their work and have left really deep traces in their fields. It is, therefore, a great honour for us to include in this list the five persons who today we will award with the Honoris Causa degree, since they have deeply influenced their fields and their contributions represent milestones in the respective areas.

HO L'ONORE DI INVITARE LA SIGNORIA
VOSTRA ALLA CERIMONIA PER IL
CONFERIMENTO DELLE LAUREE HONORIS
CAUSA CHE AVRÀ LUOGO NELL'AULA
MAGNA "GALILEO GALILEI"

LUNEDÌ 11 MAGGIO 1998.

IL RETTORE
GIOVANNI MARCHESINI

We will start with an economist such as Amartya Sen, who is worldwide known for his contributions to the development of economy, in particular in poor countries, and for his approaches to the issues connecting ethics to economics.

Representing the field of psychology, we have here Ira Posner, the greatest expert in the field of knowledge and brain processes.

In the field of political science, Paul Ricoeur, a philosopher who has been for many a reference point for all those dealing with these issues.

For engineering, Guido Vannucchi, who has largely contributed to the development of telecom-

riferimento per tutti coloro che si occupano di questi problemi.

Per l'ingegneria Guido Vannucchi, al quale molto deve lo sviluppo delle telecomunicazioni nel campo della ricerca e nello sviluppo tecnologico in questo Paese e nel panorama internazionale.

Infine Rigoni Stern, la persona alla quale non mi rivolgo come scienziato ma come colui al quale sono debitore di grandi e splendide emozioni che mi provengono dalla lettura dei suoi scritti e dei suoi libri.

Lascio la descrizione dei contributi specifici di queste personalità alla presentazione delle motivazioni da parte dei Presidi di Facoltà e voglio ancora una volta riaffermare che siamo onorati ed orgogliosi della loro presenza in questa Aula Magna per il conferimento delle lauree Honoris Causa ad essi assegnate dall'Università di Padova.

Giovanni Marchesini

Professore di Teoria dei Sistemi nella Facoltà di Ingegneria
Magnifico Rettore dell'Università di Padova



I neolaureandi entrano nell'Aula Magna dell'Università di Padova: in primo piano, da sinistra, Guido Vannucchi e Rigoni Stern; in secondo piano, seminascosto sulla destra, Amartya Sen. Al centro (dietro), Achille Pessina, Pro-rettore dell'Università di Padova.

munications in the field of technological research and development in this country and at an international level.

Last but not least, Rigoni Stern, whom I am not addressing as a scientist but as the man to whom I owe the deep and beautiful feelings I have from his works and books.

I leave the description of their contributions and the reading of the motivations to the Dean of each Faculty. I wish once again to say that we are honored and proud of having them here in our Assembly Hall to be awarded today with the Honoris Causa degree of the University of Padua.



Padova: Palazzo della Ragione.

Elogio del Candidato

Nell'adunanza del 16.12.1997 il Consiglio della Facoltà d'Ingegneria ha proposto il conferimento della laurea Honoris Causa al Professore Guido Vannucchi con la seguente motivazione:

Guido Vannucchi è nato nel 1933. Si è laureato nel 1958 in Ingegneria Industriale presso l'Università di Bologna. Nel 1963 ha ottenuto il "Master of Science" in "Electrical Engineering" presso l'Università di Stanford. Nel 1971 ha conseguito la Libera Docenza in Comunicazioni Elettriche.

All'Università di Bologna ha svolto attività didattica, prima come assistente e poi, fino al 1969, come professore incaricato. Successivamente ha tenuto numerosi corsi presso l'Università di Bologna ed il Politecnico di Milano in svariati campi delle Telecomunicazioni e dell'Economia ed Organizzazione Aziendale.

Nel 1960 entra a far parte della Telettra S.p.A. come progettista fino a diventare nel 1970 direttore del Laboratorio Trasmissione. Nel 1982 diviene Vice Direttore Generale e nel 1984 Direttore Generale della Società.

Dal 1990, dopo il passaggio della Telettra dal gruppo FIAT al gruppo ALCATEL, svolge attività di consulenza strategica presso importanti industrie nazionali di Telecomunicazioni.

Dal 1996 è Vice Direttore Generale della RAI.

È autore di oltre cinquanta pubblicazioni di carattere tecnico, scientifico e didattico nei campi delle Telecomunicazioni, dei Sistemi di Comunicazione, della Formazione e dell'Economia gestionale. È stato inoltre promotore della Collana Scientifica Telettra che egli ha diretto per numerosi anni. In questa collana sono apparse numerose opere di valore scientifico e didattico.

Nella sua multiforme attività tecnica, scientifica ed organizzativa spiccano alcuni notevoli contributi dati da Guido Vannucchi nel settore delle Telecomunicazioni: il primo sistema coassiale transistorizzato in Europa; l'introduzione di ponti radio non convenzionali ("Injection Repeater") a bassissimo consumo; lo studio e la realizzazione del primo sistema per

The Faculty of Engineering has proposed to confer the Honoris Causa degree to Professor Guido Vannucchi with the following motivation:

Guido Vannucchi was born in 1933. In 1958, he graduated in Industrial Engineering from the University of Bologna. In 1963, he received his M.S. in Electrical Engineering from Stanford University. In 1971, he obtained the Italian degree of "Libera Docenza" in Electrical Communications.

Until 1969 he was first Assistant Professor and later Visiting Professor at the Bologna University. He held and still teaches numerous courses on different subject at the University of Bologna and the Politecnico di Milano, ranging from Telecommunications to Economics and Business Management.

In 1960, Guido Vannucchi was employed as a Laboratory designer by Telettra S.p.A. In 1970, he was appointed Director of the Transmission Lab. In 1982 he became Deputy General Director and appointed Chief Operating Officer of the company in 1984.

Since 1990, after Telettra S.p.A. was sold by the FIAT Group to ALCATEL, he becomes a strategic consultant to major national telecommunication companies.

He is Deputy General Director of RAI since July 1996.

He has written over fifty technical, scientific and general papers on telecommunication systems, television, educational problems and management economy. For many years, he promoted and directed a "Telettra Scientific



Gian Berto Guarise, Preside della Facoltà di Ingegneria, legge la delibera dell'Università di Padova relativa al conferimento della laurea Honoris Causa a Guido Vannucchi.



Da sinistra i neolaureati: lo psicologo Ira Posner, il filosofo Paul Ricoeur, l'economista Amartya Sen, lo scrittore Rigoni Stern; in piedi l'ingegnere Guido Vannucchi ascolta le motivazioni del conferimento della laurea Honoris Causa lette da Gian Berto Guarise.

Series" which published a group of scientific and educational books on telecommunication systems and technologies.

A number of remarkable contributions in the telecommunications industry are to be highlighted in his multifaceted technical, scientific and management activities: the first European transistorized coaxial system; the introduction of unconventional radio links ("Injection Repeater") with an extremely low power absorption; the study

and implementation of one of the early system for the joint use of analog and digital signals on the same carrier (CODAN); his guiding role in the study and pioneering implementation of the early microwave digital systems that turned Telettra into a forefront company in this field, and also the study of new digital modulation methods conducted in collaboration with the academic world.

la coesistenza di segnali analogici e digitali sulla stessa portante (CODAN); la guida dello studio, in collaborazione con le Università, dei nuovi metodi di modulazione numerica; la realizzazione, in anteprima mondiale, di sistemi numerici in ponte radio; traguardi che hanno portato la Telettra all'avanguardia nel settore delle trasmissioni.

Inoltre, alla fine degli anni Ottanta, Guido Vannucchi ha coordinato la prima realizzazione al mondo di un sistema di compressione numerica per segnali televisivi, metodo che è stato successivamente la base dell'attuale standard internazionale (MPEG). Infine ha attivamente promosso tutte le varie applicazioni impieganti i più avanzati sistemi di modulazione del tipo OFDM per la diffusione radiofonica di tipo numerico (DAB) e per la diffusione di televisione numerica su reti terrestri (DVB-T) e su doppino d'abbonato (ADSL), i primi due sistemi destinati anch'essi a diventare standard europei.

At the end of the eighties, Guido Vannucchi coordinated the first implementation in the world of a television digital compression system that later became the basis of the present international standard (MPEG). Finally, he had an active role in promoting applications with the most advanced OFDM modulation systems for Digital Audio Broadcasting (DAB) and for the diffusion of digital television on terrestrial networks (DVB-T) and twisted pairs (ADSL). The first two systems would later become European standards as well.

Tuttavia, uno dei maggiori meriti di Guido Vannucchi è il suo costante e convinto impegno nella cooperazione fra mondo industriale e mondo accademico, nella convinzione della fruttuosità di questa

Yet, one of the greatest merits of Guido Vannucchi has been his constant and firm commitment to the cooperation between industrial and academic world. He has always believed in the value of such cooperation for the

cooperazione ai fini della crescita del sapere in entrambi i mondi (anche come elemento fondamentale di sviluppo dell'industria italiana). Egli è sempre stato sostenitore dell'idea, di cui forse l'industria italiana non è stata sempre consapevole, che la conoscenza (il cosiddetto "know-how") costituisce il più importante capitale non solo di un'Università ma anche di un'industria.

Questo impegno ha portato ad un'attiva collaborazione fra la Telettra e le Università, in particolar modo quelle di Bologna, Padova e Pisa. Con la nostra Università - sia a livello didattico sia a livello scientifico - vi sono stati intensi scambi, come dimostrano le numerose convenzioni stipulate in passato. Molti docenti della nostra Facoltà, operanti soprattutto nei settori delle telecomunicazioni, dei campi elettromagnetici e dell'elettronica devono parte della loro competenza scientifico-tecnologica all'assidua frequentazione dei laboratori diretti all'epoca da Guido Vannucchi.

Una laurea Honoris Causa in Ingegneria delle Telecomunicazioni, conferita dal nostro ateneo, costituisce un significativo riconoscimento ad un uomo che molto ha dato allo sviluppo scientifico e tecnologico del Paese ed a cui molti di noi sono debitori di parte della loro cultura.

Delibera della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova del 16/12/1997

growth of knowledge in both worlds (also as a fundamental development driving force for the Italian industry). He has always supported the idea that knowledge, i.e. the know how, is the most important asset not only for the University but also for the Industry, a concept the Italian Industry may not always have been aware of. This commitment has translated into a collaborative effort between Telettra and the Universities, particularly those of Bologna, Padova and Pisa. Intensive exchanges took place with our University, both in teaching and



Certificato di laurea *in utroque iure*, datato 1659 (da una mostra sulla Storia dell'Università di Padova).

in research, as witnessed by the numerous agreements signed in the past. Many teachers of our Department, especially in the fields of telecommunications, electromagnetic fields and electronics, owe part of their scientific-technological competence to their frequently attending the laboratories that Guido Vannucchi led at the time.

A *Honoris Causa* degree in Telecommunications Engineering granted by our University constitutes a significant acknowledgment to a man who much has given to Italy's science and technology development and to whom many of us owe part of their culture.

REPUBBLICA ITALIANA

I Professor Giovanni Marchesini, Chair Professor of Systems Theory, Rector of the University of Padova, on the basis of the Resolution approved by the Faculty of Engineering on 12.12.1996 hereby grant a degree Honoris Causa in TELECOMMUNICATION ENGINEERING to

GUIDO VANNUCCHI

born in Bengasi (Lybia) on March 4th, 1933

for having rendered a major personal contribution to the progress of Telecommunications in Italy by promoting studies and innovations that

brought the Italian industry and research world to the highest international level; for having promoted, organized and led the team that first (1988) implemented modern television signal digital compression (a DCT method that is now part of the world standard for digital television); for having a fundamental role – as a researcher, organizer and teacher – in the collaboration between Italian Industries and Universities (particularly fruitful and long standing was the collaboration with the University of Padova) being a

role model for both sectors and showing that cultural commitment in the industrial innovation and research not only develops knowledge, enthusiasm and creativity in young people, but is also a long term, concrete economic investment.

With the approval of the Ministry of University and Scientific and Technological Research, as per note nr. 11290 of 16.12.1997 and art. 169 of the Single Act on University Education, approved through R.D. 31 August 1933, n. 1592,

I confer to

Guido Vannucchi a Honoris Causa degree in TELECOMMUNICATION ENGINEERING with full force and legal effect.

Padova, eleven of May 1998.

THE RECTOR, Giovanni Marchesini

THE DEAN OF THE FACULTY, Gian Berto Guarise

THE ADMINISTRATIVE DIRECTOR, Carlo Vidoni Guidoni.



Text of the parchment for the Honoris Causa degree to Guido Vannucchi.

REPUBBLICA ITALIANA

IN NOME DELLA LEGGE, NOI PROFESSORE GIOVANNI MARCIUSTINI, ORDINARIO DI TEORIA DEI SISTEMI, RETTORE DELL' UNIVERSITÀ DI PADOVA, VEDUTA LA DELIBERAZIONE DELLA FACOLTÀ DI INGEGNERIA DEL GIORNO 12 DICEMBRE 1998 DI CONFERIRE LA LAUREA AD HONOREM IN INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI A

GUIDO VANNUCCHI

NATO A BONGASI (UDINE) IL 4 MARZO 1935

PER AVER FORNITO UN CONTRIBUTO PERSONALE DETERMINANTE AL PROGRESSO DELLE TELECOMUNICAZIONI IN ITALIA, PROMUOVENDO STUDI E INNOVAZIONI CHE HANNO PORTATO L'INDUSTRIA E LA RICERCA ITALIANA AI PIÙ ALTI LIVELLI INTERNAZIONALI; PER AVER PROMOSSO, ORGANIZZATO E GUIDATO IL GRUPPO CHE PER PRIMO (1988) HA REALIZZATO LA MODERNA COMPRESIONE NUMERICA DEL SEGNALE TELEVISIVO (DCT), METODO CHE FA PARTE DELLO STANDARD MONDIALE DELLA TELEVISIONE NUMERICA; PER IL RUOLO FONDAMENTALE AVUTO - IN QUALITÀ DI RICERCATORE, ORGANIZZATORE E DOCENTE - NELLA COLLABORAZIONE FRA LE INDUSTRIE E LE UNIVERSITÀ ITALIANE (PARTICOLARMENTE FRUTTUOSA E DURATURA QUELLA CON L'UNIVERSITÀ DI PADOVA), COSTITUENDO IN TAL MODO UNA FIGURA BRILLANTE E DI RIFERIMENTO PER ENTRAMBI I SETTORI; PER AVER DIMOSTRATO CHE L'IMPEGNO CULTURALE DI BASE NELLA RICERCA ED INNOVAZIONE IN AMBITO INDUSTRIALE NON SOLO SVILUPPA NEI GIOVANI CONOSCENZE, ENTUSIASMO E CREATIVITÀ, MA COSTITUISCE UN CONCRETO E DURATURO INVESTIMENTO ECONOMICO. VEDUTA L'APPROVAZIONE DEL MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA, COMUNICATA CON NOTA N. 11290 DEL 16 DICEMBRE 1997; VISTO L'ART. 169 DEL T.U. DELLE LEGGI SULLA ISTRUZIONE SUPERIORE, APPROVATO CON R. D. 31 AGOSTO 1933, N. 1592

CONFERIAMO

A GUIDO VANNUCCHI LA LAUREA AD HONORUM IN INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI E GLI RILASCIAMO IL PRESENTE DIPLOMA A TUTTI GLI EFFETTI DI LEGGE, DATO A PADOVA, ADDÌ 11 OTT. MESE DI MAGGIO DELL'ANNO 1998.

IL RETTORE

IL PROFESSORE
DELLA FACOLTÀ



IL DIRETTORE
AMMINISTRATIVO



Diploma di laurea Honoris Causa conferito a Guido Vannucchi.

Lectio Magistralis

Verso la Società dell'Informazione e oltre "Towards and beyond the Information Society"

GUIDO VANNUCCHI

Ringrazio l'Ateneo di Padova, la sua Facoltà di Ingegneria, il Magnifico Rettore, tutto il Corpo Accademico e gli studenti di questa straordinaria Università per il riconoscimento che oggi mi viene conferito e sono onorato di riceverlo insieme a tante insigni personalità.

Credo di essere un po' in minoranza in questa occasione, in quanto mentre a coloro che mi hanno preceduto viene riconosciuto un eccezionale contributo di pensiero o di poesia, forse nel mio caso la motivazione è legata prevalentemente al contributo di azione.

La mia lunga carriera "operativa" è, infatti, riassumibile nel semplice concetto americano: *to make things happen*, cioè far sì che le cose si "realizzino", una caratteristica peraltro peculiare della professione di ingegnere. Di tale caratteristica sono anche debitore all'insegnamento di mio padre, alla cui memoria dedico questa giornata.

Trovo inoltre giusto condividere il riconoscimento odierno con le tante persone (molte delle quali qui presenti) che hanno contribuito alla realizzazione di risultati innovativi, in alcuni casi di un certo rilievo.

Le considerazioni che sto per esporvi sono relative all'ormai prossima Società dell'Informazione: più specificatamente mi soffermerò da un lato sui contributi dati dall'ingegneria delle telecomunicazioni alla creazione di tale Società e, dall'altro, sugli aspetti di opportunità e rischio di questa grande trasformazione che stiamo vivendo.

Vorrei osservare innanzi tutto che la prospettiva di una Società sempre più tecnologica e con una forte tendenza alla "virtualità" (in cui cioè spazio e tempo sono annullati nel modo di "corrispondere" tra i soggetti) non deve associarsi ad un euforico e conformista trionfalismo per le nuove tecnologie e sul loro impatto sulla Società, ma neppure portare ad una pregiudiziale diffidenza sul ruolo che esse potranno ricoprire con la loro carica innovativa. Deve piuttosto stimolare in ciascuno di noi una responsabile e critica presa di coscienza di tutti gli aspetti (positivi e negativi) di questa trasformazione - forse troppo rapida, in ogni caso inarrestabile - per poterla affrontare nel modo migliore.

Come premessa al richiamo sul percorso tecnologico che ha caratterizzato questa rivoluzione, credo sia

I would like to thank the Padova University, the Department of Engineering, the Rector, the entire Faculty and students of this extraordinary University for this acknowledgement that I am honoured to receive alongside so many renowned people.

I think I am quite an exception here, since while those who preceded me were acknowledged their outstanding thinking or poetry contribution, I guess in my case the reason mainly lies in my operating contribution.

My long "operating" career can be summarized with a simple American phrase: *to make things happen*, a peculiar feature of the engineering profession. I owe this characteristic to my father's teaching and I dedicate this day to his memory.



Guido Vannucchi durante la "Lectio Magistralis": *Verso la Società dell'Informazione e oltre.*

utile non dimenticare che il paradigma dell'epoca in cui viviamo è essenzialmente rappresentato dal binomio Scienza - Tecnologia. Disconoscere questa realtà (come capita purtroppo in Italia, ancora pervasa da una forte e malintesa cultura gentiliana) può portare a gravi distorsioni. La cultura, infatti, non può essere considerata contemporanea se non ha in sé la caratteristica che le consente di aprirsi ai valori delle scienze e delle tecnologie, così come una formazione scientifica non può ignorare il proprio fondamento umanistico.

A rappresentazione emblematica di questo preteso antagonismo, mi piace ricordare un documento dell'archivio di Guglielmo Marconi. Su una pagina del *Sogno di una notte di mezza estate* il giovane inventore sottolinea in rosso la frase che il folletto Puck pronuncia rivolto al re Oberon: «... e metterò una cintura intorno al mondo in quaranta minuti». Poi annota in fondo pagina: «... ed io ci metterò molto meno!».

