

LIBRARY, ENVIRONMENTAL RESEARCH
LABORATORIES, NATIONAL OCEANIC AND
ATMOSPHERIC ADMINISTRATION
BOULDER, COLORADO

FEB 22 1977

L'onde électrique

REVUE MENSUELLE DE LA SOCIÉTÉ DES ÉLECTRICIENS,
DES ÉLECTRONICIENS ET DES RADIOÉLECTRICIENS

Volume 57 n° **12** DÉCEMBRE 1977

Volume 57, n° 12 DECEMBER 1977

LA VISUALISATION

TUBES POUR CONTRE MESURES

LE BRUIT ÉLECTRIQUE (2^e partie)

Le Courrier Électronique

LOCATION:

- ☐ Latest Issue to staffroom
- ☐ C-current display
- ☒ Current shelves
- ☐ Bibliography shelves
- ☐ Other

RETENTION:

- ☐ Current year only
- ☐ Other



MASSON

Paris New York
Barcelone Milan

Mini-T.O.P. large bande
et canon doté d'une
grille de commande.
VARIAN

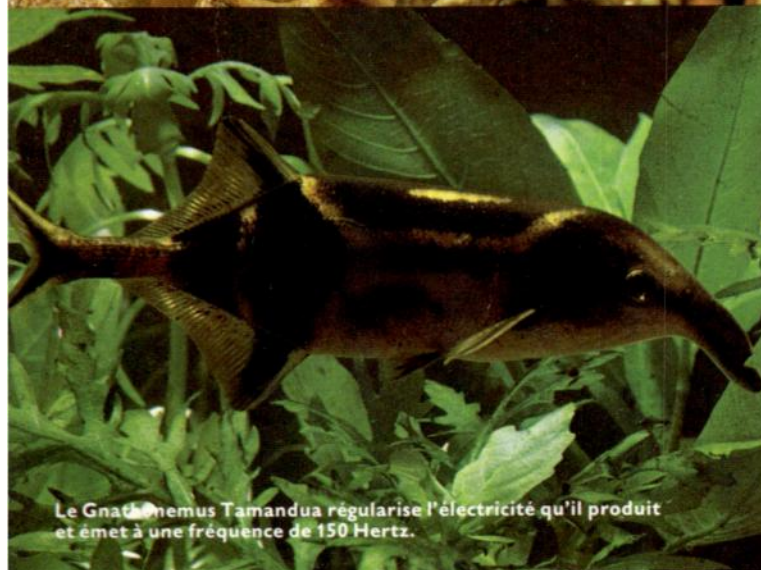
La nature fait bien les choses



Chez les abeilles, la communication est aussi perfectionnée que la société est organisée.



Le Béluga possède un des systèmes de détection les plus perfectionnés.



Le Gnatcatcher Tamandua régularise l'électricité qu'il produit et émet à une fréquence de 150 Hertz.



Le Kallima accomplit une simulation parfaite des feuilles, y compris les veines et les taches.

Une autre façon de les concevoir

Cette autre conception est née de la technologie avancée et de la volonté d'entreprendre de LMT.

Résolument tourné vers l'avenir, LMT a su, tant en France que dans 80 autres pays, imposer l'image de haute technicité de ses produits par un grand nombre de réalisations dans de nombreux domaines : télécommunications, aviation et radars, simulateurs et systèmes électroniques, condensateurs...

Maîtrisant aujourd'hui les technologies de demain, LMT développe et met au point chaque jour

des produits qui équiperont le monde à venir : commutation temporelle et matériels de péricommution, simulateurs de centrales nucléaires, matériels embarqués destinés aux avions de la prochaine décennie, participation au réseau intégré de transmission automatique militaire, multidétecteurs nucléaires.

Mais cette efficacité technique, LMT sait aussi la traduire en termes de service pour que son expérience soit toute entière à votre disposition.

LMT, c'est bénéficier d'une longueur d'avance.



COURRIER DES LECTEURS

On a parlé d'une Conférence de Radiodiffusion par satellite en 1977. Quel est l'objet de cette Conférence et quels en sont les principaux résultats ?

R. LEPLUS
Bagnolet

RÉPONSE :

Les satellites, et en particulier les satellites géostationnaires, sont actuellement utilisés comme moyen de communication point à point pour le téléphone comme pour la télévision mais la faible puissance d'émission et le souci d'arroser pratiquement toute la surface de la terre visible du satellite conduit à avoir des stations de réception équipées de très grandes antennes paraboliques et des récepteurs très élaborés. Une telle station est d'un prix très élevé, hors des possibilités des particuliers.

Avec les progrès techniques, on peut maintenant envisager la réalisation de satellites dont l'émetteur arrose seulement un pays donné, comme la France par exemple, avec une puissance suffisante pour qu'une antenne parabolique, d'un diamètre inférieur au mètre, bon marché, associée à un étage électronique également simple, soit capable de capter le signal pour un prix de vente «grand public».

Cet équipement complètera ainsi le récepteur actuel.

On peut réaliser effectivement un satellite de radiodiffusion directe en donnant à ce nouveau service son sens précis qui est :

«Service de radiocommunication dans lequel les signaux émis ou retransmis par des stations spatiales sont destinés à être reçus directement par le public en général».