Ciò che all'epoca di Shakespeare veniva ritenuta una magia, proprio con Marconi si appresta ad essere una realtà ampiamente superata dai moderni collegamenti radio: per mezzo delle onde elettromagnetiche ci si "sposta" virtualmente alla velocità della luce, riuscendo ad essere enormemente più rapidi del tempo "magico" fissato da Puck per fare il giro del mondo!

Il cammino verso la moderna Società dell'Informazione è stato reso possibile da una serie di "convergenze" tecnologiche tuttora in atto. Esse hanno interessato diverse discipline, ma non c'è dubbio che il ruolo di locomotiva è stato assunto dalla convergenza delle tecnologie di telecomunicazioni (TLC) con quelle di informatica (IT).

Il primo grande impulso in tale senso spetta all'introduzione, nei primi anni Sessanta, di un nuovo sistema di telecomunicazioni - il cosiddetto *PCM* (*Pulse Code Modulation*) - che adotta per la prima volta le tecniche numeriche (già in uso per i sistemi informatici) per la trasmissione di segnali telefonici su distanze di qualche chilometro in area urbana.

Nessuno, all'epoca, avrebbe potuto immaginare che questo sistema di trasmissione telefonica - nato per pure considerazioni di carattere economico, in forza della sua caratteristica di "moltiplicare" la capacità telefonica dei vecchi e disturbati doppini di rame - avesse in sé il germe di una profonda rivoluzione nella concezione di nuove sistemistiche per le reti di telecomunicazione.

Ed a questo proposito vorrei fermarmi un attimo su un primo insegnamento: le vere innovazioni (ed il PCM è certamente una di queste) hanno spesso potenzialità di sviluppo altamente superiori alle prime previsioni, confermando in ciò la tesi di Schumpeter dell'innovazione quale «distruzione-creatrice».

Bisogna però attendere più di un decennio per iniziare a parlare di trasmissioni numeriche dei segnali sulle lunghe distanze: infatti, mentre il costo delle trasmissioni analogiche andava fortemente riducendosi, la trasmissione in forma numerica sulle grandi distanze era ben lontana dall'essere competitiva.

Also, it is fair to share today's recognition with a number of people (some of them are also here today) who have contributed to the achievement of innovative and at times remarkable results.

What I am going to say relates to the coming Information Society: more specifically, I will dwell on one side on the contribution made by telecommunication engineering to the establishment of this Society, and on the other on the risks and opportunities that come with this great transformation we are going through.

First of all, let me say that an increasingly "technological" and "virtual" society (where space and time dimensions are canceled when subjects relate to each other) should not be associated to a euphoric and conventional triumphalism of the new technologies and their impact on Society nor imply a biased mistrust on the role they may play because of their innovative nature. It should rather stimulate in each of us a responsible and critical awareness of all aspects (positive and negative) of such transformation - perhaps too quick, unstoppable anyway - to deal with it in the best possible way.



Guido Vannucchi, primo a destra, partecipa ai lavori della Commissione XV del CCITT sui sistemi di trasmissione (Lisbona, 1967).

In recalling the technology pathway that characterizes this revolution, it is useful not to forget that the paradigm of our age is the binomial Science-Technology. Disregarding this reality (as unfortunately happens in Italy, still pervaded by a badly understood Gentilian culture) may lead to severe distortions. Culture, in fact, cannot be contemporary unless it manages to be open to science and technology values; likewise, no scientific education can ignore its own humanistic foundations.

To symbolically recall this alleged antagonism, I like to mention a document found in Guglielmo Marconi's archive. In *Midsummer night's dream* the young inventor marks in red the sentence «...and I will put a belt around the world in forty minutes» spoken by Elf Pulk to King Oberon. Then, he writes in a footnote: «...and it will take me much less!».

What was thought to be a spell in Shakespeare's times, with Marconi turns into reality through the modern radio connection: thanks to electromagnetic waves you virtually move at light speed, way faster than the magic time set by Puck to travel around the world!

The way towards the modern Information Society

PUBBLICAZIONI TECNICHE E SCIENTIFICHE DI GUIDO VANNUCCHI NEL CAMPO DELLE TELECOMUNICAZIONI

Design criteria for high frequency transistor networks
Telettra Technical Information Bulletin - maggio 1961.

Problemi generali ed aspetti particolari del dimensionamento degli equipaggiamenti di linea di sistemi coassiali transistorizzati
Atti dell'XI Congresso Internazionale per l'Elettronica - Roma, giugno 1964.

Modemodulatore allo stato solido per ponti radio a grande capacità
In collaborazione con G. Crippa, I. Merzi, E. Proni - Alta Frequenza - giugno 1966.

Equipaggiamento di linea per un sistema di trasmissione a 12+12 canali su cavo a coppie simmetriche
In collaborazione con M. Zanfi, A. Tavella, C. Delle Piane - Alta Frequenza - luglio 1966.

Problemi inerenti alla trasmissione su Ponte Radio di canali musicali a doppia modulazione di frequenza
In collaborazione con E. Proni - Atti del XIV Convegno Internazionale delle Telecomunicazioni - Genova, ottobre 1966.

Calcolo del rumore d'intermodulazione per distorsione variabile con la frequenza
In collaborazione con L. Bellato - Alta Frequenza - marzo 1967.

Alcuni problemi relativi agli oscillatori sincronizzati da segnali sinusoidali modulati angolarmente
Alta Frequenza - luglio 1967.

A new microwave repeater for FM radio-links
In collaborazione con P. Mastalli e S. Randi - Alta Frequenza, English issue - maggio 1968.

Effects produced by harmonics of the carrier in transmission systems using angle modulation
In collaborazione con G. Crippa - Alta Frequenza, English issue - maggio 1968.

Sulla sensibilità uditiva a piccole traslazioni in frequenza dello spettro di un segnale musicale
In collaborazione con V. Guanziroli e V. Monaco - Alta Frequenza - luglio 1968.

Multiplex a divisione di frequenza per la trasmissione di programmi musicali monofonici e stereofonici di alta qualità
In collaborazione con A. Cacchi, C. Delle Piane, S. Grimaldi e M. Zanfi - Alta Frequenza - ottobre 1968.

Impiego di portanti radio nella trasmissione di segnali PCM
In collaborazione con G. Crippa - Note Recensioni e Notizie - novembre 1968.

Espressioni generalizzate dei rumori di intermodulazione nei sistemi di trasmissione a modulazione di ampiezza ed a modulazione di frequenza
Alta Frequenza - dicembre 1968.

Calcolo dell'intermodulazione nei sistemi di trasmissione con diverse informazioni multicanale. Problemi di ottimizzazione
Alta Frequenza - marzo 1971.

Sistema radio per trasmissione digitale a media capacità operante nella gamma dei 13 GHz
In collaborazione con G. Crippa - Atti del XVIII Congresso Internazionale per l' Elettronica
Roma, marzo 1971.

Siamo agli inizi degli anni Settanta e all'Italia viene riconosciuto in campo internazionale un forte potenziale d'innovazione nel campo della *trasmissione* dei segnali di telecomunicazioni. Mi sembra doveroso accennare al ruolo pionieristico sostenuto nel campo industriale da Telettra, società dove ho trascorso gran parte della mia vita professionale. È alla cultura dell'innovazione, impressa all'azienda dal suo fondatore, ingegner Virgilio Floriani, che si devono gli importanti risultati conseguiti fin da allora ed anche i primi forti legami con le Università che li hanno resi possibili e duraturi.

Esisteva negli Atenei italiani, ed esiste tutt'oggi, uno stimolante potenziale di idee innovative, feconde di risultati soprattutto quando indirizzate alle applicazioni industriali. Proprio l'Università di Padova ha avuto un ruolo fondamentale di riferimento nell'interazione con Telettra e lo scambio di esperienze e conoscenze che ne è derivato è stato altamente e reciprocamente proficuo.

A metà degli anni Settanta si avviano in Telettra anche le prime realizzazioni per applicazioni telefo-

was made possible by a number of technical "convergence" that are still under way. They touched upon different disciplines even though the role of prime mover was the convergence between telecommunications and computer technology.

Back in the early sixties, a great drive came from the introduction of a new telecommunications system - the so called *PCM (Pulse Code Modulation)*. For the first time ever, digital techniques (already in use for computer systems) were adopted to transmit telephone signals over a few kilometers distance in the city areas.

At the time, no one could imagine that this system - that was created on the basis of purely economic grounds - thanks to its "*multiplying*" the telephone capacity on the old and noisy copper twisted pairs - contained the seed of a profound revolution in a new system concept for telecommunications networks.

To this end, I would like to dwell for a while on a prime teaching: any true innovation (as PCM certainly is) often has a much greater development potential than preliminary estimates, which confirms Shumpeter's theory of innovation as a «*creative-destruction*».

The application of a new type of microwave repeater to TV and TF transmission in remote areas
 Proceedings of the National Radio and Electronics Engineering - Melbourne, maggio 1971.

Considerazione sui metodi di ottimizzazione nei sistemi di trasmissione per informazioni numeriche. Applicazione alla trasmissione su portanti fisici
 In collaborazione con L. Bellato, A. Tavella - Alta Frequenza - settembre 1971.

Prospettive di sviluppo per la trasmissione numerica su portanti fisici
 In collaborazione con L. Bellato, A. Tavella - Atti del XIX Congresso Internazionale per l'Elettronica - Roma, marzo 1972.

Coexistence of analog and digital signals on the same transmission carrier
 Alta Frequenza - agosto 1972.

A method of data communication above the baseband of existing FDM long-haul coaxial systems
 In collaborazione con A. Tavella - Proceedings of the International Conference on Communications - Seattle, giugno 1973.

Unconventional 2 GHz Microwave repeater featuring a new approach to radio-link system design
 Proceedings of the IREE - dicembre 1973.

Problemi di trasmissione nella distribuzione di segnali televisivi via cavo in banda HF
 In collaborazione con M. Cichetti e L. Bellato - Atti del XXI Congresso Internazionale per l'Elettronica - Roma, marzo 1974.

Spectrally equivalent digital filters of a wide class of line encoders
 In collaborazione con G.F. Cariolaro - International Conference on Communications - San Francisco, giugno 1975.

Computer analysis of a digital repeatered line. Application to the design of a 140 Mbit/s regenerative system
 In collaborazione con L. Bellato e G. Cariolaro - International Conference on Communications - San Francisco, giugno 1975.

A 600 Km length data over voice system used in a 2.048 Mbit/s data link
 In collaborazione con G. De Camilli, A. Fortuna - Proceedings of the International Telecom Symposium - Atlanta, ottobre 1977.

Problemi di pianificazione di reti di telecomunicazione: impatto delle nuove tecnologie (satelliti, fibre ottiche)
 Rendiconti dell'83ª Riunione Annuale AEI - Bologna, settembre 1982.

Basic technologies for microwave digital radio relay systems: a management overview
 European Microwave Conference - Roma, settembre 1987.

A new frontier in image transmission: high definition television (HDTV)
 Special issue of Telettra Review - giugno 1990.

Synthesis of downsampling structures for video signal
 In collaborazione con G.F. Cariolaro e F. Molo - XXI IEE Communication Workshop - Rodi, giugno 1991.

La Rivoluzione della Televisione
 AEI, Automazione-Energia-Informazione - ottobre 1994.

La Radiotelevisione verso il 2000
 Alta Frequenza - settembre/ottobre 1995.

La Convergenza
 Alta Frequenza, Focus: "Il punto sulla multimedialità" - gennaio/febbraio 1998.

niche numerizzate su ponti radio e su cavi coassiali che rappresentano un ulteriore importante tassello del mosaico numerico delle telecomunicazioni che si andava sempre più componendo. Nasce da tale esigenza un'altra fondamentale occasione di studio e collaborazione scientifica con le Università: in particolare, con gli Atenei di Bologna e di Pisa, si indaga il campo di tutti i possibili sistemi di modulazione numerica e quello dei sistemi adattativi di equalizzazione.

Prosegue intanto a grandi passi, all'interno del settore delle telecomunicazioni, il cammino verso la prima grande convergenza, quella tra *trasmissione* e *commutazione*. È una confluenza di due diverse tecniche - quella elettronica ma analogica della *trasmissione* e quella elettromeccanica della *commutazione* - verso la comune tecnologia numerica. Tale tendenza è efficacemente sostenuta dall'utilizzo congiunto della componentistica *microelettronica* cui le due discipline possono attingere anche per merito dello sviluppo trascinante dell'*informatica*.

Cominciano ad apparire all'orizzonte il *satellite* e la *fibra ottica*: ambedue rappresentano innovazioni del

Over a decade was to elapse to apply numerical transmission over long distances: in fact, while the cost of analog transmission was being reduced, numerical transmission over long distances was far from being competitive.

It was the early seventies and Italy was internationally renowned for its strong innovation potential in the field of *transmission*. It is my duty to hint at the pioneering role played by Telettra in the industrial arena. Telettra is the company where I spent most of my professional life. The culture of innovation, conveyed to the company by its founder, Virgilio Floriani, led to its major achievements as well as to the early, strong bonds with Universities that made them possible and lasting.

The Italian Universities had, and still have, a challenging potential of innovative ideas, leading to practical results especially when addressed to industrial applications. The University of Padua had a fundamental role in the interaction with Telettra and the exchange of experience and knowledge that followed was highly and mutually profitable.

tutto rivoluzionarie per le trasmissioni a grande distanza ma, in particolare, la fibra ottica appare fin dall'inizio un mezzo nato per le trasmissioni in tecnica numerica.

È in questa stessa Aula Magna che *Charles Kao*, pioniere degli studi sulle fibre ottiche, ha ricevuto nell'ottobre 1996 la laurea *Honoris Causa* per i suoi meriti in tale campo.

Condizione determinante per l'avvio della Società multimediale rimaneva tuttavia la trasformazione in forma numerica di tutti i tipi di informazioni: a tale appuntamento mancava solo la trasformazione delle immagini *full motion* (cioè la televisione).

In quest'ultimo caso, la pura applicazione del teorema del campionamento di Shannon, a differenza dei segnali telefonici, portava infatti a velocità di trasmissione (*bit-rate*) così elevate che l'utilizzo della tecnica numerica appariva proibitiva rispetto alle soluzioni analogiche.

Poco oltre la metà degli anni Ottanta, la soluzione di tale problema nasce da una collaborazione RAI-Telettra: le tecniche di elaborazione numerica sono industrialmente applicate, per la prima volta, al segnale televisivo, attraverso l'impiego dell'algoritmo

In the mid seventies, Telettra launched the first digital telephone applications on radio links and coaxial cables, an essential step in the telecommunication digital mosaic that was under formation. This led to another key scientific collaboration and study effort with Universities. In particular, together with the Universities of Bologna and Pisa, digital modulations and equalization adaptive systems were thoroughly investigated.

In the telecommunication world, the way towards the first great convergence between *transmission* and *switching* went on very fast. Two different *techniques* - the electronic but analog *transmission*, and the electromechanical *switching* - headed for a common digital technology. This process was effectively supported by the joint use of *microelectronic* components and their fast development.

Satellites and *fiberoptics* start to emerge: both constitute revolutionary innovations for long distance transmission. In particular, fiberoptics look immediately as a means suited to digital transmission.

In this very Assembly Hall, Charles Kao, a pioneer in the area of fiber optics, received his *Honoris Causa* degree in October 1996 for his work in this field.

A decisive condition to launch the multimedia society was however the conversion into digital form of any kind of information: the last missing link was the digitalization of *full motion* images (i.e. television).

In this latter case, the pure application of Shannon's sampling theorem, unlike telephone signals, implied a so high transmission speed that digital technique seemed to be useless "vis-à-vis" analog transmission and broadcasting.

Right after the mid-eighties, the problem was solved by a RAI-Telettra collaboration effort: digital processing technique was industrially applied, for the first time, to the television signal thanks to the *DCT (Discrete Cosine Transform)* algorithm to reduce most of the intrinsic redundancy of the television signal.

This revolutionary innovation - *the signal compression* - saw the light and grew here in Italy, but it had to fight against the sharp reaction of other European proposals that were not in line with the most advanced technology solutions that digital processing allowed.

The outcome of television redundancy reduction is far superior than any expectation: with no significant image degradation, it is possible to achieve 20 to 80 fold *compression factors* (i.e. lowering the *transmission rate* required), with a consequent drastic reduction of the band employed.

With such compression factors, the high cost of long distance transmission is completely reversed: transmitting digital television signals is not only possible but more economical than analog signals by almost one order of magnitude.

The compressed television signal coding method proposed and industrially implemented by Telettra was very appreciated in the US and formed later the fundamental basis of an international compression coding standard for television signals (MPEG-2), universally employed now in the telecommunications, computer and consumer industry.

Every information (data, text, graphics, voice, sound, still and motion images) could eventually be processed

COLLANA SCIENTIFICA TELETTRA

Guido Vannucchi ha diretto la "Collana Scientifica Telettra" che ha prodotto i seguenti volumi:

Sezione "Sistemi di Telecomunicazioni"

G.F. Cariolaro - A. Molinari: *Elaborazione numerica dei segnali*. Patron Editore, Bologna 1979, pp. 340.

M. Boari: *Tecniche di programmazione: programmazione concorrente*. Patron Editore, Bologna 1979, pp. 102.

L. Calandrino - G. Immovilli: *Sistemi di modulazione per trasmissioni numeriche*. Patron Editore, Bologna 1983, pp. 212.

M. Montanari - S. Pupolin: *Sistemi di trasmissione a spettro espanso*. Patron Editore, Bologna 1987, pp.184.

M. Mengali - L.F. Mojoli: *Propagation in line of sight radio links*.

Vol.I - Visibility, Reflections, Blackout - pp.102;

Vol.II - Multipath fading - pp.167;

Artegrafica Penati, Vimercate (Milano) 1985.

G. Bianconi - L. Calandrino: *Adaptive baseband equalization in digital radio links*. TecnoPrint, Bologna 1985, pp. 129.

Sezione "Fisica e Tecnologia"

F. Fantini - B. Riccò: *Prospettive della superintegrazione*. Patron Editore, Bologna 1979, pp. 78.

G. Baccarani: *Dispositivi MOS*. Patron Editore, Bologna 1982, pp. 160.

Autori vari: *Ottica integrata e microottica*.

Vol.I - pp. 106; Vol.II - pp. 197. Patron Editore, Bologna 1982.

E. De Castro: *Teoria dei dispositivi a semiconduttori. Un'introduzione fenomenologica*. Patron Editore, Bologna 1983, pp. 372.

B. Riccò - F. Fantini: *Memorie a Semiconduttori*. Patron Editore, Bologna 1987, pp. 180.

DCT (Discrete Cosine Transform) adatto a ridurre la parte maggiore dell'intrinseca *ridondanza* di tale segnale.

Questa rivoluzionaria innovazione in campo televisivo - la *compressione* del segnale - nasce e si rafforza totalmente in Italia, ma deve combattere contro la fortissima reazione di altre proposte europee non al passo, ormai, con le più avanzate soluzioni tecnologiche rese possibili dall'impiego delle tecniche numeriche.

I risultati della riduzione di ridondanza televisiva sono superiori ad ogni attesa: senza degradazione significativa dell'immagine è possibile arrivare a *fattori di compressione* (ossia di riduzione della *velocità di trasmissione* necessaria) da 20 ad 80 volte con una conseguente drastica riduzione della banda impiegata.