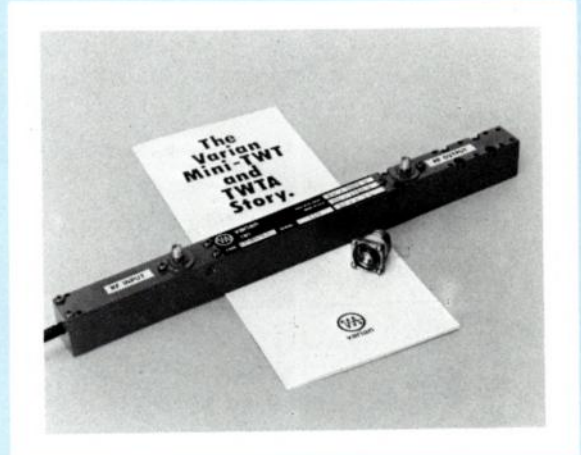
La possibilité pratique de réaliser ce système a entraîné la nécessité d'une entente internationale pour définir les normes techniques du système et la position des satellites sur l'orbite géostationnaire afin que les émissions ne se brouillent pas mutuellement et ne brouillent pas non plus d'autres services terrestres ou spatiaux.

La Conférence Administrative Mondiale des Radiocommunications (C.A.M.R. 77) s'est tenue en début de 1977 à Genève, après une longue préparation technique menée, tant au C.C.I.R. (Comité Consulta-

(Suite p. 715)

Sur notre couverture :

NOUVEAU : UNE GRILLE DE COMMANDE SUR LES MINI-T.O.P. LARGE BANDE



VARIAN annonce la commercialisation de ses nouveaux mini-T.O.P. large bande à grille de commande, caractérisés par une atténuation de 120 dB entre l'état passant et l'état bloqué.

L'utilisation d'une grille à polarisation négative plutôt qu'une électrode de focalisation ou une anode de modulation conduit à un blocage complet du tube avec des tensions de quelques centaines de volts, ce qui autorise l'emploi de modulateurs à transistors. Ces grilles permettent une coupure très rapide du faisceau tout en conservant une excellente focalisation à tous les niveaux de polarisation.

VARIAN propose pour ces tubes, des modulateurs miniaturisés qui présentent des temps de réponse typiques de 60 manosecondes, pour des largeurs d'impulsions de 20 manosecondes minimum. Leurs boîtiers sont prévus pour les environnements les plus sévères.

Les mini-T.O.P. à grille VARIAN sont disponibles pour applications commerciales ou militaires.

VARIAN apporte, des performances prouvées et la fiabilité nécessaire pour l'étude et le développement de nouveaux systèmes, ainsi que les capacités de production pour vos besoins à venir.

VARIAN : LE PROGRÈS EN TUBES HYPERFRÉQUENCES

Catalogue 1978, KLYSTRONS et T.O.P. sur demande.

 **varian**

DIVISION TUBES

Quartier de Courtabœuf, B.P. 12
91401 ORSAY Cedex
Tél. : 907.78.26 — Télex : 692435

8 volts

400 PICOSECONDES...

La Chenay Associés Communications 487

LE TUBE A RAYONS CATHODIQUES D10 220 BE : TRÈS GRANDE VITESSE D'ÉCRITURE : 50 cm/ns

- bande passante : 5 GHz
- grande sensibilité : 2 V/cm
- diamètre du spot très fin : 80 μm
- le seul tube à rayons cathodiques
fabriqué actuellement en série ayant ces
performances.

Les caractéristiques d'avant-garde ouvrent la

porte aux domaines d'applications suivants :

- mesure de phénomènes non récurrents
extrêmement rapides
- diagnostics d'engins
- commutation rapide, etc.

Ce tube fait partie de la gamme complète de
nos tubes à rayons cathodiques.



Tube à rayons cathodiques D10 220 BE

NOS CENTRES INDUSTRIELS : DES TECHNOLOGIES DE POINTE.

Service Lecteur : inscrivez le n° 005



R.T.C. LA RADIOTECHNIQUE-COMPELEC 130, av. Ledru-Rollin, 75540 PARIS CEDEX 11, tél. 355.44.99

Les sommaires de l'Onde électrique sont reproduits dans les Current Contents Engineering and Technology.

oe magazine

- 711 **Courrier des lecteurs**
- 716 **Télex**
- 719 **Événement**
- 728 **Informations générales**
- 728 **Télécommunications**

oe magazine

- 731 **Composants**
- 733 **Mesure et instrumentation**
- 734 **Informatique**
- 734 **Grand public**
- 735 **Nouvelles économiques**

oe magazine

- 737 **Nouveautés techniques**
- 744 **Activité des laboratoires**
- 745 **Livres reçus**
- 748 **Analyses de livres**
- 787 **Tables 1977**

oe magazine

Les systèmes de visualisation sont utilisés dans différentes branches d'activité : transports, industrie, télécommunications, distribution de l'énergie. Les progrès technologiques et le développement de l'informatique permettent de disposer de systèmes de visualisation plus souples d'emploi et de mieux en mieux adaptés aux applications.

Visualisation

- 751 Technologie des consoles de visualisation : présent et perspectives.
M. LUCAS
- 755 Apport de la microprogrammation dans les consoles graphiques interactives.
F. SAINMONT
- 758 Les besoins actuels en logiciels de visualisation.
Y. LE LOUS

Mesure

- 761 Générateur d'impulsions pour un banc automatique de réflectométrie.
M. C. DURIX, M. D. LESSELIER, M. F. PUPAT et Mme D. BRUNOL

Composants

- 766 Tubes d'émission pour contre-mesures électroniques (1^{re} partie).
J. CARRUBBA

Formation continue

- 773 Le bruit électrique. II : Aspects physiques.
A. CHOVET et P. VIKTOROVITCH

Biomédical

- 784 Humanisation de la mesure médicale.
J. TESSIER, J. P. WATTEAU et A. RÉMOND

RÉDACTION

SEE, 48, rue de la Procession, 75015 Paris
Tél. : 567.07.70
Telex 200565

Rédacteur en chef : D. HALPERN.
Adjointe au Rédacteur en Chef : E. RUTMAN.
Secrétariat : B. BREDA.