Con fattori di compressione di tale entità, l'alto costo di trasmissione dei segnali televisivi numerizzati sulle grandi distanze si sovrverte completamente: diffondere segnali televisivi numerizzati non solo è possibile ma diviene più economico di quasi un ordine di grandezza rispetto ai corrispondenti segnali analogici.

Il metodo allora proposto di codifica e compressione del segnale televisivo, realizzato in forma industriale in Telettra, fu molto apprezzato negli Stati Uniti e costituì più tardi la base fondamentale di uno standard internazionale di codifica dei segnali televisivi (MPEG-2), oggi adottato universalmente nel mondo delle telecomunicazioni, dell'informatica e del settore "consumer".

Con la televisione, tutti i tipi di informazione (dati, testi, grafici, voce, suoni, immagini fisse ed in movimento) potevano essere finalmente trattati e



Guido Vannucchi, al centro della foto, presenta al Ministro inglese delle Telecomunicazioni, John Butcher, la linea di produzione dei ponti radio della Telettra (Vimercate, 1987).

trasmessi mediante l'uso di una comune matrice numerica basata sul "bit", attraverso cioè la semplice identificazione della presenza o meno di un impulso.

Intanto i grandi progressi dell'informatica avevano portato all'introduzione di sistemi informativi distribuiti, in particolare attraverso la rivoluzione introdotta dai "Personal Computer" - sempre più sofisticati ma anche sempre più compatti ed economici - e con possibilità di collegamento alla rete telefonica.

La tecnica della trasmissione di segnali numerici per *pacchetti di bit*, già sviluppata per ottimizzare l'uso delle reti di telecomunicazione, è stata un altro anello fondamentale per la realizzazione delle reti multime-

TESTI DI GUIDO VANNUCCHI PER CORSI UNIVERSITARI

Aspetti generali dei sistemi di trasmissione

Dispense per il corso di "Impianti Speciali Radio" tenuto all'Università di Bologna negli anni accademici 1967 e 1968.

Reti di Telecomunicazioni

Dispense per il corso di "Reti di Telecomunicazioni" tenuto all'Università di Bologna negli anni 1975 e 1976.

Economia delle Telecomunicazioni

Dispense per il corso di "Economia delle Telecomunicazioni" tenuto all'Università di Bologna dal 1984 al 1987.

Economia e Organizzazione Aziendale

Volume in via di pubblicazione per il corso di "Economia e Organizzazione Aziendale" tenuto al Politecnico di Milano dal 1990 al 1998.

and transmitted by means of a *bit* based common digital method, i.e. through the simple identification or not of a pulse.

Meanwhile, computer science introduced distributed systems, with the revolution of Personal Computers, increasingly sophisticated, small and cheap - and the capability to be easily

connected to the telephone network. *Bit packet* transmission, originally developed to enhance telecommunication networks, was another essential step towards multimedia networks of which the Internet is, without a shade of a doubt, its fundamental paradigm. The final paramount step came with the *IP communication protocol*, making the network extremely efficient and flexible and allowing computer based on different platforms to communicate with each other.

The core technology base for the future Information Society was ready: still today, it is difficult

to say whether the *steam engine* of modern society has been the *transistor* (1948), the *microprocessor* (1971) or the *Personal Computer* (1984).

We come now to the recent years, characterized by a marked acceleration of convergences and a quick transformation of the "horizon". It is a far-reaching phenomenon that, starting from the convergence between telecommunication and computer science, gradually extends to the transport infrastructures (no longer different for the various types of information), to the various media (radio, television, Internet) and - most importantly in macroeconomic terms - to the markets that are close to

CONTRIBUTI DI GUIDO VANNUCCHI SU ARGOMENTI DI CARATTERE GENERALE NEL CAMPO DELL'INNOVAZIONE E DELLA FORMAZIONE

Evoluzione delle tecnologie nelle Telecomunicazioni e loro influenza sulle esportazioni italiane nel settore
Atti del Convegno IMI - Roma, novembre 1977.

Reti di comunicazione numeriche: un contributo dell'industria di Telecomunicazioni allo sviluppo della telematica
Poste e Telecomunicazioni, n.7/8 - luglio /agosto 1981.

Il valore della ricerca nell'evoluzione delle imprese e della società
L'Elettrotecnica - novembre 1983.

Le nuove esigenze professionali ed i loro riflessi sulla laurea in ingegneria elettronica: il punto di vista dell'industria
In collaborazione con altri autori
L'Elettrotecnica - agosto 1984.

Esperienze e prospettive di innovazione
Atti del Convegno "Tecno-logiche" IRIO - Milano, novembre 1984.

La figura e l'opera di Ercole De Castro: i rapporti col mondo Industriale
Volume "Ercole De Castro: scritti scelti"
Bologna, dicembre 1985.

Ricerca Industriale. Quale futuro?
L'Elettrotecnica - aprile 1986.

Ricerca ed innovazione per la società post industriale
Monografia AEI- giugno 1986.

Dal CAD al CIM: sfide ed opportunità
L'Elettrotecnica - febbraio 1987.

Ricerca universitaria e ricerca industriale nella nuova fase di sviluppo
Il Saggiatore - maggio/giugno 1987.

Riforma degli studi di ingegneria: il punto di vista dell'industria nel settore dell' Ingegneria dell'Informazione
In collaborazione con altri autori
L'Elettrotecnica - agosto 1988.

La confluenza dell'Informatica e delle Telecomunicazioni attraverso l'asse portante della tecnologia microelettronica
In collaborazione con altri autori
L'Elettrotecnica - dicembre 1989.

Quali ostacoli all'integrazione dei sistemi automatici
In collaborazione con G. Stacchiotti
Tecniche dell'automazione e Robotica - marzo 1990.

Per una politica degli usi produttivi della tecnologia in Italia
In collaborazione con altri autori
Monografia dell'Università Bocconi - febbraio 1992.

The new cultural dimension of the engineer and the training of the trainers as a related problem
Atti del Convegno "Professional continuing education in Europe" - Villa Vigoni - Menaggio, settembre 1992.

La formazione dei quadri intermedi e le esigenze industriali di oggi e domani
In collaborazione con altri autori
AEI, Automazione-Energia-Informazione - novembre 1993.

Problemi della formazione nel campo dell'Ingegneria a confronto con la realtà industriale
AEI, Automazione-Energia-Informazione - aprile 1994.

Teledidattica: tutto chiaro o tutto da ripensare ?
AEI, Automazione-Energia-Informazione - giugno 1994.

Formazione Universitaria e Formazione professionale post-universitaria
AEI, Automazione-Energia-Informazione - aprile 1995.

Le condizioni della convergenza e lo sviluppo delle infrastrutture
Atti del Convegno ISIMM: "Il sistema delle Comunicazioni in Italia: regole per lo sviluppo"
Roma, dicembre 1995.

La formazione degli Ingegneri nel settore dell'Ingegneria dell'Informazione: Corsi di Laurea e Diplomi - Nuove forme di didattica
In collaborazione con G.B. Stracca
Alta Frequenza - settembre/ottobre 1996.

Verso la Società dell'Informazione: opportunità e rischi
Notiziario Tecnico Telecom Italia - dicembre 1997.

Multimedialità interattiva per i cittadini
Rivista I&S - dicembre 1997.

diali di cui Internet è, senza dubbio, il fondamentale paradigma. L'ultimo importantissimo anello veniva posto con l'introduzione del *protocollo di comunicazione IP* che ha reso estremamente efficiente e flessibile la rete stessa, consentendo per di più le comunicazioni tra computer con sistemi informativi diversi.

È pronta così la base tecnologica fondamentale per la futura Società dell'Informazione: è difficile ancora oggi dire se la "macchina a vapore" della moderna Società sia stata il *transistor* (1948), il *microprocessore* (1971) oppure il *Personal Computer* (1984).

merging into one universal virtual market capable of changing our daily life.

Digital technology and television compression is multiplying the number of media through which television signals can be transmitted: *terrestrial broadcasting, satellite, coaxial cable, twisted pair, fiberoptics*. With respect to the analog technology, a valuable and limited resource, the *frequency spectrum*, is now used much better. The intensive, in-depth research on new and impressive modulation methods (such as OFDM), to which professors Cariolaro and Pupolin of this University

Siamo ormai giunti a questi ultimi anni, caratterizzati da un'intensa accelerazione delle convergenze, ma anche da una rapida trasformazione di "orizzonti". È un imponente fenomeno che - a partire dalla convergenza di telecomunicazione e informatica - via via si estende, in virtù della comune base numerica dei segnali, alle infrastrutture di *trasporto* dei segnali (non più differenziate per le diverse informazioni), ai diversi tipi di *media* (radio, televisione, Internet) e - quel che più conta dal punto di vista macroeconomico - ai *mercati* prossimi a trasformarsi in un unico mercato virtuale universale in grado di modificare la nostra vita di ogni giorno.

La numerizzazione e compressione della televisione sta moltiplicando il numero di mezzi attraverso cui i segnali possono essere diffusi con questa tecnica: *broadcasting terrestre, satellite, cavo coassiale, doppino di rame, fibra ottica*. In tutti questi casi si ha oggi un migliore utilizzo, rispetto al caso analogico, di quella risorsa preziosa e scarsa costituita dallo *spettro di frequenza*. L'approfondimento e lo studio di nuovi e straordinari metodi di modulazione (quali ad esempio l'OFDM) - cui hanno contribuito in modo significativo dal punto di vista teorico i Professori Cariolaro e Pupolin di questa Università - aprono la strada a nuove applicazioni industriali con un elevato livello di conoscenza (*know how*) presente in Italia.

Siamo oggi di fronte ad un processo in cui il "contenuto", ossia il *software* - sia esso programma televisivo o *software* propriamente detto - non può essere scisso dalla componente tecnologica e dall'economia di mercato: in particolare esso serve a trasformare soluzioni tecnologiche in applicazioni che ne costituiscono il vero *driver*.

Le previsioni macroeconomiche configurano tra qualche anno un mercato di dimensioni enormi, ad alto potenziale di crescita soprattutto nell'area della multimedialità interattiva *on line* di tipo personalizzato.

Proprio per questo in RAI stiamo oggi affrontando progetti importanti che sposteranno l'asse d'interesse della Società da puro *broadcaster* diffusivo a protagonista della Società multimediale.

La "visione" tecnologica che si preannuncia per il futuro è ormai chiaramente delineata. In particolare il panorama atteso può così essere sintetizzato:

- *convergenza delle reti di telecomunicazioni fisse e mobili* in un unico grande sistema integrato ed universale potenzialmente aperto a connettere tutti gli individui del mondo;
- *reti fotoniche* in fibra ottica per le lunghe distanze che sempre più garantiranno il traguardo delle "autostrade dell'informazione" con un abbattimento di alcuni ordini di grandezza del costo del "bit" trasmesso e con una potenzialità di sostanziale cambiamento dei criteri tariffari (in particolare indipendenza dalla distanza), obiettivi ambedue indispensabili per l'uso personalizzato di informazioni a larga banda *anywhere and anytime*;
- *Personal Computer* con capacità di comprensione e risposta ai comandi vocali e connessi in rete dove risiederanno in grandi *server* i "pacchetti software" per facilitarne l'aggiornamento;

have deeply contributed, is paving the way to new industrial applications with a marked Italian know-how.

We are now facing a process where the content (i.e. software - be it a television program or software proper) cannot be separated from the technology component and market economy: in particular, it acts to turn technology solutions into applications, which are the true driver.



Guido Vannucchi (primo da destra) illustra al Principe Carlo d'Inghilterra un dispositivo innovativo sviluppato dalla Telettra. Al centro Raffaele Palieri, Amministratore Delegato della Telettra (Londra, 1989).

According to macroeconomic estimates, the market will become huge in few years, with a high growth potential, especially in the area of customized on line interactive multimedia.

For this precise reason, at RAI we are working on major projects that will shift the company's role from a pure *broadcaster* to an actor in the multimedia society.

The technological vision of the future is now clearly outlined. In particular, future prospects can be summarized as follows:

- *convergence of fixed and mobile telecommunications networks* into a single integrated and universal system, potentially open to connect all people all over the world;
- long distance fiberoptics *photon networks* to accommodate the *information superhighways* with a sharp reduction of the cost of each transmitted bit and the consequent modification of tariffs (no longer distance-based): both are essential goals to allow a personalized use of broadband information *anywhere and anytime*;
- networked *Personal Computer* - capable of understanding and reacting to voice commands - with "software packages" residing in the network for an easy updating;

- *alta sicurezza delle informazioni trasmesse* e possibilità, attraverso la cosiddetta "firma elettronica", di realizzare per via informatica transazioni e contratti riservati e sicuri;
- progressiva *estensione delle realtà virtuali* che - tenendo in conto i progressi dell'olografia tridimensionale e dei sensori - porterà sempre più verso presenze virtuali (ma sempre più apparentemente "reali") dei soggetti con cui si corrisponde, annullando ogni barriera di spazio e di tempo.

I percorsi tecnologici menzionati e molti altri ancora saranno resi possibili anche dall'accelerazione degli "standard" (*de facto* o *de iure*) a livello universale: la vecchia idea degli informatici a favore di *standard proprietari* è ormai definitivamente dimenticata.

Se la *visione tecnologica* della futura società dell'informazione è abbastanza facile da delineare, non lo è con altrettanta sicurezza la *visione applicativa e sociale*.

La possibilità offerta a tutti di comunicare con tutti - in qualunque momento ed a qualsiasi distanza - dovrebbe favorire il sorgere di comunità virtuali, enfatizzando fattori di convergenza anziché di divergenza. In ogni caso, la comunicazione e l'accesso alle informazioni altamente facilitato possono diventare fattori strutturanti di nuove comunità organizzative e fornire opportunità senza precedenti per innovare la struttura delle città, i suoi servizi pubblici, le relazioni sociali, la sanità, gli scambi economici e commerciali; per migliorare la ricerca scientifica; per facilitare la conservazione e la produzione del sapere, incrementando le potenzialità degli individui.

Di questa immensa classe di servizi è prematuro dire quali avranno maggior successo: lo dovrà dimostrare l'esperienza anche perché la necessità di un adattamento alle diverse culture nazionali e religiose limiterà comunque un'immediata estensione universale di tali applicazioni.

Non tutti naturalmente interpretano in modo positivo questi progressi della tecnologia e le conseguenze applicative e di costume che da esse possono derivare: non pochi (ed io sono tra questi) esprimono prudenza per alcune possibili distorsioni nell'uso di queste potenzialità tecnologiche.

Ad esempio, per *Neil Postman*, standardizzazione, spersonalizzazione e quantificazione rappresentano il segno di una crisi profonda, di una resa della cultura alle tecnologie e della vittoria dell'efficienza, valore a cui, sempre secondo Postman, si assegna un'ingiustificata valenza positiva.

Diversa è l'opinione di un altro studioso, *James Beniger*; per il quale queste innovazioni tecniche ed organizzative, rese possibili dalla tecnologia, sono il modo di ripristinare il *controllo* dei sistemi, in assenza del quale si ha disorganizzazione ed aumento di entropia.

Non vi è dubbio tuttavia che il bombardamento di informazioni cui siamo soggetti preoccupa fortemente: ancora per Postman l'eccesso di comunicazioni indiscriminate crea inondazione di informazioni, crisi di autorità e delle istituzioni di controllo, perdita della cultura e dei valori della nostra Società.

- *high security of transmitted information* and possibility, through the so called *electronic signature*, to do transactions and sign contracts in a confidential and safe fashion;
- progressive *extension of virtual reality* - in the light of 3D holography and sensor technology advancement - with an increasing virtual dialogue with one's counterparts (more *real* than ever), thus taking down space and time barriers.

The above mentioned technologies and many others will also become possible thanks to the acceleration of universal "standards" (*de facto* or *de iure*): the old idea of computer people to have *proprietary standard* is finally over.

MONOGRAFIE DI GUIDO VANNUCCHI NEL CAMPO DELLE TELECOMUNICAZIONI E DELLA TELEVISIONE

Sguardo panoramico sui problemi connessi alla televisione a colori:

Parte 1^a Cenni di colorimetria e sistemi fondamentali di televisione a colori.

Parte 2^a Aspetti tecnici dei moderni sistemi di televisione a colori NTSC e SECAM.

Parte 3^a Problemi relativi alla trasmissione di segnali televisivi a colori sui ponti radio.

Parte 4^a Strumenti ed apparati di misura per la televisione a colori.

Pubblicazione Telettra - settembre 1962.

An introduction to PCM systems

In collaborazione con A. Vecchi - Pubblicazione Telettra di carattere monografico - settembre 1974.

Trends of cable digital transmission over medium and long distances

In collaborazione con A. Vecchi - Pubblicazione Telettra di carattere monografico - settembre 1974.

Digital radio transmission fundamentals

In collaborazione con P. Antoniucci - Pubblicazione Telettra di carattere monografico - febbraio 1975.

While the *technology vision* of the future information society is relatively easy to outline, the *application and social vision* is not so sure, at least not to the same extent.

Since everybody can communicate with everybody, virtual communities should be more easily created, emphasizing convergence rather than divergence factors. At any rate, communication and access to information may become factors giving shape to new organizational communities: this evolution can provide unprecedented opportunities to innovate the structure of the cities, public services, social relations, health care, economic and commercial trade; to improve scientific research and, more generally, to facilitate the preservation and generation of know-how by which the individual's potential will be enhanced and increased.

It is just too early to say which services will be most successful: experience and adaptation to the national



Giovanni Agnelli visita lo stabilimento della Telettra di Vimercate accompagnato da Guido Vannucchi e da Raffaele Palieri, Amministratore Delegato della Telettra (1989).

Come le opinioni riportate sopra confermano, siamo di fronte a due visioni del tutto contrapposte sulla nascente Società dell'Informazione:

- da un lato essa può essere vista come un mezzo potente, un'opportunità ed una strada aperta all'elaborazione della conoscenza che permette forti capacità di adattamento e nuove creatività (singole e collettive);
- dall'altro si può considerare che tale Società sia apportatrice di germi pericolosi e dubbi esistenziali quali: virtualizzazione di tutta la realtà per eccessiva dipendenza dal computer; vulnerabilità (*black-out*) di questi sistemi complessi e diversificati; possibilità di naufragare in un oceano di troppe informazioni; pericolo di controllo indebito sugli individui; preoccupazione reale di disoccupazione; epidemie di imprese non sempre in grado di adattarsi alle nuove tecnologie (una sorta cioè di nuovo analfabetismo per l'incapacità di superare la *barriera informatica*) ed infine *angoscia* di dover convivere con cicli tecnologici di trasformazione sempre più rapidi.

Concludendo: nonostante questo lungo elenco di rischi e di timori si può intuire, dal quadro qui brevemente tracciato, come ci troviamo di fronte ad una delle più significative conquiste umane che deve però essere indirizzata a schiudere nuovi positivi orizzonti.

Ma poiché i "contenuti" devono essere integrati con le tecnologie di elaborazione e di trasporto, non vi è solo da abbattere lo steccato Scienza-Tecnologia, ma anche quello tra Scienza e Cultura umanistico-filosofica.

C'è una frase di *Galileo Galilei* che campeggia nell'Aula Magna del Consiglio Nazionale delle Ricerche a Roma: «*La luce della scienza io cerco ed il beneficio*». Occorre ricordare queste parole nell'accompagnare l'umanità dall'era dell'informazione in cui stiamo entrando al recupero di quella della conoscenza e della saggezza che dovrebbero rappresentare le nostre future mete.

È una gradinata di cui oggi ci apprestiamo a salire il primo gradino, necessario - ma solo strumentale - per raggiungere l'obiettivo finale.