Comité de l'Onde Électrique
Président : Y. ANGEL, Professeur au CNAM.
Vice-Président : M. THUË, Ingénieur général des Télécommunications au CNET.

Comité de lecture
Président : G. PAYET, PTT (Tél. 645.40.69).

l'onde électrique

Voir conditions d'abonnement
France et Étranger,
3° de couverture.

Index des annonceurs,
3° de couverture.

© 1977, Masson, Paris
Publication périodique mensuelle

PUBLICITÉ

MASSON Éditeur, 120, boulevard Saint-Germain, 75280 Paris Cedex 06.
Michel J. LEROY, Directeur de la Régie.
Alain BUISSON, Chef de Publicité.
Téléphone : 329.21.60.

Représentant pour la Grande-Bretagne
Frank L. Crane Ltd,
16-17 Bride Lane, London EC4Y 8EB.
Tél. : 01.353.1000. Télex : 21489.



oe magazine

- 711 Letters
- 716 Telex
- 719 Events
- 728 Moving around
- 728 Telecommunications

oe magazine

- 731 Components
- 733 Instrumentation
- 734 Computers
- 734 Consumer electronics
- 735 Economical news

oe magazine

- 737 Technical news
- 744 Laboratories activity
- 745 Books received
- 748 Books review
- 787 Annual index 1977

oe magazine

Displays systems are used in different sectors of economic activity for specific applications : transport, computers, telecommunications, energy distribution networks, etc. Advances in technology and computer science make possible to design more versatile and intelligent display systems.

Visualization

- 751 Graphic displays hardware : present and future. M. LUCAS
- 755 Microprogramming contribution in interactive graphic display systems. F. SAINMONT
- 758 Present requirements for graphics softwares. Y. LE LOUS

Measure

- 761 Pulse generator for an automatic reflectometry test bench. M. C. DURIX, M. D. LESSELIER, M. F. PUPAT and D. BRUNOL

No single element of any electronic warfare system impacts overall system cost and performance than the electron tube. This importance makes the choice of an appropriate electron tube very delicate.

Components

- 766 ECM transmit tubes (Part 1). J. CARRUBBA

Educational paper

- 773 Electrical noise. II : Physical aspects. A. CHOVET and P. VIKTOROVITCH

Medical and bioengineering

- 784 Humanization of biomedical parameters acquisition. J. TESSIER, J. P. WATTEAU and A. RÉMOND

EDITORIAL MATTERS

SEE, 48, rue de la Procession, 75015 Paris
Tel. : 567.07.70

Editor-in-Chief : D. HALPERN.

Editorial assistant : E. RUTMAN.

Secretary : B. BREDÁ.

Committee of l'Onde Électrique

President : Y. ANGEL, Professor, CNAM.

Vice-President : M. THUE in charge of
International technical relations at the CNET.

Committee of Referees

President : G. PAYET, French PTT
(Tel. 645.40.69).

Subscription: 3rd cover.

Published monthly (except July and August)
by Masson et Cie,
120, bd Saint-Germain, Paris, France.
Annual subscription price : 235 F.
Second-class postage paid
at Jamaica, N.Y. 11431
Air freight and mailing in the U.S.
by Publications Expediting, Inc.
200 Meachan Ave., Elmont, N.Y. 11003.

ADVERTISING

MASSON Éditeur, 120, bd Saint-Germain,
75280 Paris Cedex 06.

Michel J. LEROY, Advertising Director.

Alain BUISSON, Advertising Manager.

Telephone : 329.21.60.

Representative for Great Britain :

Frank L. Crane Ltd,
16-17 Bride Lane, London EC4Y 8EB.
Phone : 01.353.1000. Telex : 21489.

© 1977, Masson, Paris
Published monthly

oe COURRIER DES LECTEURS

tif International des Radiocommunications), qu'à l'U.E.R. (Union Européenne de Radiodiffusion). Un examen complet des résultats de cette Conférence sort du cadre de cette réponse. Cependant, on peut en résumer quelques décisions valables pour la France.

— La bande de fréquence allouée à l'émission par le satellite est de 11,7 à 12,5 GHz, comprenant 40 canaux.

— L'émission de l'image de télévision, avec son associé, se fait en modulation de fréquence (canal de 19 MHz, bande RF de 27 MHz).

— La France dispose de 5 canaux compris entre 11,727 GHz et 12,034 GHz, soit une possibilité de couverture nationale (France Métropolitaine) par 5 programmes.

— Les 5 émetteurs sont installés dans un ou plusieurs satellites très voisins placés à la longitude de 19° Ouest au-dessus de l'équateur (un peu au large de Dakar).

— La puissance d'émission par programme est de l'ordre de 230 Watt (Modulation de fréquence). Le faisceau d'émission a juste l'ouverture nécessaire pour couvrir l'ensemble de la métropole.

— Le récepteur utilisable pourra comprendre une antenne parabolique d'un diamètre compris entre 75 et 90 cm associée à un circuit RF de changement de fréquence avec fréquences intermédiaires, en principe, égales à 1200 MHz et 120 MHz.

— Le facteur de bruit global du récepteur est estimé à 6 dB.

— Le facteur de mérite global du récepteur est estimé à 6 dB/K.

Ce plan permet d'entreprendre l'étude et la construction tant du satellite (unique ou multiple), que de la station d'émission nationale qui alimentera ce satellite par les signaux de radiodiffusion sonore et visuels utiles. Il permettra aux constructeurs de récepteurs d'étudier et de construire les équipements de réception «Grand Public».