Grazie per l'attenzione.

and religious cultures will be the key, even though this will limit their universal scope.

Not all interpret positively the progress of technology and the consequent application or lifestyle changes that will be generated; many people are at least fearful (and I am one of them) of the possible distortions in the use of such technological potential.

For instance, *Neil Postman* believes that standardization, generalization and quantification underlie a profound crisis, a surrender of culture to technology and the victory of efficiency, a value that, according to Postman, is attached with an unjustified positive connotation.

James Beninger, another scholar, has a different opinion. He thinks that the technical and organizational innovations that come with technology are a way to restore a *control* on the systems, without which entropy will increase and disorganization will exist.

However, the information flooding over us all is of great concern: Postman states that too much indiscriminate communication creates a flood of information, a crisis of the authorities and control institutions, a loss of culture and of the values of our society.

As the above reported opinions show, we are facing two totally opposite views of the rising Information Society:

- on one hand, the Information Society can be seen as a powerful means, an opportunity and a way open to knowledge processing that allows a marked adaptation skill and new creativity patterns (individual and collective);
- on the other hand, this Society may bring with it dangerous seed and existential doubts such as: virtualization of reality due to an excessive computer dependency; vulnerability (*black out*) of complex and diversified systems; risk to sink into an ocean of too much information; danger of undue control on individuals; real concern for unemployment, with an epidemic of businesses that cannot adapt themselves to the new technologies (a sort of new illiteracy due to the inability to overcome the *computer barrier*) and, finally, the *anxiety* to be forced to live with faster and faster technology transformation cycles.

In conclusion: despite this long list of risks and fears, it can be seen, from my brief picture, that we are now facing one of the most important human conquests that is necessary to channel towards new and positive horizons.

Since the contents should be integrated with processing and transport technologies, we should not only bring down the Science-Technology barrier, but also the Science and Philosophical Classical Culture gap.

There is a sentence by *Galileo Galilei* in the middle of the Assembly Hall of the National Research Council in Rome: «*I look for the light of science and the benefit*». These words should stay in our minds in accompanying mankind from the age of information we are just entering into, to the recovery of knowledge and wisdom, our most desirable future goal. This is a staircase and we are just climbing the first step, a necessary though just instrumental action, to realize our ultimate goal.

Thank you for your attention.

CONFERENZE PIÙ SIGNIFICATIVE DI GUIDO VANNUCCHI

Present status and new development in radio field
Convegno PMG australiano - Melbourne, luglio 1969.

Microelettronica e Telecomunicazioni
Convegno ISHM: "Tecnologie per la microelettronica degli anni '90" - Roma, aprile 1981.

Sistemi di trasmissione in fibra ottica: uno sguardo panoramico allo stato dell'arte delle applicazioni industriali
Università di Bologna, aprile 1982.

Sistemi per fibra ottica: applicazioni attuali e prospettive
Giornata internazionale dell'Elettronica Professionale e delle Telecomunicazioni - Politecnico di Madrid, ottobre 1982.

Present and future development of long distance digital system
Congresso Internazionale delle Telecomunicazioni - Buenos Aires, giugno 1983.

Il valore della ricerca nell'evoluzione delle imprese e della società
AEI - Milano, aprile 1983.
Università di Roma, giugno 1983.
Università di Padova, dicembre 1983.

Presente e futuro delle TLC
Convegno PTT Jugoslavo - Spalato, settembre 1984.

Ricerca Industriale. Quale futuro ?
AEI - Milano, marzo 1985.
AEI - Torino, luglio 1985.

Presenza italiana sui mercati mondiali: i sistemi in ponte radio
In collaborazione con G. Scanavacca
ISPT - Roma, giugno 1985.

Ricerca e innovazione per la società post industriale
Università di Ancona, maggio 1986.

Ricerca universitaria e ricerca industriale nella nuova fase di sviluppo
Congresso della Società Italiana di Fisica, Padova, ottobre 1986.

Telecomunicazioni oggi: sguardo d'insieme e aspetti particolari dello sviluppo tecnologico
Università di Pisa, dicembre 1986.

Dal CAD al CIM: sfide e opportunità
Università di Roma, febbraio 1987.

La Ricerca quale fattore strategico nelle Telecomunicazioni
Politecnico di Torino, aprile 1987.

La robotica ed i nuovi circuiti neuronali
Convegno ESSDERC '87 - Bologna, settembre 1987.

Esperienze di automazione in una ditta di Telecomunicazioni
Seminario BIAS: "Automazione: una scelta per lo sviluppo"
Milano, ottobre 1987.

The business philosophy behind CIM
Convegno A.M.S. - Genova, febbraio 1988.

Microelectronics: a major cross-fertilization ground for TLC and Informatics
Symposium on "Labour organization and the future of post industrializing society" - Università degli Studi di Milano, aprile 1988.

Innovazione tecnologica e promozione umana
ASDA Bocconi - Milano, aprile 1988.

Evoluzione delle tecnologie di base e dei sistemi di TLC
Convegno sulle Telecomunicazioni - Buenos Aires, giugno 1988.

Alcuni fattori critici nell'attuazione della fabbrica automatica
Convegno AMS Europe '89 - Genova, febbraio 1989.

La confluenza dell'Informatica e delle Telecomunicazioni attraverso l'asse portante della tecnologia microelettronica
AEI - Milano, aprile 1989.
Università di Parma, maggio 1989.

Il ruolo dell'automazione industriale nell'innovazione tecnologica dei processi e prodotti per Telecomunicazioni
Politecnico di Milano, maggio 1989.

La formazione universitaria nell'Europa Integrata
Convegno IEEE, Sezione Nord-Italia - Bologna, giugno 1989.

Luci ed ombre per l'ingegnere italiano nell'industria. Considerazioni per una formazione più efficace
Convegno ICOS - Milano, gennaio 1990.

Nuove figure professionali nell'Ingegneria delle Telecomunicazioni
Convegno A.I.I.T. - Roma, marzo 1990.

Aspetti storici, economici, sociali e scientifici della tecnologia dell'informazione
Università di Pisa, marzo 1990.

L'evoluzione delle Telecomunicazioni ed il ruolo dell'ingegnere
Politecnico di Milano, marzo 1990.

L'ingegnere e le nuove figure professionali per l'industria europea del mercato unico
AEI - Milano, aprile 1990.
Università di Bologna, maggio 1990.

Technological trends towards global competition
IEMT International "Electronic Manufacturing Technology" Symposium - Baveno, maggio 1990.

I sistemi trasmissivi nell'evoluzione delle reti di telecomunicazione

Convegno Reseau: "Le TLC tra competizione e alleanze" - Venezia, maggio 1990.

Giappone, sfide ed opportunità: come difendersi, trattare e collaborare con i giapponesi

ASDA Bocconi - Milano, giugno 1990.

Riesgos y oportunidades del mercado interior: estrategias empresariales

Convegno Eurotelecom - Madrid, giugno 1990.

El papel de los sistemas de transmision en la evolucion de las redes de telecomunicaciones

Congresso "Las TLC en la decada de los Noventa" UIMP - Santander, settembre 1990.

La domanda del mondo delle TLC - Ingegnere ieri, oggi, domani

Convegno Fondazione Bordini - Roma, gennaio 1991.

The Integration of Electrical and Information Engineers within Europe: an Industrial perspective

Convegno EAEEIE - Rimini, giugno 1991.

Total quality management in TLC manufacturing Companies: myths and realities

"EMTG Total Quality". Seminario Organizzato da British Telecom-Milton Keynes, giugno 1991.

Estrategia de la industria de Telecomunicaciones. Nueva escenarios: amenazas y oportunidades

Congresso "Las Telecomunicacione despues del '92" UIMP - Santander, settembre 1991.

Scelte strategiche e filosofie di gestione aziendale

Collegio Borromeo - Pavia, maggio 1992
AEI - Trieste, novembre 1992.

Gli aspetti storici, economici e scientifici delle telecomunicazioni

Università di Padova, maggio 1992.

Scenario evolutivo e sfide per l'industria delle TLC nelle prospettive del Mercato Comune Europeo

Istituto Europeo PT - Roma, maggio 1992.

La formazione di laureati e diplomati in ingegneria

Convegno ANIPLA: "Rapporti tra Università e Industria" - Milano, ottobre 1992.

La rivoluzione numerica della radiodiffusione

Politecnico di Milano, novembre 1993.

Estrategias de introduccion de la television avanzada

Convegno "Television avanzada" - Valencia, giugno 1994.

Comunicazione e Informazione: il ruolo dell' Authority

"Panel FTI" - Roma, settembre 1994.

Radio Broadcasting for the years 2000

Convegno FITCE - Bologna, settembre 1995.

Autostrade dell'Informazione in Italia: quale via verso le nuove infrastrutture e i nuovi servizi?

"Panel FTI" - Milano, novembre 1995.

Scenari Multimediali: servizi e prospettive per il mercato globale

Osservatorio EITO, SMAU - Milano, marzo 1996.

L'evoluzione delle reti: storia ed insegnamenti

Convegno "Milano e i milanesi verso la multimedialità", AIM - Milano, giugno 1996.

The new frontier of Radio and Television in the Multimedia Era

Celebrazione Centenario di Marconi: "The Heritage of Marconi's Invention & the Future of Telecommunication", Columbia University - New York, dicembre 1996.

Le nuove tecnologie di comunicazione e la nuova televisione

Nuovo Collegio Romano - Pavia, aprile 1997.

TV e Internet: sarà incontro o scontro?

Conferenza SYSTEC - Milano, giugno 1997.

Tecnologia e nuovi diritti dell'audiovisivo

Seminario SACIS - Sorrento, ottobre 1997.

La Società dell'Informazione e le nuove culture

"Le comunità virtuali e i saperi umanistici: una cultura per il nuovo millennio"

Convegno Internazionale IULM - Milano, novembre 1997.

A new business model of broadcasters in face of multimedia revolution

Aspen Institute Italia - Lione, marzo 1998.

Il cammino della Radio e della Televisione verso la Multimedialità

"Giornata di Marconi", Fondazione Guglielmo Marconi - Pontecchio Marconi, aprile 1998.

Innovazione nelle Comunicazioni

Università di Ancona, aprile 1998

Università di Bari, maggio 1998.

Verso la Società dell'Informazione e oltre

"Lectio Magistralis" in occasione della Laurea Honoris Causa in "Ingegneria delle Telecomunicazioni" Università di Padova - 11 maggio 1998.

The position of a public broadcaster in the new environment

"Europe-Stakes and Prospects: Telecommunications, deregulation and the struggle for markets"

Le Centre Sheraton - Montréal (Canada), maggio 1998.

L'impatto della multimedialità sull'attività radiotelevisiva

Università Bocconi - Milano, dicembre 1998.

IL NOTIZIARIO TECNICO TELECOM ITALIA, RITENENDO DI FARE COSA GRADITA AI LETTORI, HA RIPRODOTTO DUE ARTICOLI DI RILIEVO PUBBLICATI DAL PROFESSOR GUIDO VANNUCCHI. LA REDAZIONE DELLA RIVISTA RINGRAZIA LA DIREZIONE DI "ALTA FREQUENZA" E DI "IL NUOVO SAGGIATORE - BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA" PER AVER PERMESSO DI RIPRODURRE I DUE TESTI.

ALCUNI PROBLEMI RELATIVI AGLI OSCILLATORI SINCROZZATI DA SEGNALI SINUSOIDALI MODULATI ANGOLARMENTE

G. VANNUCCHI (*)

Viene esaminato il comportamento di un oscillatore sincronizzato da un segnale sinusoidale modulato angolarmente e si discute un circuito equivalente utile per lo studio dell'oscillatore ai segnali modulati. Si parlano quindi gli effetti del rumore termico e dell'intermodulazione nell'oscillatore di un tale dispositivo quale amplificatore di una portante modulata angolarmente da un segnale modulato in frequenza a larga banda.

1. - PRESENTAZIONE.

È noto da tempo il principio della sincronizzazione diretta di oscillatori con segnali sinusoidali ed il fenomeno è stato studiato in dettaglio da vari Autori [1]...[6]. Recentemente si è ridestato un vasto interesse attorno a tali problemi per la possibilità di sincronizzare dispositivi allo stato solido di tipo nuovo e tradizionale con una accuratezza estrema stabile in frequenza e si è trovata [7]...[10] che le tecniche esplicative differenziale introdotte da Adler in [2] interpretate bene dal Senneker, ma in fase transitoria di aggiunta alla regola, e non è pertanto legata al particolare modello (oscillatore a π o a valvole) cui il precedente Autore si era riferito.

Fra dell'elenco di tali studi si è accennato alla possibilità di integrare un oscillatore sincronizzato quale limitatore per segnali a modulazione di frequenza [11], argomento approfondito successivamente in dettaglio da Hagelady [12]...[15] e altri [17] che si sono in particolare interessati alla possibilità offerta da una tale applicazione nel riguardi della protezione dalla interferenza e della riduzione della soglia.

Recentemente, in una memoria presentata ad un congresso, Stever e Shaw [18] hanno prospettato l'applicazione di un oscillatore a disco termico quale amplificatore di segnali modulati angolarmente, dando alcuni risultati teorici ed una serie di risultati sperimentali relativi a tale applicazione.

Scopo del presente lavoro è quello di approfondire l'analisi del comportamento degli oscillatori sincronizzati per selezione diretta da segnali sinusoidali modulati angolarmente con particolare riferimento al caso della trasmissione di segnali multipli a larga banda. Stabilito pertanto che l'oscillatore sincronizzato può funzionare come un vero e proprio amplificatore di segnali modulati angolarmente, avendo al tempo stesso le proprietà di un limitatore, nel presente studio, sotto specie quasi sempre accettabili in pratica, viene generalizzata la trattazione di Adler e si giunge a semplici espressioni delle distorsioni introducendo gli effetti di convergenza ampiezza-fase. Le relazioni trovate permettono infine

di valutare agevolmente il comportamento del dispositivo nei riguardi del rumore termico e dell'intermodulazione.

2. - EQUAZIONE DIFFERENZIALE DELL'OSCILLAZIONE SINCROZZATA DA SEGNALI SINUSOIDALI MODULATI ANGOLARMENTE.

Si farà riferimento nel seguito ad un circuito rappresentabile mediante lo schema a blocchi di fig. 1, dove ω , ω_0 ed ω_1 rappresentano i valori istantanei dei segnali in gioco, mentre G ed H indicano rispettivamente un quadrupolo attivo con caratteristica non lineare $i = -G(v) f$ ed una rete lineare con funzione di trasferimento $H(f, \omega)$.

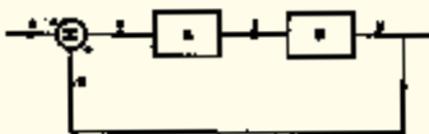


Fig. 1. — Schema a blocchi dell'oscillatore sincronizzato.

Nello schema a blocchi di fig. 1, il segnale s all'ingresso del sistema rappresenta il segnale sincronizzante esterno, il segnale v indica il segnale d'uscita che è al tempo stesso segnale di retroazione (positiva) del sistema; infine v è il segnale risultante dalla somma del segnale sincronizzante e del segnale di retroazione. In assenza di segnale sincronizzante il sistema oscilla su una frequenza propria e l'applicazione di s viene appunto a perturbare tale situazione.

Si suppone, in generale, che il segnale sincronizzante sia modulato in frequenza e fase, come espresso da:

$$(1) \quad s = E(t) \cos(\omega_m t + \theta_m(t))$$

secondo ω_m la pulsazione del segnale sincronizzante in assenza di modulazione, $E(t)$ la sua ampiezza istantanea e $\theta_m(t)$ la derivazione di fase prodotta dalla modulazione angolare.

Per lo studio dell'equilibrio elettrico del sistema si può immaginare che, qualunque sia il segnale di retroazione v , è sempre possibile rappresentarlo anche e nella forma:

$$(2) \quad v = V(t) \cos(\omega_m t + \theta(t))$$

(*) Poiché la caratteristica della rete non lineare assai è chiamata valore istantaneo G e il corrispondente valore istantaneo di f , essa è indicata con G e f di tipo non realtivo.

Ing. G. VANNUCCHI della Società « TELESTRA » - Laboratorio di Telecomunicazioni e Radio - Venezia (Italia).

essendo a priori incogniti $V = V(\xi) = v = v(\xi)$ (*). Ne segue che $i = G(\xi)$ può esprimersi come [10]:

$$(9) \quad i = G(\xi) = \sum_{n=1}^{\infty} I_n[V(\xi)] \cos \alpha [m_n t + v(\xi)]$$

essendo $I_n[V]$ coefficienti facilmente esprimibili, nota che sia la caratteristica dell'elemento non lineare. In relazione all'andamento di tale caratteristica ed all'ampiezza dell'ampiezza V e delle sue variazioni, si potrà ammettere nel seguito che, per i circuiti normalmente impiegati, l'espressione I_1 del termine fondamentale della (9) sia praticamente costante, cioè indipendente dal valore di V .

Per esprimere a fini di calcolo la risposta della rete lineare H può valersi per sovrapposizione di effetti, considerando agenti separatamente i diversi termini della (9). È sempre possibile ammettere in pratica che gli spettri di tali termini occupino intervalli distinti nell'asse ω e che la rete H abbia proprietà selettive tali da potersi considerare apprezzabile solo l'effetto del termine fondamentale ($n = 1$). Si ammetterà inoltre che per $H(j\omega)$ sono valide le condizioni di quasi-stazionarietà (**). Posto allora:

$$(10) \quad H(j\omega) = H(\omega) e^{j\phi(\omega)}$$

quando $H(\omega)$ ed $\phi(\omega)$ rispettivamente la caratteristica di ampiezza e quella di fase della rete lineare, si potrà scrivere:

$$(11) \quad u = U(t) \cos [m_1 t + \varphi_1(t)]$$

essendo:

$$(12) \quad U(t) e^{j\varphi_1(t)} = H(\omega) I_1 e^{j[m_1 t + v(t) + \phi(\omega)]}$$

e rilandolo, in quest'ultima relazione, la polarizzazione si esprime da:

$$(13) \quad u = u_p + \tilde{v}(\xi).$$

Si è ora in grado di legare la grandezza incognita $V(\xi) = v(\xi)$, introdotta in (9), alle altre grandezze in gioco. Infatti, alla relazione $v = z + \varphi$ che esprime l'equilibrio del nodo d'ingresso in fig. 2, si può sostituire la equazione simbolica:

$$(14) \quad V(\xi) e^{j\varphi} = H(\xi) e^{j\varphi_1} + U(\xi) e^{j\varphi_2}$$

dove $H(\xi)$ e $\varphi_1(\xi)$ sono grandezze assegnate, mentre $U(\xi)$ e $\varphi_2(\xi)$ sono esprimibili tramite la (8). Alla (14) corrisponde il diagramma vettoriale di fig. 2 che risulta di fondamentale importanza nello studio che segue. Si noti che in tale diagramma I_1 e V risultano in fase in virtù della (10), cioè in conseguenza dell'ipotesi che il quadrupolo non lineare G è privo di memoria.

Ci si propone ora di esprimere la deviazione del punto di fase del segnale d'uscita α in funzione dell'ampiezza deviazione $\delta_1 = \delta_1(\xi)$ del segnale d'ingresso. Se si indica con φ_1 il valore di φ_1 che equivale all'assenza di modulazione

(*) Si noti, in particolare, che se $v(\xi)$ ha un andamento costante, il segnale u ha una polarizzazione di tipo diverso da u_p ; ciò avviene, ad esempio, nelle fasi che precedono l'aggancio vero e proprio.