Il restera à trouver le financement — techniques — programmes — pour rendre le système opérationnel, probablement au cours de la prochaine décennie.

La Rédaction

La rubrique « Courrier des lecteurs » a pour objet de répondre aux questions, remarques ou suggestions des lecteurs. Les lettres doivent être adressées à la Rédaction de l'Onde Électrique, 48, rue de la Procession, 75015 Paris.

RAYTHEON

- Tubes hyperfréquences
- Tubes de puissance et de commutation Machlett
- Tubes industriels et militaires
- Sous-ensembles hyperfréquences
 - ferrite
 - état solide
- Transistors hyperfréquences
- Composants hyperfréquences
- Composants mécaniques
- Composants magnétiques
- Instruments et calorimètres.
- Tubes cathodiques spéciaux.

GISCO vous invite à lui rendre visite à

HYPER 78

17-20 janvier 1978

U.S. TRADE CENTER

GISCO représente aussi

JRC

GISCO s.a.r.l.

40 - 42, rue Mirabeau

94200 IVRY-SUR-SEINE

TELEX 204702 F

GISCO

Tél. : 670.11.58

Service Lecteur : inscrivez le n° 006



TELEX 200565...TELEX 200565...TELEX 200565...TELEX 200565...TELEX 200565...TELEX 200565

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Au cours des neuf premiers mois de 1977, la **Compagnie de Signaux et d'Entreprises Électriques (CSEE)** a réalisé un chiffre d'affaires de 412,617 MF (+ 13,1 %) dont 236,632 pour l'activité «entreprises» (+3,4 %) et 230,049 pour l'activité «constructions électriques et électroniques» (+ 21,3 %).

Crouzet et la **SFENA** vont créer une filiale commune de recherche en instrumentation pour la navigation aérienne.

La **Nippon Electric Company** fournira à l'Université d'Osaka, un laser au verre dopé de 10 kW de puissance, destiné aux expériences de fusion nucléaire contrôlée. Cet appareil délivrera des impulsions dont la durée sera réglable entre 100 ps et 2 ns. Le montant de la commande s'établit à 5,5 M\$ environ. Ce laser sera le plus puissant de ce type dans le monde.

Au cours des neuf premiers mois de 1977, la **SAGEM** a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de 643,065 MF (+ 12,8 %) dont la ventilation est la suivante (en MF) :

- navigation, guidage, pilotage : 279,397 (+ 26,6 %),
- téléinformatique : 213,368 (+ 6 %),
- équipements industriels divers : 150,300 (+ 1,6 %).

Thomson-Brandt a créé quatre sociétés cadres :

- la **Société Industrielle et Commerciale de Matériel Électrique et Électronique**,
- la **Société de Construction de Matériel Radio Électrique**,
- la **Société de Matériel Électrique et Électronique**,
- la **Société d'Appareillages Électrotechniques**.

Ces sociétés ont un capital nominal de 100 000 F et sont domiciliées au 173 boulevard Haussmann, 75008 Paris.

TÉLÉCOMMUNICATIONS

Anritsu Electric Co (J) a reçu l'autorisation de la COMSAT, de fabriquer l'équipement terminal embarqué sur un bateau modèle ST 101 A destiné au système de télécommunications maritimes par satellite MARISAT.

LM Ericsson fournira à la Compagnie des Téléphones du Jutland (DK) un central téléphonique AXE à chaîne temporelle hybride pour un montant de 5 M\$. Ce central équipera le centre de transit d'Aalborg.

Un contrat d'un montant de 40 milliards de francs CFA a été octroyé à **Plessey Radar** pour l'équipement du nouvel aéroport international d'Abidjan Port Bouet en Côte d'Ivoire.

Au cours des neuf premiers mois de l'année 1977, la **Société Française des Téléphones Ericsson** a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de 709,504 MF (+ 8,5 %).

La **Standard Telephones and Cables**, filiale britannique d'ITT, va fournir à la Televerket Administration des Télécommunications de Suède, un système d'assistance pour opératrices téléphoniques, modèle OPAS (Operator Position Assistance System) qui desservira 30 opératrices. Le montant de la commande s'établit à 0,5 M£.

Le satellite météorologique de l'ESA, **Meteosat** a été lancé, puis placé avec succès sur orbite stationnaire le 23 novembre 1977.

COMPOSANTS

Hitachi Cables Philippines vient d'être constituée à Manille. Le capital de la nouvelle société est détenu à 50 % par Hitachi Cable (J), à 20 % par Kanematsu-Gosho et à 30 % par la société Philippine Phesco.

Matsushita Electric a racheté l'usine que la firme japonaise Omron possédait à Singapour. Matsushita y produira des micromoteurs. Rappelons que Omron Tateisi a décidé de concentrer ses moyens de production d'Asie du Sud Est, en Malaisie.

Microwave Semiconductor fournira à la division Collins Commercial Telecommunications de Rockwell International pour 0,75 M\$ de transistors de puissance hyperfréquence et d'amplificateurs hyperfréquence.

Monolithic Memories Inc fournira à Lockheed Aircraft, des circuits intégrés mémoires réalisés en technologie bipolaire et

qui seront incorporés dans le système électronique du missile Trident de l'US Navy. Le montant du contrat s'établit à 1,2 M\$ et porte notamment sur la fourniture des mémoires vives modèle 5531 (256 mots de 1 bit) et des mémoires mortes modèle 5206 (2 K bits).

Le volume de production de condensateurs au tantale de la **Nippon Electric Company** va être porté de 35 à 38 M de pièces par mois.

La firme japonaise **Sharp Corporation** propose maintenant 34 modèles de piles destinées aux applications grand public (calculatrices, montres, etc.).