(**) Negli studi della risposta della rete $H(j\omega)$ al segnale u , l'ipotesi di quasi-stazionarietà si può sempre ritenere soddisfacente perché, nelle ipotesi, u_p è una polarizzazione di modo critico di grandezza superiore alla massima polarizzazione del segnale modulato e perché in pratica possono di $H(j\omega)$ è sempre nella stazionaria regione.

o viceversa (nella corrispondenza al caso $\delta_1(\xi) = 0$ ed $H(\xi) = -K_1 - \text{costante}$), la deviazione di fase che interessa equamente è evidentemente:

$$(15) \quad \delta_1(\xi) = \varphi_1(\xi) - \varphi_2$$

ed anche, definendo con $\psi = \varphi_1 - \delta_1$ l'angolo formato in fig. 2 tra i vettori simbolici H ed U , si può scrivere:

$$(16) \quad \delta_1(\xi) = \delta_2(\xi) + \varphi(\xi) - \varphi_2$$

dove il termine

$$(17) \quad \delta_2(\xi) = \varphi(\xi) - \varphi_2$$

misura lo scostamento tra la modulazione segnale alla uscita e quella all'ingresso del dispositivo in questione.

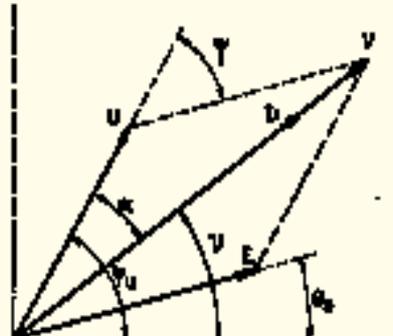


Fig. 2. — Diagramma vettoriale a rappresentativo del fenomeno (7).

Per il calcolo di $\delta_2(\xi)$, il quale risulterà evidentemente funzione di $\delta_1(\xi)$ ottenibile dalla caratterizzazione del circuito, occorre esprimere in primo luogo $\varphi(\xi)$. A tale proposito, dal diagramma vettoriale di fig. 2, si può immediatamente notare che risulta:

$$(18) \quad \tan \alpha = \frac{H \cos \varphi}{U + H \cos \varphi}$$

D'altra parte l'espressione di $\tan \alpha$ in funzione di φ è evidentemente determinata dalla struttura della rete $H(j\omega) = H(\omega) e^{j\phi(\omega)}$ e può approssimarsi, in generale, mediante uno sviluppo in serie di potenze nell'angolo della polarizzazione α del sistema (**), ossia:

$$(19) \quad \tan \alpha = -\frac{K_1}{\omega} (m - \omega_0)^2$$

nella quale manca il termine costante poiché per $\alpha = \omega_0$ deve risultare $\tan \alpha = \infty$. In particolare, per oscillatori

(*) L'alternanza del segno nella (19) è dovuta a ragioni di pura convenzione. Ad esempio, per fissare le idee su un caso particolare, si può considerare che in un circuito a semplice spirolo di fig. 2

$$H(j\omega) = \frac{K_1}{z + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$$

e quindi

$$\tan \alpha = -Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) = -\frac{Q}{\omega_0} (m - \omega_0)$$

Peraltro, verificando con (19), risulta $K_1 = -Q$.

impedimenti che lavorano nella banda delle microonde, la banda relativa $(\omega - \omega_0)/\omega_0$ è sempre assai piccola e pertanto, se $K_1 \omega_0 \ll \alpha$, in sviluppo (13) può essere limitato al solo primo termine; nel caso di $K_1 = \alpha$ si si limiterà al primo termine successivo non nullo. Indichiamo con m l'ordine di tale termine al quale potremo arrivare in ogni caso con buona approssimazione:

$$(14) \quad \tan \psi = \frac{K_m}{\alpha_0^m} (m - \alpha_0)^m.$$

Uguagliando la (14) alla (10) si ha allora:

$$(15) \quad \frac{(E/U) \sin \psi}{1 + (E/U) \cos \psi} = \frac{K_m}{\alpha_0^m} (m - \alpha_0)^m.$$

Nella precedente relazione, tenendo presente la (7), si ha d'altra parte che:

$$(16) \quad \omega - \alpha_0 = \alpha_m + \dot{\psi} - \alpha_0 = (\alpha_m - \alpha_0) + \dot{\psi}$$

essendo, come risulta da fig. 1:

$$(17) \quad \dot{\psi} = \dot{\delta}_0 + \dot{\psi} - \dot{\delta}_0.$$

Dalla (15) si ricava inoltre:

$$(18) \quad \dot{\psi} = \frac{(E/U)^2 + (E/U) \cos \psi}{1 + (E/U)^2 + 2(E/U) \cos \psi} \dot{\psi}$$

che, sostituita nella (17), permette di esprimere la (16) nella forma:

$$(19) \quad \omega - \alpha_0 = (\alpha_m - \alpha_0) + \dot{\delta}_0 + \left(\frac{1 + (E/U) \cos \psi}{1 + (E/U)^2 + 2(E/U) \cos \psi} \right) \dot{\psi}.$$

La (19), introdotta nel secondo membro della (13), dà luogo ad una equazione differenziale non lineare a coefficienti variabili nella sola funzione incognita $\psi = \psi(t)$, in cui $\delta_0 = \delta_0(t)$ è una funzione assegnata. Tale equazione risulta molto complessa, ma non si semplifica notevolmente se, sotto le ipotesi accennate nelle applicazioni che occorre considerare, si ha $E/U \ll 1$.

Nella precedente ipotesi la (15) e la (18) diventano rispettivamente:

$$(20) \quad \frac{E}{U} \sin \psi = - \frac{K_m}{\alpha_0^m} (m - \alpha_0)^m$$

e

$$(21) \quad \omega - \alpha_0 = (\alpha_m - \alpha_0) + \dot{\delta}_0 + \dot{\psi}$$

che, combinando assieme, danno luogo all'equazione differenziale:

$$(22) \quad \frac{E}{U} \sin \psi = - \frac{K_m}{\alpha_0^m} (m - \alpha_0)^m$$

avendo posto:

$$(23) \quad \Delta \alpha_0 = \omega_m - \alpha_0$$

La differenza tra le pulsazioni α_m del segnale sincronizzato in assenza di modulazione e la pulsazione di oscillazione libera α_0 del circuito.

Si noti che la (22) è nonlineare, per questo notevolmente complessa, un'equazione differenziale non lineare a coefficienti variabili potendo E ed U essere, in generale, funzioni del tempo. Tale equazione generalizza la nota equazione di Adler [3] che perciò tiene conto di una modulazione angolare del segnale sincronizzato, ma presuppone inoltre il caso di reti H con $\alpha_0 \gg \alpha$. In quest'ultimo caso, tuttavia, lo studio del comportamento dinamico comporta difficoltà superabili solo per via numerica. Nel seguito ci si limiterà pertanto ad esaminare il caso di $\alpha = \alpha_0$ che, con alcune semplificazioni quasi sempre accettabili in pratica, permette di giungere ad equazioni in termini della funzione $\psi(t)$ e, più precisamente, lo scostamento $\delta(t) = \psi(t) - \psi_0$, tra la modulazione angolare d'uscita e quella d'ingresso al sistema.

2. - STUDIO DELLA EQUAZIONE DIFFERENZIALE PER $\alpha = \alpha_0$.

Nel caso di $\alpha = \alpha_0$, la (22) diventa:

$$(24) \quad \frac{E}{U} \sin \psi = - \frac{K_1}{\alpha_0} (\Delta \alpha_0 + \dot{\delta}_0 + \dot{\psi}).$$

Per lo studio della (24) risulta utile porre:

$$E = E_0 \dot{\delta}(t)$$

$$(25) \quad U = U_0 \frac{H(\omega)}{H(\alpha_0)} = \frac{U_0}{\varphi(\delta)}$$

$$\frac{E_0}{U_0} \frac{\alpha_0}{K_1} = \Delta \alpha_{cr, max}$$

dove:

E_0 e U_0

sono l'ampiezza rispettivamente del segnale sincronizzato e del segnale d'uscita in assenza di modulazione;

$\dot{\delta}(t)$

definisce la legge con cui è modulata l'ampiezza del segnale sincronizzato;

$$\varphi(\delta) = \frac{H(\alpha_0)}{H(\omega)}$$

tiene conto dell'effetto della caratteristica risposta-frequenza della rete H sull'ampiezza del segnale di uscita U ;

$\Delta \alpha_{cr, max}$

è la sintonia di aggancio e dell'oscillatore sincronizzato, ossia il massimo valore (positivo o negativo) che può assumere, in qualsiasi di assenza di modulazione, la differenza $\Delta \alpha_0$ della pulsazione del segnale sincronizzato e di oscillazione libera del sistema. Tale valore si ricava dalla (24), con $\dot{\delta}_0 = 0$ e $\dot{\psi} = \alpha$, imponendo $|\sin \psi| = 1$.

Tenendo conto della (25), la (24) si può scrivere nella forma:

$$(26) \quad \dot{\psi} = - \dot{\delta}_0 - \Delta \alpha_0 - \dot{\delta} \varphi \Delta \alpha_{cr, max} \sin \psi$$

Si noti che, in assenza di modulazione del segnale sincronizzante ($\delta_s = 0, \dot{\varphi} = \dot{x}$) e nell'ipotesi di rete EF a banda piatta, ($H(\omega) = H(\omega_0)$ ossia $\beta = 1$), la (26) si riduce all'espressione di Adler.

Va osservato, in generale, che la (26) è non lineare sia per la presenza di $\cos \varphi_0$ sia perché, essendo per la (12) $\omega = \omega_0 + \delta_s + \dot{\varphi}$, ne consegue che

$$\varphi = \frac{H(\omega_0)}{H(\omega)} = \frac{H(\omega_0)}{H(\omega_0 + \delta_s + \dot{\varphi})}$$

è esso stesso funzione di φ .

La determinazione di φ a partire dalla (26) conduce immediatamente a determinare la deviazione di fase del segnale d'uscita che è data, per la (10), da $\theta_s = \theta_0 + \varphi - \varphi_0$, essendo φ_0 la soluzione della stessa equazione in assenza di qualunque modulazione del segnale sincronizzante. Nel seguito verrà trattato sia il caso di piccoli scostamenti di φ rispetto a φ_0 , ciò che permette di linearizzare l'equazione differenziale, sia il caso in cui la linearizzazione non è più lecita.

4. - RISPONDA DELL'OSCILLATORE SINCROSCOPICO A SEGNALE MODULATO CON FORMA INVARIANTE.

Nel caso in cui la deviazione di fase istantanea del segnale sincronizzante sia di modesta entità è lecito considerare piccoli gli scostamenti di φ rispetto a φ_0 e pertanto si può sviluppare per φ attorno a φ_0 , limitandosi al solo primo termine:

$$(27) \quad \cos \varphi \approx \cos \varphi_0 + \sin \varphi_0 \cdot (\varphi - \varphi_0)$$

e ritenere inoltre che $\dot{\varphi}$ sia costante attorno al valore che esso assume per $\omega = \omega_0$. Posto quindi:

$$(28) \quad \varphi = \frac{H(\omega_0)}{H(\omega_0)}$$

la (26) si riduce all'espressione lineare a coefficienti variabili:

$$(29) \quad \ddot{\varphi} + \dots - \delta_s - p \varphi_0 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 \sin \varphi_0 - \dots - p \varphi_0 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 \cdot (\varphi - \varphi_0)$$

In condizioni di assenza di modulazione ($\delta_s = 0, \dot{\varphi} = \dot{x} = \varphi - \varphi_0 = 0$), dall'espressione precedente si deriva:

$$(30) \quad \delta_s = -\varphi_0 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0$$

Ritornando inoltre la definizione $\delta = \varphi - \varphi_0$ introdotta in (12), la (29) può allora risciversi nella forma:

$$(31) \quad \ddot{\delta} + \dots - \delta_s - (p - \epsilon) \varphi_0 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 - \dots - p \varphi_0 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 \cdot \delta$$

Però infine:

$$(32) \quad \beta = \epsilon + \alpha$$

essendo $\alpha = \alpha(f)$ la variazione relativa dell'ampiezza del segnale sincronizzante, o considerabile inoltre che, come risulta in pratica, il valore di α è sufficientemente piccolo da poter supporre il prodotto $\alpha \delta$ vanire con infinitesimo

d'ordine superiore, la (31) si traduce in:

$$(33) \quad \ddot{\delta} + \varphi_0 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 \cdot \delta = \dots - \delta_s - \alpha \varphi_0 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0$$

La (33), essendo lineare, non può interpretare il comportamento dell'oscillatore sincronoscopico agli effetti della distorsione non lineare per la cui giusta occorrenza, come si vedrà in seguito, riferirsi movimento all'equazione non lineare (26). La (33), tuttavia, per la presenza del coefficiente $\alpha = \alpha(f)$ legato all'eventuale modulazione di ampiezza del segnale sincronizzante, consente di valutare l'entità degli effetti di convergenza ampiezza-fase.

Indicando ora rispettivamente con $d = d(\Omega)$, $\theta_s = -\theta_0(\Omega)$ e $\theta' = \theta'(\Omega)$ le trasformate secondo Fourier di δ, θ_s ed θ' , dalla (33) si ricava facilmente la trasformata $d(\Omega)$ del segnale errore $\delta(\Omega)$:

$$(34) \quad d(\Omega) = \frac{j \Omega \theta_0(\Omega) + \varphi_0 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 \theta'(\Omega)}{j \Omega + \varphi_0 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0}$$

Se si tiene inoltre conto che $\theta_s = \theta_0 + \delta$, la trasformata di θ_s risulta espressa da:

$$(35) \quad \theta_s(\Omega) = \theta_0(\Omega) + d(\Omega)$$

e pertanto, sostituendo in quest'ultima la (34), si ricava:

$$(36) \quad \theta_s(\Omega) = \frac{\theta_0(\Omega) - \Omega \varphi_0 \theta'(\Omega)}{1 + j \frac{\Omega}{\varphi_0 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0}}$$

Questo risultato permette di interpretare la risposta dell'oscillatore sincronoscopico ai segnali modulati mediante il semplice circuito equivalente di Fig. 3, dove con v è indicato un circuito di ritardo e resistenza e capacità con costante di tempo:

$$(37) \quad \tau = \frac{1}{\varphi_0 \sin \varphi_0 \cos \varphi_0}$$

e con M un moltiplicatore per la costante $\Omega \varphi_0$ che rappresenta il coefficiente di convergenza ampiezza-fase:

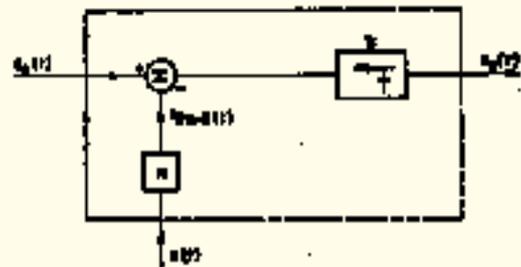


Fig. 3. - Circuito equivalente dell'oscillatore sincronoscopico da un segnale modulato in fase $\theta_s(t)$ ed in ampiezza θ' .

dell'oscillatore sincronoscopico. I valori di $\cos \varphi_0$ e di $\Omega \varphi_0$ si possono facilmente ricavare tenendo presente la (30):

— 4 —

Per il calcolo del rapporto segnale/rumore tenuto conto dell'efficienza spettrale si può introdurre inoltre che il segnale estratto è esprimibile nella forma:

$$(43) \quad s(t) = a_s(t) + \pi_s(t) + u_s(t) = E_s \cos \omega_s t + \pi(t)$$

avendo supposto, in particolare, che il segnale utile non sia modulato angolarmente. In (43) equivale ad ammettere che il segnale $s(t)$ d'ingresso sia ancora rappresentabile con una espressione del tipo:

$$(44) \quad s(t) = E_s [x + \pi(t)] \cos [\omega_s t + \theta_s(t)]$$

In tal caso la deviazione di fase θ_s e la modulazione d'ampiezza x sono, in quanto caso, prodotti dal rumore complessivo e possono allungare del circuito.

Ci si propone di determinare, nelle condizioni sopra specificate, la potenza di rumore associata alla deviazione di fase in uscita $S_{\theta_s}(f)$. A tale scopo si noti innanzitutto che le densità spettrali di potenza S_{π_s} e S_{θ_s} associate rispettivamente alla deviazione di fase $\theta_s(t)$ ed alla fluttuazione di ampiezza $x(t)$ derivata al rumore, risultano uguali tra loro e, nell'ipotesi di elevato rapporto segnale/di disturbo, date da:

$$(45) \quad S_{\theta_s}(f) = S_{\pi_s}(f) = \frac{N(f) + N(-f)}{2 F_{in}} = \frac{K T_1 F_{in}}{F_{in}}$$

avendo indicato con F_{in} la potenza disponibile del segnale all'ingresso x , all'ingresso del sistema ed, al solito, con $N(f)$ la potenza di rumore per unità di banda, di cui la (45) fornisce l'espressione.

È nota inoltre che quando $\theta_s(t)$ ed $x(t)$ rappresentano rispettivamente la modulazione di fase o di ampiezza prodotta su una portante dal rumore, la loro funzione di autocorrelazione risulta nulla. Pertanto, la densità spettrale di potenza di $\theta_s(t)$ si deduce, tenuto conto della (45) e (43), scomponendo direttamente i contributi che competono a $\theta_s(t)$ ed a $x(t)$. Si ha cioè:

$$(46) \quad S_{\theta_s}(f) = \frac{1 + \tan^2 \varphi_s}{1 + \left(\frac{D}{\beta_s \Delta \omega_{max}} \cos \varphi_s \right)^2} \frac{K T_1 F_{in}}{F_{in}}$$

Se il sistema è a modulazione di frequenza, all'uscita del demodulatore si ha $\beta_s(f)$ anziché $\theta_s(t)$ e la relativa densità spettrale di potenza risulta espressa, tenuto conto della (41), da:

$$(47) \quad S_{\beta_s}(f) = D^2 \frac{1 + \tan^2 \varphi_s}{1 + \left(\frac{D}{\beta_s \Delta \omega_{max}} \cos \varphi_s \right)^2} \frac{K T_1 F_{in}}{F_{in}}$$

In tal caso, sarà utile, per il calcolo del rapporto segnale/rumore nella banda B di un canale telefonico di estensione come segnale di riferimento la potenza del segnale demodulato corrispondente, rispettivamente per modulazione di fase e frequenza, alla deviazione efficace di fase $\Delta \theta_{eff}$ ed alla deviazione efficace di pulsazione $\Delta \omega_{eff}$ prodotta dal tono di prova di 1 mW inviato nel punto a livello relativo zero. In corrispondenza le deviazioni di

fase e di pulsazione in uscita si calcolano, tramite le (43) e (41), con le formole:

$$(48) \quad \Delta \theta_{eff} = \frac{\Delta \theta_{max}}{1 + \left(\frac{D}{\beta_s \Delta \omega_{max}} \cos \varphi_s \right)^2}$$

$$(49) \quad \Delta \omega_{eff} = \frac{\Delta \omega_{max}}{1 + \left(\frac{D}{\beta_s \Delta \omega_{max}} \cos \varphi_s \right)^2}$$

Supponendo costante lo spettro del rumore entro la banda B di ciascun canale telefonico, le espressioni del rapporto segnale/rumore, per i due casi considerati, si ottengono dividendo le (45) e (46) per le (48) e (49), queste ultime moltiplicate per B , ottenendo:

$$(50) \quad \left(\frac{S}{D} \right)_{\theta_s} = \cos^2 \varphi_s \frac{F_{in}}{K T_1 B F_{in}} \Delta \theta_{eff}$$

$$(51) \quad \left(\frac{S}{D} \right)_{\omega_s} = \cos^2 \varphi_s \frac{F_{in}}{K T_1 B F_{in}} \left(\frac{\Delta \omega_{eff}}{D} \right)^2$$

Le precedenti espressioni sono del tutto identiche a quelle che si riscontrano per un amplificatore con cifra di merito F_{in} ed un indice del fattore moltiplicativo $\cos^2 \varphi_s = (1 + \tan^2 \varphi_s)^{-1}$. Nel caso in cui risulti soddisfatta la condizione che la pulsazione ω_s del segnale praticamente coincide con la pulsazione ω_c dell'oscillatore, tale indice vale 1 ed il rapporto S/D è massimo. Questa situazione corrisponde alla condizione di assenza di crosstalk ampiezza-fase: il disturbo in banda base, in tal caso, deriva esclusivamente dalla modulazione di fase prodotta dal rumore tecnico presente nel sistema.

Nel caso generale si potrà invece considerare che il dispositivo paggiori la sua cifra di merito dal valore F_{in} al valore $F_{in}' = F_{in} \cos^2 \varphi_s$.

5. - DIPENDENZE NON LINEARI DELL'OSCILLATORE SINCROGNALTO FONDAMENTALE COME AMPLIFICATORE DI SEGNALI MODULATI ANGOLARMENTE.

I circuiti che prevedono uno stadio ottenuto nell'ipotesi di linearizzare l'equazione differenziale (26). Evidentemente, in tal modo, si perde ogni possibilità di valutare le distorsioni non lineari della risposta dell'oscillatore sincronizzato ai segnali modulati angolarmente. Per un tale studio è necessario pertanto riprendere in esame l'equazione differenziale (26) nella sua forma non lineare. Considerando, per semplicità, il caso di $\omega_s = \omega_c$, $\varphi_s = 0$ (quindi $g_s = 1$), ossia supponendo ω_s in ω_c ed il segnale non modulato d'ampiezza, dalla (26) si ricava:

$$(52) \quad \ddot{\theta} + \ddot{\omega}_s = - \text{arctan} \frac{\dot{\theta} + \dot{\omega}_s}{\Delta \omega_{max}} = - \text{arctan} \frac{\dot{\theta}_s}{\Delta \omega_{max}}$$

avendo $\dot{\theta}_s = \dot{\theta} + \dot{\omega}_s = \dot{\psi} + \dot{\omega}_s$. Se sviluppiamo la (52) in serie di potenze nell'intervallo di $\dot{\theta}_s = 0$, si ottiene:

$$(53) \quad \ddot{\theta} = - \frac{\dot{\theta}_s}{\Delta \omega_{max}} - \frac{1}{3!} \frac{\dot{\theta}_s^3}{\Delta \omega_{max}^3} + \dots$$

Se si considera il solo primo termine del secondo membro, con $\hat{\phi}_2 = \hat{\phi} + \hat{\phi}_2$ la (38) torna ad essere l'equazione differenziale (lineare) già studiata. I termini successivi (tutti dispari) rappresentano invece le distorsioni non lineari introdotte dal sistema. In particolare, data la piccola entità di tali termini, è possibile introdurre in essi la semplificazione di considerare $\hat{\phi}_2$ coincidente con la soluzione $\hat{\phi}_2$ del corrispondente caso lineare interpretata dal circuito di Fig. 6. In tale ipotesi la (38) equivale al semplice circuito equivalente di Fig. 6 in cui si è ritenuto sufficiente considerare per il calcolo della distorsione il solo termine del 3° ordine.



Fig. 6. — Circuito equivalente non lineare della risposta in fase $\hat{\phi}_2$ dell'oscillatore sincronizzato da un segnale modulato in fase da $\hat{\phi}_1$.

Nella figura, $\hat{\phi}_{2,3}$ rappresenta il termine di distorsione non lineare dato da:

$$(38) \quad \hat{\phi}_{2,3} = \frac{x}{3!} \frac{\partial^3 \hat{\phi}_2}{\partial \hat{\phi}_1^3}$$

Nel caso di un sistema a modulazione di frequenza il termine di distorsione non lineare si ottiene evidentemente derivando la (38) e risulta dato da:

$$(39) \quad \hat{\phi}_{2,3} = \frac{\partial^3 \hat{\phi}_2}{\partial \omega^3}$$

Il circuito equivalente corrispondente a questo caso è dato in Fig. 7.



Fig. 7. — Circuito equivalente non lineare della risposta in frequenza $\hat{\phi}_2$ dell'oscillatore sincronizzato da un segnale modulato in frequenza da $\hat{\phi}_1$.

I circuiti equivalenti di Fig. 6 e 7 riducono il calcolo del numero d'intermodulazione in un calcolo tabellare a metodi classici. Si tenga presente, in entrambi i casi, che per il calcolo dell'intermodulazione si deve considerare che lo spettro del segnale all'ingresso del quadrupolo non lineare è ottenuto dal circuito HC che lo produce.

È importante notare che le espressioni (38) e (39) sono le stesse di quelle che potrebbero ottenersi considerando il circuito di gruppo, in senso stretto, dell'oscillatore sincronizzato. Infatti, a partire dall'espressione (30), si ha (per $\hat{\phi}_1 = x$):

$$(40) \quad \gamma = \frac{\partial \omega_2}{\partial \omega_1} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta \omega_{max}}$$

Derivando rispetto ad ω_1 si ricava per il ritardo di gruppo l'espressione:

$$(37) \quad \tau(\omega_1) = \frac{d\varphi(\omega_1)}{d\omega_1} = \frac{x_0}{\sqrt{1 - \gamma^2 (\omega_1 - \omega_0)^2}}$$

avendo posto $\gamma_1 = x/\Delta \omega_{max}$

Sviluppando in serie tale espressione attorno ad $\Omega = \omega_1 - \omega_0 = x$ si ottiene:

$$(38) \quad d\tau(\Omega) = \tau(\Omega) - \tau_1 = -\frac{2}{3} \gamma_1^2 \Omega^2 + \dots$$

Perciò, come è noto, in un sistema a modulazione di frequenza il termine di distorsione è dato da:

$$(39) \quad \partial \Omega = d\tau(\Omega) \frac{d\Omega}{dt}$$

combinando la (38) e la (39) e tenendo presente che $\Omega = \hat{\phi}_2 = \hat{\phi}_1$ si ricava la (40).

CONCLUSIONI.

Sono stati esaminati alcuni dei principali problemi posti dall'impiego degli oscillatori sincronizzati come amplificatori di segnali modulati angularmente. In particolare si è rilevata la risposta lineare di tali sistemi, ed è messa in evidenza la possibilità di una conversione completa-fase e la condizione da soddisfare affinché quest'ultima non abbia luogo. A partire dalle equazioni ricavate è stato possibile ricavare il comportamento dell'oscillatore sincronizzato nei riguardi del rumore ed in particolare si è data l'espressione del rapporto segnale/disturbo tenuto in un canale telefonico.

Si è infine preso in esame il comportamento non lineare dell'oscillatore sincronizzato rilevando del circuito equivalente del quale, con metodi classici, è possibile dedurre il numero d'intermodulazione in un canale telefonico.

Da quanto precede si deduce che l'oscillatore sincronizzato ha tutte le proprietà di un normale amplificatore per segnali modulati angularmente avendo al tempo stesso le proprietà di un limitatore. A causa del suo particolare modo di funzionare si potrà assegnare a tale dispositivo il nome di "amplificatore limitatore".

L'Autore desidera ringraziare vivamente il prof. Ing. Ercolo De Castro per l'amicizia intercorrente al presente lavoro e per gli utili consigli fornitigli; ringrazia inoltre il Dr. Ing. Salvino Emil, direttore del Laboratorio Telettra, per avergli suggerito il tema del presente studio.

Manoscritto pervenuto il 27 maggio 1967.

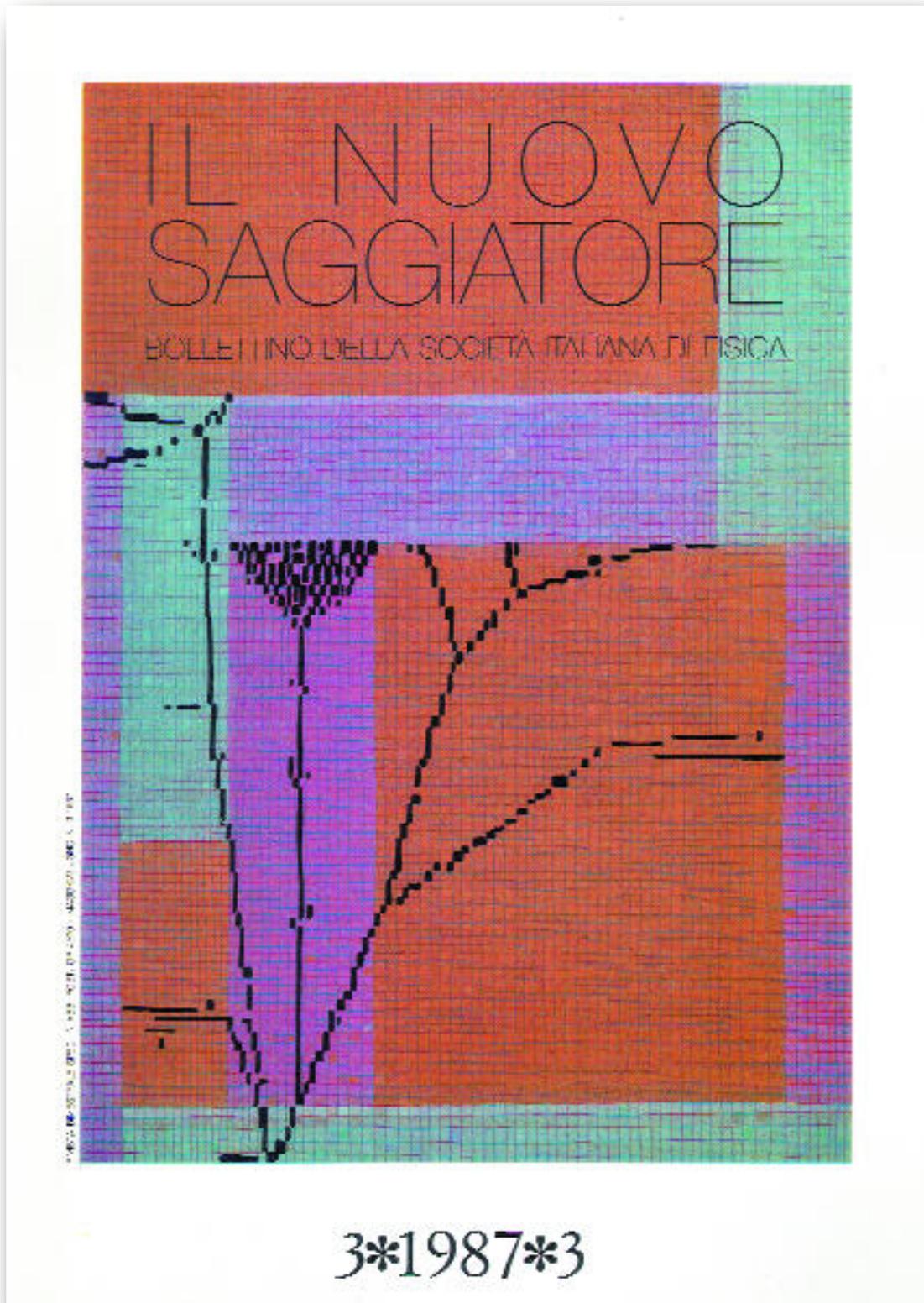
BIBLIOGRAFIA

- [1] H. F. ARNOLD: The asymptotic synchronization of double oscillators. - *Proc. Camb. Phil. Soc.*, Vol. 47, page. 430-444, 1951-1952.
- [2] H. G. THOMAS: The synchronization of oscillators. - *Philos. Mag.*, Vol. 12, page. 421-431, 1933; page. 437-464, Apr. 1933; Vol. 15, page. 281-301, June 1934.
- [3] H. ARNOLD: A study of locking phenomena in oscillators. - *IEEE Trans.*, Vol. 54, page. 827-837, August 1944.
- [4] D. HENNING - A. WILSON: Synchronization of oscillators. - *IEEE Trans.*, page. 2428-2443, Dec. 1947.
- [5] L. J. FUCHSBERG: Injection locking of oscillators. - *IEEE Trans.*, page. 2723-2727, Nov. 1949.
- [6] M. J. M. GELAT: Frequency spectrum of the synchronous oscillator. - *Philos. Mag.*, Vol. 34, page. 2321-2330, Nov. 1947.
- [7] L. STOKER-BELBY: Phase locked oscillators with oscillators. - *IEEE Trans.*, page. 750-753, Apr. 1956.
- [8] W. HANSEN: Phase locked Coda CW Microwave oscillators. - *IEEE Trans.*, Vol. 50, Feb. 1962.
- [9] A. KEMMICH: Phase Locking of Silicon Amplitude Modulated Wave Oscillators. - *IEEE Trans.*, July 1965.
- [10] L. STOKER: A practical application for the output spectra of injection locked self-oscillators. - *IEEE Trans.*, Vol. 51, page. 320.
- [11] C. W. CHAMBERLAIN - H. F. WALKER: Synchronization of oscillators in frequency-modulated carrier systems. - *IEEE Trans.*, Vol. 57, page. 1041-1044, Aug. 1944.
- [12] H. J. HANSEN: Theory of frequency modulated carrier. - *IEEE Trans.*, Vol. 57, page. 1041-1044, Aug. 1944.
- [13] H. J. HANSEN: FM interference and other synchronization problems of the oscillating carrier. - *IEEE Trans.*, Vol. 57, page. 1041-1044, Aug. 1944.
- [14] H. J. HANSEN: A technique for lowering the noise level of amplitude frequency, phase and envelope demodulators. - *IEEE Trans.*, Vol. 57, page. 1041-1044, Aug. 1944.
- [15] H. J. HANSEN: Dynamics of a signal-synchronized oscillating carrier. - *IEEE Trans.*, Vol. 57, page. 1041-1044, Aug. 1944.
- [16] H. J. HANSEN: Noise threshold reduction with the oscillating carrier. - *IEEE Trans.*, Vol. 57, page. 1041-1044, Aug. 1944.
- [17] H. HANSEN - G. KEMMICH: A general analysis of the performance of the oscillating carrier with stochastic signal. - *IEEE Trans.*, Vol. 57, page. 1041-1044, Aug. 1944.
- [18] H. I. HANSEN - H. F. WALKER: Injection-locked oscillators of oscillators for wide-bandwidth signals. - *IEEE Trans.*, Vol. 57, page. 1041-1044, Aug. 1944.
- [19] H. I. HANSEN: Considerations on the design of injection locked oscillators for amplitude and frequency modulation. - *IEEE Trans.*, Vol. 57, page. 1041-1044, Aug. 1944.



Stazione ripetitrice nodale in Nuova Guinea, realizzata all'inizio degli anni Settanta con apparati radio della Telettra IR-20 ("Injection Repeater"), situata a 2500 metri di altezza e raggiungibile solo in elicottero. Caratteristica peculiare dell'IR-20 era il consumo assai ridotto: due ordini di grandezza inferiore rispetto agli apparati radio dell'epoca.

[N. d. R.] L'IR-20 è stato realizzato partendo dalle premesse teoriche contenute nell'articolo sopra riportato.



OPINIONI

RICERCA UNIVERSITARIA E RICERCA INDUSTRIALE NELLA NUOVA FASE DI SVILUPPO

Guido Vannucchi
Trieste, Viterbo (Milano)

1. - Premessa

Per l'argomento che toccherò mi propongo di portare in questa sede non tanto un contributo di conoscenze specifiche quanto piuttosto un contributo di pensiero e di meditazione. Certo che ciò possa risultare utile per degli studiosi che, tra molti congressi scientifici, è opportuno che trovino un po' di tempo per qualche momento di riflessione su ciò che attorno a noi sta cambiando con rapidità protrattandosi verso quella società post-industriale preconcisa ormai da molti anni.

Mi soffermerò pertanto a discutere i sintomi di tale cambiamento ed il quadro al contorno in cui ci si muoverà in un futuro abbastanza vicino per sottolineare, in particolare, il ruolo determinante che giocherà l'innovazione non sempre più possibile da nuovi rapporti tra scienza e tecnologia.

Da tali considerazioni dovrebbe poter scaturire in modo chiaro come il fenomeno dell'evoluzione verso la società post-industriale non è una pura curiosità culturale, ma interessa tutto il campo della ricerca sia per il nuovo assetto preconcisa all'industria, sia per i mutati interconnessioni tra ricerca accademica e mondo industriale.

Nella parte conclusiva mi afferrerò ad alcune brevi riflessioni su ricerca di base sui materiali ed industria elettronica nell'ambito dell'attuale realtà italiana.

2. - Verso la fase post-industriale

2.1. - I sintomi del cambiamento

Non vi è dubbio che oggi siamo immersi in un mare agitato in cui si stanno sviluppando con ritmo sorprendente le più diverse tec-

nologie: dalla microelettronica alle biotecnologie, dal nucleare alle tecnologie spaziali, dalla robotica ad altre svariate tecnologie.

Questo particolare risveglio non è però riconducibile ai già teorizzati cicli economici (detti anche «onde» e non a caso zovvo parlano prima di mare...) tipici della società nata dalla rivoluzione industriale. Il fenomeno che stiamo vivendo ci porta a pensare ad un cambiamento assai più profondo e generale di quelli avvenuti in passato attorno alle singole grandi conquiste tecnologiche e tale cambiamento pervade sempre più il nostro modo di vivere, non solo dal punto di vista socio-economico ma anche psicologico, etico e culturale.

L'intrecciarsi delle diverse tecnologie con effetti di «cross-fertilization» è un fenomeno di dimensioni del tutto nuove ed impreviste.

In questa fase il ruolo di locomotiva è assegnato, per generale consenso, alla tecnologia dell'informazione (ICL + Informatica), ma in contemporanea non va dimenticato l'avvicinarsi alla società biomolecolare (verso la quale ci guidano chimica fine, ingegneria genetica, biotecnologie e farmacologia) o l'approdo alla società robotica di cui viviamo già nelle fabbriche l'anticipo con l'avvento, ormai estremamente prossimo, del «C.I.M.» («Computer Integrated Manufacturing»).

Questi tipi di società ed altre ancora provenienti da ulteriori discipline e tecnologie sono aspetti diversi della stessa «società post-industriale» alla quale sembra portarci questo cambiamento favorito e diffuso dal potente veicolo della tecnologia dell'informazione che da essa trae ulteriore impulso.

2.2. - La promozione

La presente evoluzione è stata in parte anticipata e profetizzata da un uomo, Shakespeare, che non fu molto capito alla sua epoca.

Per intenderne meglio la sua linea di pensiero, desidero ripercorrere rapidamente le principali tappe del pensiero economico moder-

[N.d.R.] Testo della relazione presentata al Congresso della Società Italiana di Fisica, tenuta a Padova nell'ottobre del 1986.

no, sfruttando alcuni righe di una mia conferenza^(*).