MESURE

Le capital de **Gould Allco SA** (France) a été porté de 5,7 à 11,4 MF.

Le capital de **Keithley Instruments SARL** (F) a été porté de 0,1 à 0,45 MF.

Le distributeur français de composants électroniques, **RTF Diffusion** a décidé d'étendre ses activités dans le domaine de la distribution d'appareils de mesure. Parmi les firmes représentées, notons le département «Mesures» de Philips.

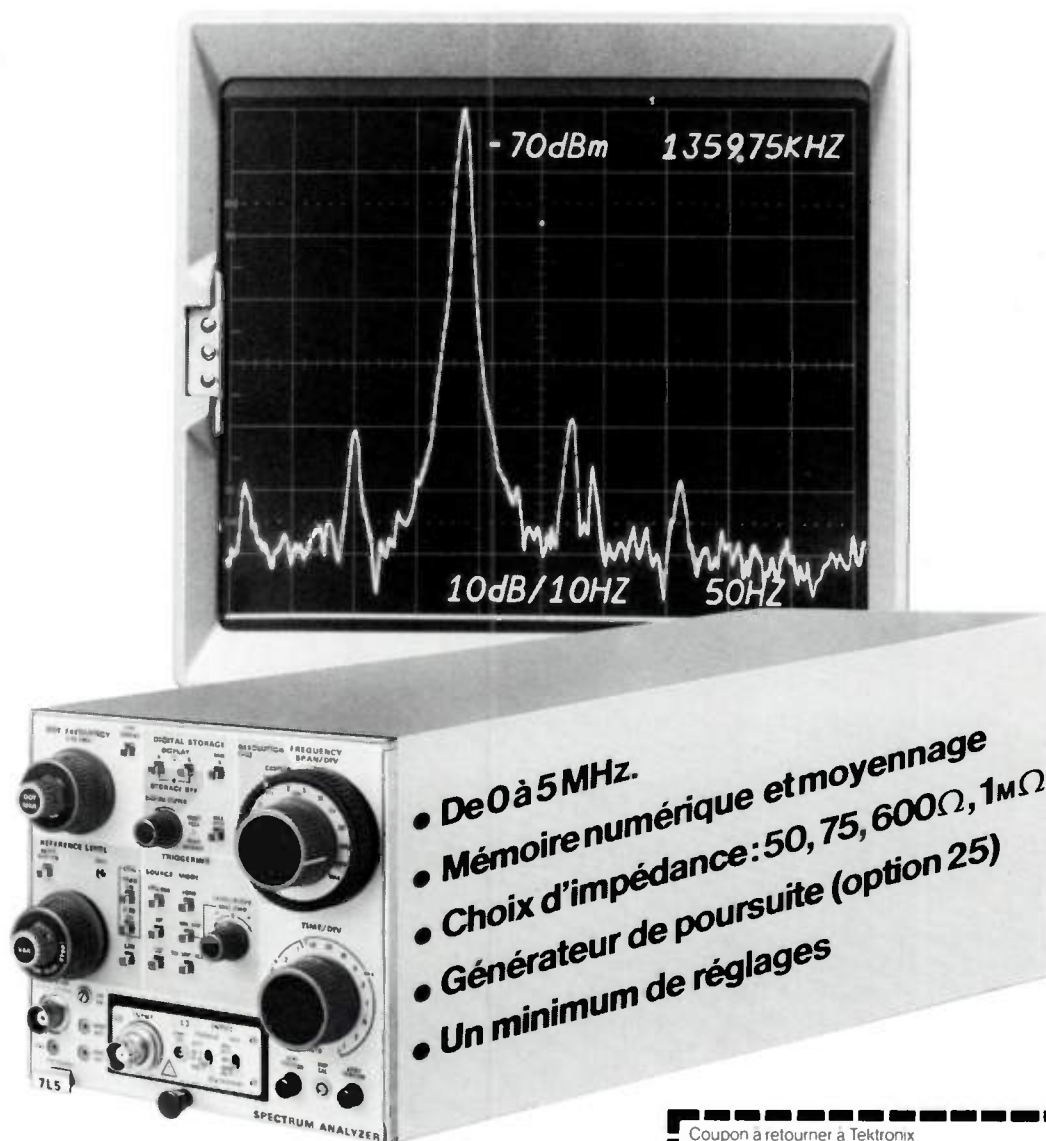
INFORMATIQUE

La Division «Electronic Instrumentation» de Lear Siegler a racheté les actifs de la firme américaine, **Hydra Corporation** spécialisée dans la fabrication d'imprimantes et d'équipements terminaux pour ordinateurs. Rappelons que la division «Electronic Instrumentation» de Lear Siegler produit des consoles de visualisation pour ordinateur.

Plessey annonce la sortie du Micro 1, mini-ordinateur conçu aux États-Unis et construit autour du microordinateur à 16 bits, modèle LSI 11 de Digital Equipment.

Texas Instruments a annoncé en novembre 1977, la sortie de fabrication de son 100 000ème équipement terminal à impression thermique, du type Silent 700.

L'analyseur de spectre avec 10 Hz de résolution et la stabilité d'un synthétiseur



- De 0 à 5 MHz.
- Mémoire numérique et moyennage
- Choix d'impédance: 50, 75, 600 Ω , 1 M Ω
- Générateur de poursuite (option 25)
- Un minimum de réglages

7L5, l'analyseur de spectre le plus complet
en un seul module, à utiliser dans
un oscilloscope Tektronix de la série 7000

Pour tous renseignements, veuillez écrire ou téléphoner à :
Service Promotion des Ventes : BP 13 - 91440 Les Ulis.
Tél. 907.78.27.
Centres Régionaux : Lyon. Tél. (78) 76.40.03.
Rennes. Tél. (99) 51.21.16. - Toulouse. Tél. (61) 40.24.50.
Aix-en-Provence. Tél. (42) 27.24.87. - Nancy. Tél. (28) 96.24.98.

Coupon à retourner à Tektronix
Service Promotion des Ventes : BP 13 - 91401 ORSAY
M. _____ Société _____
Fonction _____
Adresse _____
Tél. _____
☐ Je désire recevoir, sans engagement de ma part,
☐ une documentation sur le 7L5.
☐ la visite d'un ingénieur commercial.

OE

TEKTRONIX®



traduction :

**“le seul système autoconvergent
totalement intégré,
réglé définitivement à la fabrication”**

Le système P.I.L. (Precision In-Line), développé et fabriqué par Videocolor depuis plusieurs années, est le premier système autoconvergent intégré, réalisé par l'association d'un tube avec le jeu de déflexion et les unités de pureté et de convergence.

Le système P.I.L. assure par sa précision la convergence des faisceaux électroniques sans le moindre réglage de la part du constructeur ou du revendeur de téléviseurs couleur. C'est le seul système qui soit définitivement réglé lors de sa fabrication.

Avantages du système P.I.L.

Les avantages de ce système sont pour vous d'un grand intérêt. En supprimant tous les réglages de pureté et de convergence, les risques de dérèglement disparaissent du

même fait : la convergence reste précise et stable dans le temps.

D'autre part, les téléviseurs équipés de ce système comportent moins de composants : cette simplification technique les rend plus fiables. Votre service après-vente en sera facilité.

**Cette étiquette est une garantie
pour vous et pour vos clients.**

Conscientes de ce réel progrès, plusieurs grandes marques européennes en Allemagne, en France et en Scandinavie notamment, équipent leurs appareils avec le système P.I.L. En choisissant un téléviseur couleur portant le label P.I.L., vos clients ne passeront pas à côté d'un progrès essentiel.



videocolor S.A.

Périsud-7, boulevard Romain Rolland
92128 Montrouge Cedex - France - Tél. 657 13 31

Service Lecteur : inscrivez le n° 008

ÉVÉNEMENTS

Le courrier électronique : une révolution dans la communication ?

Depuis un certain temps, l'on entend parler de plus en plus de courrier électronique et parfois dans des acceptions assez différentes. La plupart des pays développés étudient actuellement la question de façon active aussi bien dans le secteur public que dans le secteur privé. La France ne fait pas exception.

Nous examinerons dans une première partie, l'évolution technologique et sociale qui a conduit au concept de courrier électronique et ses répercussions sur la vie des entreprises et des individus. Puis, dans une deuxième partie, nous nous intéresserons aux conséquences prévisibles pour l'administration des P T T.

1. L'évolution technologique et sociale

1. L'ÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE

A un horizon pas trop éloigné, une dizaine d'années, les grands axes du développement technologique sont assez bien connus. Cela résulte en partie d'un effort important de recherche, aussi bien en France qu'à l'étranger [1].

S'agissant des réseaux de télécommunications, l'évolution est rapide [2] aussi bien en ce qui concerne la transmission que la commutation. Pour la première, on parle depuis plus de vingt ans des guides d'ondes millimétriques. Des capacités de 150 000 à 300 000 voies téléphoniques bidirectionnelles, ou de 500 à 1 000 canaux de télévision ont été réalisées à titre expérimental dans plusieurs pays. Mais il reste à trouver des artères sur lesquelles une telle capacité sera utilisée dans les dix ans à venir. L'aiguillon du besoin n'est pas très aigu. Entre temps un nouveau support plus attrayant sur le plan économique, comme les fibres optiques, sera peut-être apparu.

En transmission, les satellites ouvrent aussi des possibilités nouvelles. Dans une dizaine d'années, un vent de plus grande liberté soufflera sans doute sur leur lancement et partant sur leur emploi.

L'informatique, les microprocesseurs, modifient aussi la transmission. Le codage de la parole ou de l'image, la compression sophistiquée de l'information cesseront d'être des spéculations de chercheurs pour entrer dans la pratique.

En matière de commutation, l'informatique révolutionne également la technique. La commutation électronique devient une réalité économique. Dans quelques pays, plus de 10 % des lignes téléphoniques sont déjà desservies par des autocommutateurs électroniques. Dans beaucoup d'autres, le seuil de crédibilité est atteint. Des services nouveaux peuvent être offerts à la clientèle et une fiabilité accrue aux exploitants.

L'informatique trouve également des applications fort importantes en ce qui concerne les équipements terminaux (en particulier de téléinformatique) ; il en sera question plus loin de façon plus détaillée.

Il est évident que cette évolution technologique rapide pose des problèmes importants dans le secteur des Télécommunications [3] ; celui-ci paraît d'ailleurs en mesure de relever ce défi et de tirer le meilleur parti, entre autres, des baisses de coûts résultant, justement, des progrès technologiques et des «économies d'échelles» [4].

2. L'ÉVOLUTION ÉCONOMIQUE ET SOCIALE

Ici, l'effort consenti en matière de recherche est relativement plus faible, surtout en France. Les résultats sont encore minces alors que les besoins sont importants et c'est à juste titre que la Commission «Transports et Communications du VII^e Plan» a insisté sur les études nécessaires en ce qui concerne les aspects humains des techniques de communication [5]. L'IREST se propose justement d'apporter sa contribution à cet effort.

De façon très résumée, l'une des caractéristiques essentielles de cette évolution sera le besoin accru de communication et d'information, qu'il s'agisse de la vie «économique» ou de la vie «sociale».