Il primo vero economista dell'era moderna, *Adamo Smith*, aveva visto nel mercato e nei fattori di produzione le armi ed il campo di battaglia assolutamente ideali e congeniali per le attività industriali allora nascenti. In un sistema che si veniva a basare sulle ferree leggi della domanda e dell'offerta libera, con la sua dottrina del «*mercato libero*» Smith, com'è noto, ripudiava ogni intervento dello Stato, concetto com'era nel suo ottimismo che la «*mano invisibile*» (come lui la definiva) del meccanismo economico, anche se operante in virtù d'interessi individuali, promuovesse in ultima analisi il benessere della comunità.

A distanza di quasi cento anni il tedesco *Carlo Marx*, come conseguenza della sua filosofia sociale ed in aperta antitesi a Smith, apre il concetto di economia *piuvficata e dirigistica*, facendo scomparire il criterio di competizione e confinando il capitalismo ad una fase transitoria dello sviluppo socio.

Successivamente fu l'inglese *John Keynes* che introdusse i concetti di *economia mista* che tanta influenza hanno avuto nelle misure politiche di base terminate delle nazioni moderne.

Con un'audacia incredibile egli aveva rovesciato vecchie dottrine sostenendo che è l'*offerta* il valore determinante mentre la *domanda* è una sua risultante: egli propose pertanto un metodo per *correggere il capitalismo* e non per rovesciarlo ed in questo senso egli fu agli antipodi di Marx.

È dello stesso periodo un altro pensatore *Joseph Schumpeter* (nato nello stesso anno di Keynes) il quale nel 1910, all'età di soli 26 anni, metteva in luce in forma limpida e chiara una funzione fondamentale dello sviluppo: questa funzione è l'*innovazione* intesa in senso molto lato e da lui definita come *l'introduzione di un nuovo modo di utilizzare le risorse produttive*. L'innovazione è perciò base propulsiva del dinamismo economico della società industriale.

L'idea di Schumpeter dello spirito d'*imprenditorialità*, come essenza stessa dell'economia moderna, proviene, come egli stesso ammette, dal pensiero marxiano, ma il pensatore austriaco la usò per rifiutare Marx in quanto il profitto non viene da lui considerato

to un plusvalore rubato al povero, ma la sola fonte di rendita e di occupazione. *Nessuno ottiene pertanto profitti reali tranne l'imprenditore innovatore.*

La «*visione*» di Schumpeter (come egli stesso aveva definita) non rimane ancorata, come altri pensatori dell'epoca, alla storia del progresso interpretata come cicli (ad *waves*) di varia durata associati alle *besties* innovazioni storiche dell'era industriale: la macchina a vapore, la ferrovia, il tessile, l'elettricità, l'acciaio, l'automobile, ecc. Schumpeter cerca di spingersi oltre per capire lo sbocco di questo processo di sviluppo. Egli assegna così all'innovazione, non solo tecnologica ma anche industriale nel suo più vasto significato, il ruolo centrale per l'evoluzione delle «*società industriali*».

Ma non è compito di quest'articolo cercare di fare gli storici del pensiero economico ma piuttosto quello di portare un piccolo contributo al problema di come va evoluta l'era attuale, già di per sé abbastanza complessa.

2.3. - Le sfide verso la società post-industriale e le conseguenze

I fenomeni che caratterizzano il passaggio dalla fase primaria alla fase terziaria avanzata o post-industriale sono descritti nella matrice di Fig. 1 che ne caratterizza gli elementi di instabilità nonché un gruppo di fondamentali ed intrinseche caratteristiche.

Per quanto riguarda il nostro paese, molti hanno rilevato che non è ancora sufficientemente diffusa, né *consolidata* né *estrinsecamente*. Figuriamoci allora quella post-industriale!

Purtroppo, a mio parere, questa analisi è non del tutto sbagliata: bari pensare da un lato a come opera la *domanda pubblica* e dall'altro all'assetto istituzionale storico dell'*istituzione*, paralizzata tutt'è dalla burocrazia statale, per essere un po' pessimisti sullo sviluppo in Italia della «*società industriale*» dallo stadio in cui si trova adesso.

Ci si può allora porre la domanda se vale la pena di preoccuparsi. La risposta è semplicemente affermativa perché di queste trasformazioni generali (e che, piacciono o meno, non si possono né arrestare né frenare) se tutti si è in qualche modo *attenti* se ne diventa *attivo*.

È le conseguenze negative sotto molto gravi e pesanti con conseguenze:

(*) G. VANNUCCHI *Etica industriale post-atomica*, L'Espresso, n. 2, vol. LXXXI, n. 4, aprile 1984.

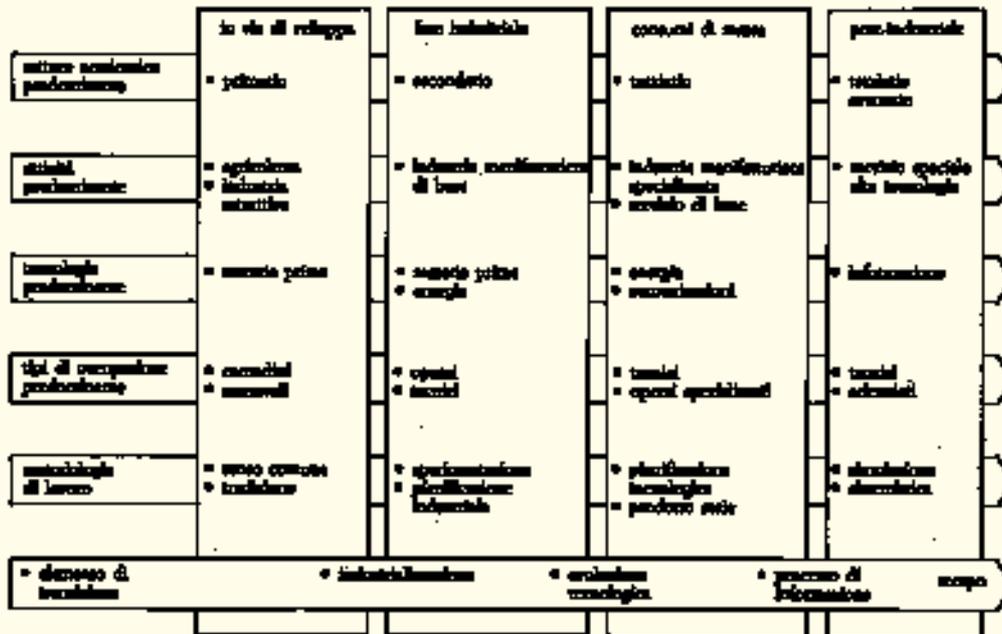


Fig. 1. - Alcune tipologie delle strutture produttive in sviluppo all'interno della civiltà industriale.

Il divaricarsi tecnologico e quindi economico da altri paesi con conseguente incapacità sia a generare capitali (per nuovi investimenti) sia a generare nuove conoscenze.

2) disoccupazione diffusa a tutti i livelli di scolarità e carenza di sviluppo di nuove professionalità;

3) ruolo basso (subito e non scelto) nella cosiddetta «evoluzione retrospontanea del lavoro» che sta portando diversi paesi ad un processo di specializzazione a gradi differenziati.

A commento generale di questi tre punti va infatti notato che è pur vero che le innovazioni rivalutano l'occupato ma, per chi non è protagonista, esse hanno tutte in comune una dura realtà: sono «job killing» (sopprimono lavoro) sia in quantità (per la maggior efficienza produttiva) che in qualità (professioni e mestieri non più necessari).

In altre parole, il processo (complessivamente benefico) descritto da Schumpeter nella sua analisi dell'innovazione è di per se stesso una «distruzione creativa» (come egli aveva definita) e genera di conseguenza i due opposti aspetti: quello positivo per i protagonisti dell'innovazione, quello negativo per gli ob-

soleti (stano nei settori di attività od operanti) con scarse o nulle possibilità di recupero.

Questa barriera inoltre tende a crescere fino a diventare insuperabile per la mancanza di un effetto di reazione positiva che si può così brevemente riassumere: da conoscenze e tecnologie, da tecnologie a profitti, da profitti ad investimenti, da investimenti a nuove tecnologie e nuove conoscenze e così via.

In mancanza di questo ciclo, per continuando un proprio relativo processo evolutivo, interi sistemi ed aree geografiche possono venire a trovarsi ad operare in settori diversamente diversi da quelli di altri paesi con un conseguente ruolo di retroguardia anziché primario.

3. - Cosa fare?

Rispetto al quadro presentato, la risposta alla domanda «cosa fare?» non può essere altro che ascoltare la sfida.

Ovviamente ciò è facile a dirsi ma impegnativo e non facile a farsi. Ma non c'è alternativa per l'industria o i singoli individui che vogliono «realmente» sopravvivere.

A questo proposito vale la pena citare un

penso del prof. Colombo, presidente dell'ENEA, che ben riassume tutti i concetti precedenti: «Chi non è in grado (o esita) — sia esso imprenditore o lavoratore — di risottere potenzialmente alle nuove tecnologie, risuocia alle opportunità che esse portano con sé e perciò deprime l'economia entrando in una spirale perversa di contrazione del lavoro, della produzione, della ricchezza».

Ma cerchiamo di vedere quali sono gli aspetti ed i problemi salienti per *riserche e sapere degamente* nella fase evolutiva attuale.

Essi possono riassumersi essenzialmente nei seguenti quattro punti:

- 1) cogliere l'importanza della ricerca e *tipizzazione a livello paese;*
- 2) cogliere le connessioni tra *scienze e tecnologia;*
- 3) prepararsi al sempre più marcato processo di *«dematerializzazione dei beni»*, effetto tipico della società dei servizi;
- 4) lavorare intensamente sulla *formazione e preparazione delle risorse umane* come elemento fondamentale della difficile gestione del stabilimento.

Qualche commento su ciascuno di questi punti basilari.

3.1 - Ricerca e innovazione

Le peculiari caratteristiche di questo tema sono a mio parere molto ben riassunte nel diagramma di fig. 2^(*) perché omnicomprensivamente i vantaggi della ricerca finalizzata e organizzata tipica di un'industria o, più in generale, di quella a livello paese (ed è ciò che qui ci interessa).

Il cuore del diagramma è la parte indicata con «capacità»: più capacità si possiede, ossia più conoscenze di base e più tecnologie, tanto più si è in grado di recepire ulteriori stimoli dal mondo esterno.

Una volta recepiti gli stimoli si avvia l'idea nuova e si parte con la ricerca che è prima di tutto accettazione del rischio. Essa tuttavia deve soddisfare al requisito, sia pure sul lungo periodo, di autofinanziarsi, ossia di generare più successi che insuccessi.

In ambedue i casi si ha tuttavia come risul-

(*) G. Vannucchi, *Il ruolo delle risorse nell'evoluzione delle imprese e delle società*, L'Espresso, vol. LXXI, n. 21, novembre 1983.

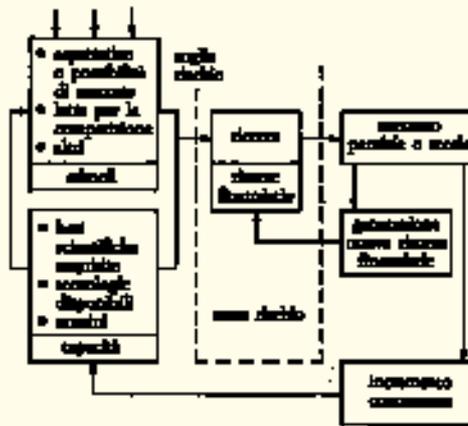


Fig. 2. - Il ciclo della ricerca a livello di una singola industria o di un intero paese.

tato un aumento di conoscenze e, con effetto di reazione positiva, ci si porta ad aumentare le «capacità». Più «capacità» e maggiore propensione a reagire agli stimoli esterni e così il ciclo riprende.

Di questo ciclo, elemento fondamentale oltre quelli citati, è il «tempo», sempre più importante nel determinare il successo di una ricerca.

Un esempio: due anni fa fui interpellato dagli amici universitari per un programma finalizzato sulla telecomunicazioni da proporre al CNR: oggi forse tale programma sta prendendo l'avvio ma sono sicuro che se rivedessi i temi proposti ne cancellerei alcuni, ne introdurrei altri e quanto meno darei differenti priorità.

3.2 - Rapporti tra scienza e tecnologia

La contemporaneità tra scienza (ricerca di base, ricerca scientifica, ecc.) e tecnologia è cosa non nuova nella storia della passata rivoluzione tecnica rimanendo però, nel passato, i due sviluppi abbastanza indipendenti.

È invece nuova (qualche decennio) la *risestruccitura* completa sinistri tra scienza e tecnologia in cui l'una e l'altra si condizionano al raggiungimento di nuove conoscenze e nuove applicazioni.

Basti pensare all'esempio dell'invenzione del transistor in cui tecnologia e fisica dello stato solido sono state strettamente connesse durante tutto il processo di studio che ha portato nella mente dei ricercatori Bell all'applicazione desiderata.

Un amico che ci ha lasciato, Ercole De Ca-
zzo, con riferimento all'esempio, mi diceva
spesso: «occorre avere delle idee chiare sull'
applicazione che si vuole ottenere per avere
inventive anche nelle ricerche di base, in par-
ticolare nel campo dei dispositivi elettronici».

Si pensi ancora all'esempio dei biofarmaci
ed all'ingegneria genetica; ai nuovi materiali
ceramici ed ai tecnopolimeri ottenuti attra-
verso le nuove conoscenze scientifiche sulle
proprietà fisico-chimiche dei solidi.

Non è più possibile quindi tracciare facil-
mente confini tra scienza e tecnologia ed è
anche difficile dire quale delle due consegua
all'altra. Cogliere chiaramente questo rappor-
to è essenziale per capire come la ricerca uni-
versitaria (e la ricerca di base più in generale)
debba essere un tutt'uno con ricerca tecnolo-
gica applicata nel contesto del processo d'in-
novazione di una nazione.

In altre parole, se da un lato è evidente il
contributo della ricerca di base allo sviluppo
della ricerca tecnologica, dall'altro lato
essere altrettanto chiaro quanto l'impiego di
tecnologie industriali d'avanguardia abbia
contribuito, specie nei campi della fisica e
della chimica fondamentale, alle più recenti
scoperte.

Per fare qualche esempio pensiamo ai si-
stemi di acquisizione ed elaborazione veloci
dei dati, ai microscopi elettronici, ai sistemi
di crescita dei cristalli ma anche agli algorith-
mi matematici di programmazione lineare, ai
metodi di analisi statistica, ai modelli di siste-
mi complessi, studi tutti nati dalla spinta del-
la ricerca applicata.

In sintesi: al di là della «cross-fertilization»
occorre che il mondo accademico (e qui mi
riferisco in particolare a quello italiano) ac-
cetti il valore della ricerca tecnologica e di
una sua intrinseca validità, oltre ai fatti eco-
nomici, anche ai fini della ricerca di base.

Oggi l'industria è profondamente cambiata
e ancor più lo sarà nel prossimo futuro, come
vedremo tra poco parlando del processo in
corso di «dematerializzazione del bene». Sa-
rebbe quindi un grave errore di prospettiva
per chi vive nel mondo accademico conside-
rare ancora l'industria a livello ottocentesco e
tayloristico dove il fenomeno produttivo e la
«fabbrezza» hanno il sopravvento su tutto.

3.3. - La «dematerializzazione del bene»

Un altro fattore evidente che caratterizza

la fase attuale di cambiamento è il graduale
ma deciso spostamento della «produzione»
industriale da prodotti «standard» tradizio-
nali destinati al consumo, verso prodotti funzio-
nali o servizi destinati al soddisfacimento di
nuove esigenze di natura più elevata di quelle
tipicamente consumistiche.

Basti pensare ai «personal computer», ai
sistemi telematici, ai sistemi CAD/CAE/
CAM, tutti orientati a rendere meno noiose e
più rapide e creative alcune fasi del nostro la-
voro.

Lo stesso orientamento è riconoscibile nel-
lo sviluppo delle nuove tecnologie biomediche
e chimiche più orientate al miglioramento
funzionale di organismi animali e vegetali
piuttosto che all'introduzione, talora forzata e
non sempre innocua, di ciò che si considera
carente (farmaci, fertilizzanti, anticiparassitari,
ecc.).

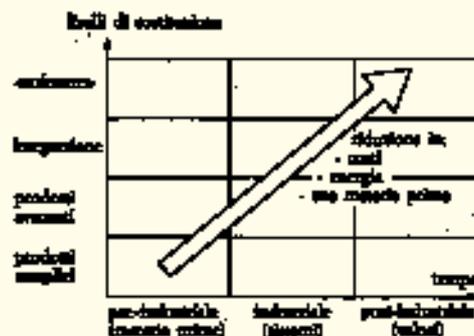
Questo graduale processo della ricerca
base da materiali/energia a «senso-bono» e
«software» e quindi a «conservare» è ben rap-
presentato nel diagramma di fig. 3.

Come si vede dalla figura l'evoluzione è
accompagnata da sempre minori costi diretti,
da sempre minor consumo di materie prime
e di energia. Lo stadio finale del processo
sarà un «prodotto» a costo diretto pratica-
mente nullo, con uso infinitesimo di materie
prime per la sua costruzione e, successivamen-
te, con impiego di energia necessaria al
suo funzionamento altrettanto infinitesimo.

A tale stadio, cioè, tutti i costi (indiretti) si
saranno trasferiti alle «conoscenze» necessarie
per raggiungere tali risultati.

Tale evoluzione sarà perciò accompagnata
dal peso relativo sempre più ingente d'investi-
menti in manodopera intellettuale più che

Fig. 3. - La dematerializzazione del bene



in mezzi e risorse umane per la produzione.

Per un paese come il nostro, povero di materie prime ma ricco di uomini e di cervelli, l'introdurre in questo processo di tecnolizzazione che pone l'attenzione non sul «consumatore» ma sull'uomo nella sua completezza deve pertanto tradursi al più presto in un fondamentale obiettivo di scelta strategica nazionale.

In particolare, questo processo di «sistemizzazione dei beni» sta portando sempre più a necessità di elevazione teorica nella ricerca. Di conseguenza è sempre più essenziale il contributo congiunto e coordinato del mondo politico oltre a quello accademico ed industriale se si vuole evitare quel decadimento nella scala dei valori interazionali ricordato poco sopra.

Questa necessità di coordinamento e d'intervento politico ha avuto nel nostro paese molte più ombre che luci: basti pensare ad un settore come quello elettronico vicino all'attività che mi è propria, a quanto poco è stato fatto nel passato a livello politico per riproporre un campo di fondamentale importanza strategica qual'è quello dello stato solido e degli studi sulla struttura dei materiali.

3.4. - Formazione e preparazione delle risorse umane

Se tutta l'analisi precedente è corretta, non vi è dubbio che la trasformazione più importante per un paese riguarda proprio le risorse umane investite in pieno dal «sistema» e dalla sua capacità sia in veste di «oggetto» del cambiamento stesso che di attori e gestori del medesimo.

Se vogliamo pensare ad un esempio che mi è particolarmente familiare basti considerare che nell'industria delle telecomunicazioni molti giovani entrati come progettisti «hardware» hanno dovuto nel giro di pochi anni trasformarsi in progettisti di sistemi con conoscenze adeguate sul software, sulle tecnologie di base e sulle tecniche di progettazione del CAD-CAM.

L'introduzione dei sistemi di automazione flessibile di fabbrica combina insieme, in simboli unici, conoscenze di robotica, di software, di comunicazioni, di organizzazione di «alta base» oltre che di specifici processi produttivi e questo solo per citare le più importanti tematiche.