Les causes sont multiples. Au plan macroéconomique, plusieurs chercheurs ont étudié les relations existant entre la production et l'information, et l'évolution du secteur de l'information dans les pays développés (fig. 1).

Citons simplement les travaux de Machlup, Porat, Voge, Parker, etc. [6].

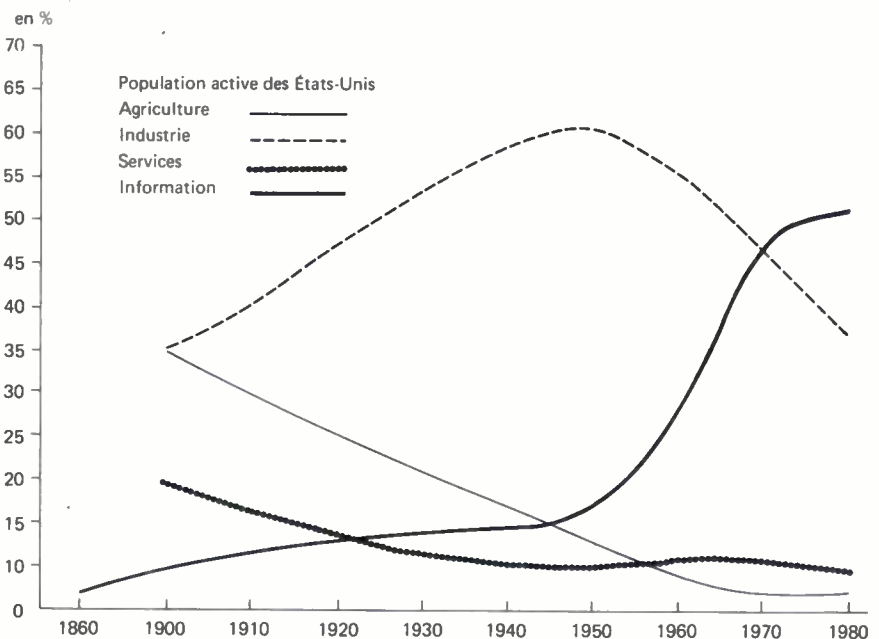


Fig. 1. — Évolution de la population active aux États-Unis d'après M. Parker (conférence de l'OCDE de février 1975).

La prise de conscience est de plus en plus grande et nombreux sont maintenant ceux qui disent, avec le professeur Mercouroff que «pour maîtriser la croissance, il faut organiser l'information».

En ce qui concerne les organisations (entreprises, administrations, etc.), il est évident aussi que les communications ont une importance capitale, qu'il s'agisse de la localisation de l'entreprise ou de son fonctionnement [7]. Il est de plus en plus question de «bureautique», de bureau du futur, et la littérature devient plus abondante sur ces questions [8]. Les responsables d'entreprises portent une attention de plus en plus grande aux systèmes de communication qu'ils utilisent de façon à obtenir le meilleur rapport coût/avantages de leurs équipements, le contrôle des coûts restant une de leurs préoccupations de base.

L'évolution technique a également des effets non négligeables sur l'emploi et les conditions de travail. Elle peut et doit être maîtrisée pour que les conséquences soient acceptables (et acceptées) par le monde du travail. Nous avons déjà évoqué les préoccupations relatives à l'emploi et qui apparaissent par exemple, dans l'éditorial de la revue «Informatique et gestion» de mai 1977 sous le titre : «Bientôt sept millions de chômeurs ?». Les conditions de travail doivent faire l'objet d'études approfondies pour qu'elles bénéficient des aspects positifs des progrès techniques [9].

Mais l'homme n'est pas seulement un travailleur ; dans sa vie non professionnelle, il peut s'attendre à des modifications assez importantes dans les 20 prochaines années, du point de vue qui nous intéresse ici.

Nombre de ces changements sont souhaitables ; par exemple la complexité croissante de la vie moderne peut, dans une certaine mesure, être maîtrisée grâce à de meilleures techniques d'information et de communication. Il en est de même, des questions d'encombrement, sources de tensions et de gaspillages et qui traduisent souvent une inadéquation provisoire de l'offre et de la demande *.

L'impact des nouvelles techniques de communication sur la vie sociale au sens large : aménagement de l'espace et aménagement du temps, transports, éducation, santé, etc. fait l'objet d'études de plus en plus nombreuses [10]. L'IREST pour sa part s'y consacre activement.

L'une des conséquences de cette évolution, qui vient d'être évoquée très rapidement est ce que l'on appelle, le Courrier Électronique.

* D'autres évolutions sont moins bénéfiques et doivent être contrôlées.

2. Une des conséquences de cette évolution sur les P T T : le Courrier Électronique

1. De quoi s'agit-il ?

Le terme Courrier Électronique, parfois employé avec des significations différentes, est un nom générique couvrant principalement la transmission, par des procédés de télécommunications, de messages transmis actuellement sur un support matériel graphique tel que le papier [11].

Ses manifestations sont très variées, mais les principales sont :

- la télécopie (ou fac-similé) ;
- le traitement de texte ;
- le transfert électronique de fonds.

D'autres types de services relèvent dans une certaine mesure du Courrier Électronique : le *télex*, le *Mailgram*, le *Teletext*, etc...

Il convient d'examiner de manière succincte ces différents services et leurs conséquences éventuelles sur le

courrier traditionnel en tenant compte de l'évolution de certains paramètres comme le coût et la qualité du service (fig. 12 et 13). Il faut également noter que la notion de «systèmes de communication» est de plus en plus prise en considération et que les divers services évoqués plus haut en sont des composantes tantôt concurrentes tantôt complémentaires.