L'aggiornamento dei professori, nel corso

della loro carriera universitaria, avrà pertanto un'enorme importanza futura sia in direzione specialistica sia per sviluppare prima negli insegnanti e successivamente negli allievi una forte mentalità interdisciplinare.

Una solida e profonda conoscenza delle materie di base ed una preparazione ampiamente interdisciplinare saranno gli strumenti più idonei per un moderno studente di fisica o d'ingegneria.

È inutile (ed in questo sono in disaccordo con altri miei colleghi industriali) che l'università perda tempo ad insegnare un *indirizzo specifico* perché tra il periodo degli anni di studio, servizio militare, introduzione nel mondo del lavoro, il *mentire studiato* sarà stato già ampiamente superato dalla rapida innovazione.

Nella mia lunga carriera industriale ho visto numerosi specialisti in grado di dare idee innovative; esse nascono soprattutto da persone con un'ampia e solida cultura di base e con menti non ancorate all'«oggi» ma ben aperte al futuro.

È necessario pertanto che gli studenti si sentano da subito inseriti in un sistema ampio ed articolato, responsabilizzato alla scienza ed alla tecnologia, e che l'università in tutte le sue articolazioni non rimanga terra d'avvolto ma si trasformi, con l'aiuto di valide forze esterne, per sentirsi pienamente partecipe del sistema paese che è l'unico che può avere una speranza di salvezza.

È vitale, di conseguenza, anche per questo motivo, instaurare sempre di più in Italia un efficace dialogo e collaborativo tra università ed industria, ispirandosi a quelle stesse vie che USA e Giappone hanno già efficacemente trovato.

4. - La ricerca fisica e l'industria elettronica in Italia

Prima di concludere vorrei soffermarmi brevemente su alcuni temi e osservazioni specifiche.

In preparazione a questo articolo, avevo chiesto ai miei collaboratori di elencarmi i temi nuovi d'interesse della componentistica elettronica e quelli sui quali sono già in corso studi o sono previste ricerche a breve a livello nazionale.

L'elenco che mi hanno fatto mi ha lasciato letteralmente stupefatto per l'elevato numero di argomenti in studio ma anche per la miriade

di microattività che si va svolgendo nel nostro paese nell'ambito dei materiali e dei relativi processi: dagli studi sui conduttori polimerici a quelli sui cristalli di arseniuro di gallio (GaAs) e fosforo d'indio (InP) o sui composti quaternari; dai nuovi «resisti» per litografia a fasci elettronici o ionici, ai moderni processi d'implantazione, alla litografia a raggi X, ecc.

Ma alla richiesta di darvi alcune ipotesi di finalizzazione di queste attività ed in particolare dove e chi avrebbe costruito prototipi di laser DFB o di LED e APD quaternari, o transistori HEMT e bipolari ad eterogiunzione non sono riuscito ad ottenere una precisa risposta.

Se da un lato quindi ho scoperto in persona e con grande piacere quante cose intenzionalmente si stanno facendo in Italia nel campo della struttura dei materiali, dall'altro sono rimasto assai perplesso nell'avvertire l'assenza di un piano organico e coordinato tra la miriade di ricerche.

Occorre perciò avere il coraggio di segnalare la pericolosità di una tale situazione e, se questa capacità di coordinamento manca alla classe politica o non riesce ad esercitarla il CNR, è necessario un maggior sforzo dei singoli centri di ricerca e dei singoli individui per coordinarsi tra di loro superando le inevitabili rivalità parocchiali onde evitare di rendere vano lo sforzo di tutti.

Occorre inoltre spingere tutti insieme (e qui ci metto anche l'industria) affinché anche in Italia, unica a mancare tra tutte le nazioni europee, si possa creare un centro di microelettronica ed un centro di ottica a livello nazionale in grado tra l'altro di costruire quei campioni (laser, LED, rivelatori, circuiti integrati) che servono al ricercatore per verificare le proprie ipotesi.

Inoltre, anche se qualcuno si è mosso negli ultimi anni (e credo che Telettra abbia dato in questo senso un suo buon contributo), occorre spingersi a forme più integrate di «joint venture» tra mondo industriale e mondo universitario.

Perché ulteriori concreti passi possano essere fatti permettermi però di rivolgere due pressanti consigli al mondo accademico:

1) occorre non aver paura di scegliere ed affrontare temi che, pur generando una minore «pubblicità», siano più in linea con risultati scientifici traducibili in applicazioni finalizzate d'interesse industriale;

2) è necessario lavorare, a parte la vera e propria ricerca di base, con una mentalità che, pur nei limiti dell'incertezza della ricerca, ponga anche l'obiettivo temporale come uno dei parametri fondamentali ai fini della valutazione dei risultati.

Sotto questo aspetto, l'occasione offerta dai vari piani finalizzati (MEDES, chimica fine, informatica, telecomunicazioni, ecc.), dai piani nazionali (Microelettronica) e da quelli europei (Esprit, Race, Eurata — quest'ultimo, per inciso, interessante per l'agile burocrazia) non va assolutamente persa e può costituire una fase insostituibile di prova sul campo di nuovi modi di collaborazione.

Anche a livello europeo sta sempre più prendendo piede la coscienza dell'importanza della collaborazione tra industria ed università ed è proprio di questi giorni l'approvazione di un piano europeo che favorisce questo processo.

Una nuova «Cultura della Ricerca» va dunque perseguita; una cultura che abbia il coraggio di valorizzare il contenuto scientifico della fase di transizione dalla ricerca di base alla ricerca applicata.

In una mia recente conferenza tenuta in Telettra, Leo Esaki, parlando di dispositivi ad eterostruttura e delle nuove tipologie di componenti (multilivelli) realizzabili con questa tecnologia, identificava questo processo come uno degli esempi più evidenti di necessità di sforzo congiunto fra università ed industria, non essendo possibili investimenti consistenti fuori dalle aree industriali, né competenze e studi di base adeguati fuori dalle aree accademiche, *non sapendo però dire a priori se la rivoluzione che questa tecnica introdurrà nella componentistica sarà maggiore nel campo della fisica di base o nel campo industriale.*

Il non essere allineati a questo nuovo modo di «ricercare» può dunque penalizzarci alzando ulteriormente il «gap», non solo scientifico ma anche culturale e gestionale, fra noi e quei paesi che queste cose le hanno capite. Al contrario il capire questo concetto può far sì che il nostro paese s'inscriva con successo nel ruolo autosufficiente di scienza e tecnologia.

Universitas scholarium

L'Università di Padova e la sua Facoltà di Ingegneria

È tradizione plurisecolare che il conteggio degli Anni Accademici dell'Università di Padova decorra dal 1222. In realtà, non tutto è noto e chiaro per quanto riguarda le origini dell'Ateneo; è invece saldamente documentato che, tra tutte le Università italiane la cui esistenza non si è mai interrotta, Padova è, per anzianità, seconda solo a Bologna. Vaghe tracce indicano che già prima del 1222 alcuni monasteri di Padova erano sedi di studi superiori, sia ecclesiastici sia liberali; ma fu appunto il 29 settembre di quell'anno fatidico che il Vescovo Giordano e il Podestà Giovanni Rusca, congiuntamente, concessero asilo ad un folto gruppo di docenti e discepoli che avevano abbandonato Bologna per protestare contro restrizioni che colà erano state imposte alla libera ricerca accademica. In ricordo di questa particolare motivazione della sua nascita, l'Ateneo Patavino si fregia del motto "Universa Universis Patavina Libertas"; un motto del quale ha saputo mostrarsi degno anche in tormentate epoche recenti.



Lo Studium, organizzatosi subito come "Universitas scholarium", cioè come comunità a sé stante ed autoregolamentata, divenne in breve famoso in tutta Europa, grazie al fiorirvi del sapere giuridico, che fu presto seguito, agli albori dell'Umanesimo, dalla fondazione di scuole di medicina, di filosofia e di lettere antiche. Contrasti d'interesse tra Facoltà diverse di un grande Ateneo multidisciplinare non sono un'invenzione dei nostri tempi; non fu certo per caso se un laborioso e delicato processo di riforma, cui misero mano le massime autorità civili e religiose della città e che durò dal 1360 al 1399, portò ad uno sdoppiamento dell'Università di Padova: da un lato v'era la Universitas Iuristarum, dall'altro la Universitas Artistarum, formula in cui si compendiano tutte le altre discipline allora coltivate, le quali erano viste

all'epoca, forse anche sotto l'influenza del pensiero islamico - si pensi alla figura poliedrica di Averroè - come costituenti un unico sapere. Anello di congiunzione tra le due Università, che avevano sedi separate ed eleggevano ciascuna il proprio Rettore, fu, a partire dal 1363, la Facoltà di Teologia. Questa dicotomia andò gradualmente sparendo

Palazzo del Bo, sede dell'Università di Padova dal 1493 (da un'antica stampa).



solo nel XVI secolo, per intervento della Serenissima Repubblica di Venezia, nel cui "territorio di terraferma" Padova - libero Comune alla fondazione dell'Università, e poi sede della breve ma illuminata Signoria dei Carraresi - era stata incorporata all'inizio del Quattrocento.

Ininterrottamente nei secoli giunsero a Padova personaggi quanto mai insigni, che diedero lustro alla città e i cui nomi rimasero indissolubilmente legati nella storia a quello dell'Università. Nel Cinquecento l'Ateneo patavino fu tra i protagonisti dei grandi sviluppi della medicina clinica; il ruolo svolto in questo processo da Andrea Vesalio e dalla sua scuola è testimoniato tra l'altro da due tra i

monumenti più insigni della città: il teatro anatomico e l'orto botanico. Il primo fu costruito nel 1594, per volontà di Girolamo Fabrici

d'Acquapendente, allievo del Vesalio; esso è tuttora perfettamente conservato all'interno del Palazzo del Bo, sede centrale dell'Università.

Rimarchevole è il fatto che, grazie alla sua perfezione tecnica, esso rimase in uso corrente per le lezioni di anatomia patologica fino al 1872. L'orto

botanico fu concepito inizialmente come strumento per lo studio scientifico delle interazioni - nel bene e nel male - tra il mondo vegetale e la salute dell'uomo, e divenne celebre nei secoli anche per le testimonianze scritte che ne lasciarono visitatori insigni, famoso fra tutti J.W. Goethe, la cui palma, ormai giunta ad un'età veneranda, è oggi amorevolmente protetta contro i rigori del clima da una complessa struttura appositamente costruita attorno alla pianta stessa. Oltre alla medicina e al diritto, prosperarono anche le scienze fisiche e matematiche: alla fine dello stesso secolo XVI giunse a Padova Galileo Galilei, il quale nei diciotto anni ivi trascorsi portò a compimento le principali fra le sue ricerche astronomiche e pubblicò le sue opere più rivoluzionarie; la Patavina Libertas seppe allora tener testa persino all'Inquisizione.

Un elenco di nomi di grandi Maestri sarebbe necessariamente incompleto e noioso, e rappresenterebbe un inutile riassunto di scritti ampi ed analitici che sono a disposizione del lettore interessato ad approfondire l'argomento. Una piccola eccezione a questa regola è doverosa, in quanto non si può non citare almeno fugacemente un altro secolo d'oro della medicina, il Settecento,



Palazzo del Bo:
teatro anatomico
di Girolamo Fabrici
d'Acquapendente
(1594).

epoca nella quale si erge sopra tutte la altre la figura di Giovanni Battista Morgagni, professore tanto di medicina clinica quanto di anatomia, a significare la perfetta sintesi tra scienza e pratica. Sembra inoltre opportuno dedicare qualche riga al fatto che taluni personaggi che frequentarono l'Università di Padova in veste di studenti divennero poi non meno famosi dei loro stessi Maestri. Copernico frequentò a Padova le Facoltà di Giurisprudenza e di Medicina; laureati a Padova - taluni in Teologia, altri in Medicina - furono i più fedeli ed illustri collaboratori di Enrico VIII d'Inghilterra, il quale fu anch'egli a Padova in gioventù e forse vi attinse una buona parte di quel sapere teologico che gli valse grande fama in vita e che gli consentì di gestire lo scisma anglicano da autentico protagonista non solo in quanto depositario del potere assoluto, ma anche quale persona ferratissima sul terreno dottrinario e normativo.



Rettore dell'Università di Padova (XVII secolo).

Meno note, ma forse non prive di interesse per i lettori del Notiziario, sono le vicende storiche delle scienze applicate, vicende le quali possono essere viste come veri e propri antefatti della fondazione dell'attuale Facoltà di Ingegneria. Della gradualità con cui ebbe luogo nel tempo la separazione fra ricerca pura e ricerca tecnologica, e del livello di compenetrazione che a lungo si ebbe fra scienze astratte ed applicazioni, sono ampie ed autorevolissime testimonianze vari scritti dello stesso Galileo, il quale a Padova ebbe spesso ad occuparsi non solo della realizzazione degli strumenti che impiegò poi nelle sue ricerche sperimentali, ma anche della progettazione di ordigni bellici e di costruzioni civili e militari. Ma è con ogni probabilità il Secolo dei Lumi l'epoca più significativa sotto il profilo dell'emancipazione del sapere tecnologico, e particolarmente emblematica appare in esso la figura di Giovanni Poleni (Venezia, 1683 - Padova, 1761). Dopo "aver atteso con ardore allo studio della filosofia, delle lettere antiche, della teologia e quindi della matematica e della fisica", il Poleni ebbe a 25

Professore dell'Università di Padova (XVII secolo).



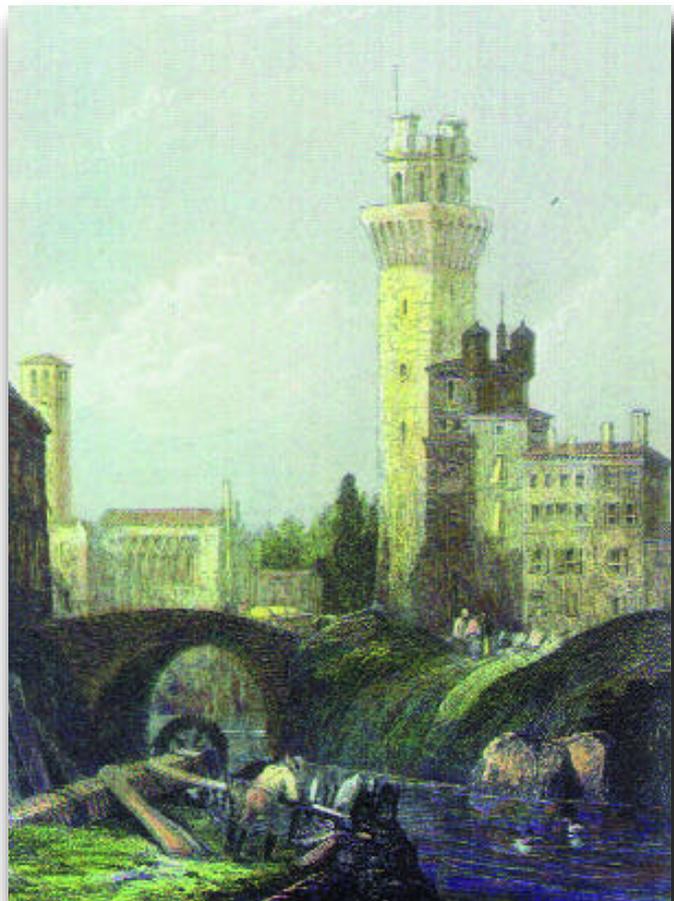
anni la cattedra di astronomia a Padova, ed in pari tempo ebbe dal Senato della Serenissima Repubblica di Venezia il mandato di sovrintendere alla regolazione delle acque nella bassa Lombardia, dove in particolare veniva riconosciuta all'epoca l'importanza e l'urgenza dei problemi connessi alla sistemazione di Mantova. Egli è oggi considerato uno dei pionieri dell'idraulica moderna ed è ricordato come inventore di strumenti di misura che hanno segnato la storia di tale disciplina; taluni pezzi originali della sua strumentazione sono tuttora conservati presso il Dipartimento di Fisica dell'Università. Inoltre, le vicende del Poleni attestano assai bene quanto profonda sia stata nei secoli l'integrazione tra l'Università e il suo territorio, con beneficio reciproco: alla fioritura in Padova di

un'importante scuola di idraulica non furono certo estranee la complessità della laguna veneta e le difficoltà nel gestire i corsi d'acqua che in essa sboccano; ma d'altra parte, se l'abitato di Venezia è giunto ai giorni nostri in condizioni certamente critiche, ma non ancora disperate come invece è purtroppo accaduto per altri luoghi morfologicamente simili, come Aquileia o Torcello, gran merito di ciò è dovuto ad imponenti opere di idraulica marittima e fluviale, realizzate prima dalla Serenissima, poi dall'Impero Austriaco ed infine dal Regno d'Italia, tra il XVII e il XIX secolo, opere le quali furono in buona parte ideate e progettate nell'Ateneo patavino.

L'epoca napoleonica - una transizione di secolo che, come ben noto, fu particolarmente tumultuosa per le terre venete - ci ha lasciato una messe di documenti nei quali si trovano ampie e complesse testimonianze di un grande interesse, tanto sul versante francese quanto su quello austriaco, ad istituire in Padova corsi di studio dichiaratamente finalizzati alle applicazioni tecniche. Un insigne Collega ha appassionatamente consultato queste fonti e sta per dare alle stampe un'opera che molto dirà sulla storia dell'ingegneria italiana, in generale, e dell'ordinamento dei relativi studi, un'opera che molto potrà insegnare ai riformatori di oggi se essi avranno la pazienza di leggere e meditare. Fu comunque nel 1806 che per la prima volta la Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali istituì in Padova un corso di studi universitari alla conclusione del quale veniva conferita la Laurea in Ingegneria Civile; ma fu solo dopo l'Unità d'Italia, con Regio Decreto dell'8 ottobre 1876, che ebbe ufficialmente inizio la vita autonoma della Scuola di Applicazione degli Ingegneri, la quale - con diverse denominazioni che corrisposero via via nel tempo a diversi gradi di autonomia dal resto dell'Ateneo o di integrazione nel medesimo - ha da allora in poi assolto il compito di "dare l'istruzione scientifica e tecnica necessaria" a chi voglia intraprendere la professione di ingegnere.

Oggi la Facoltà d'Ingegneria padovana si articola in undici corsi di Laurea e cinque corsi di Diploma Universitario; con un totale di oltre 12 mila studenti, è la Facoltà più numerosa dell'Ateneo, il quale a sua volta, con circa 60 mila iscritti, rientra nel novero delle Università

*"La specola",
torre di
osservazione
astronomica
dell'Università
(da un'antica
stampa).*





"La Sapienza e le Discipline" di Giulio Carlini. Particolare del soffitto dell'Aula Magna del Palazzo del Bo (1854).

italiane con i più alti numeri di iscritti. Gestire strutture di queste dimensioni, inserite in una città di soli 200 mila abitanti ed in un contesto socio-economico in rapidissima evoluzione, è uno dei molti problemi che gravano sulle spalle delle autorità accademiche, ad iniziare dall'attuale Rettore Giovanni Marchesini, il quale, come vari suoi predecessori di questo secolo e del precedente, è Professore nella Facoltà di Ingegneria.

Carlo Someda
Professore di Campi Elettromagnetici
presso la Facoltà di Ingegneria
dell'Università di Padova

[N.d.R.] Maggiori informazioni sulla storia dell'Università di Padova sono contenute nel libro di Lucia Rossetti, "The University of Padua - an outline of its history" - Edizioni LINT Trieste 1983.