1. 1. LA TÉLÉCOPIE

1. La situation actuelle [12]. L'appareil de télécopie, parfois appelé fac-similé, permet la transmission à distance et la restitution sur un support matériel d'un document également établi sur un support matériel. Cette transmission peut utiliser le réseau téléphonique commuté ou des lignes spécialisées ; les performances obtenues dépendent des caractéristiques des appareils et de la qualité du support de transmission.

En général, ces appareils fonctionnent alternativement en récepteur ou en émetteur.

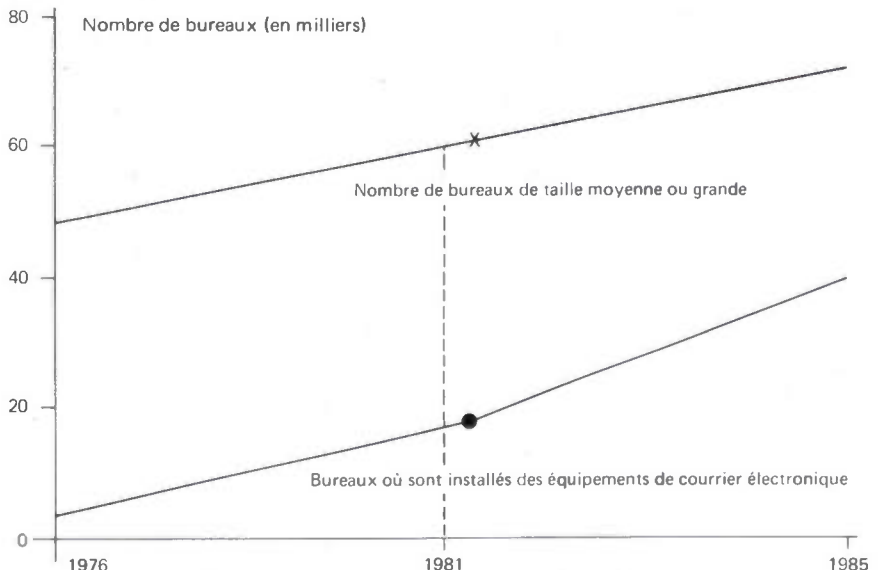


Fig. 2. — Pénétration des équipements terminaux de courrier électronique dans les entreprises de taille moyenne ou grande aux États-Unis d'après l'étude de Quantum Science Corporation (1976). (Revue Word Processing, mai-juin 1977).

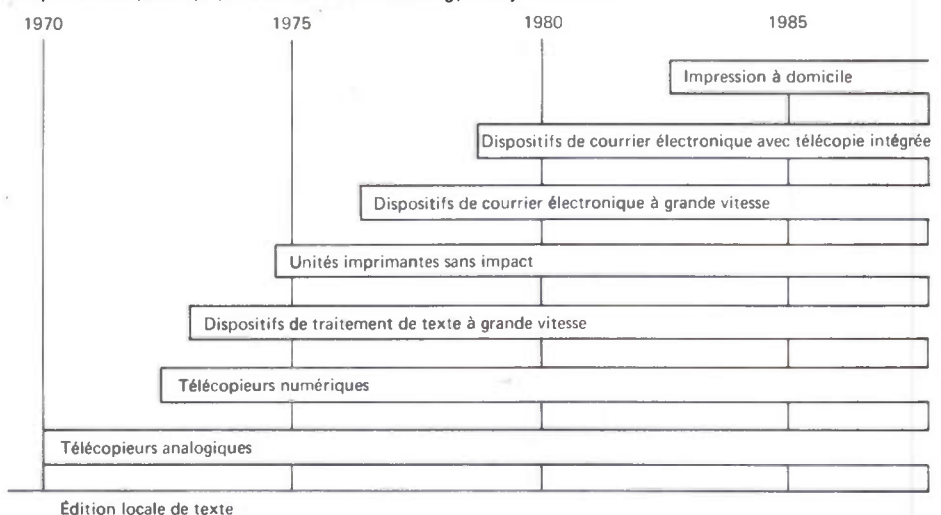


Fig. 3. — Évolution prévisionnelle des équipements de courrier électronique aux États-Unis d'après l'étude de Quantum Science Corporation (1976).

Le CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) a classé les appareils en trois catégories correspondant au temps de transmission d'une page au format A 4.

- groupe 1 : 6 mn environ
- groupe 2 : 3 mn environ
- groupe 3 : 1 mn environ

La télécopie est évidemment plus rapide que la transmission d'un courrier par les services postaux, et conserve la forme originale du document.

Sur le plan économique, la télécopie même lente (6 mn), s'avère moins onéreuse que le télex en zone locale et, dans certaines occasions, est plus avantageuse que la lettre pour de nombreuses entreprises.

Le parc français actuel, 5 000 appareils environ, est très inférieur à celui de certains pays tels les États-Unis et le Japon. De plus, ces appareils sont de modèles divers, plus ou moins fiables ou faciles à manipuler, et pas toujours compatibles. Leur utilisation n'est pas toujours optimale et il n'existe pas actuellement d'annuaire public équivalent à celui du télex ou du téléphone.

Certains secteurs, la presse par exemple, utilisent de véritables réseaux de télécopie comme le SEREFAX qui semblent fonctionner de manière satisfaisante. En réalité, il n'existe pas *un* marché, mais *des* marchés dont les besoins et les moyens sont assez différents.

2. Les perspectives (fig. 4). Les progrès technologiques prévisibles contribueront à améliorer la position de la télécopie par rapport à d'autres services. A titre d'exemple, un appareil de télécopie «grand public» à prix relativement bas (moins de 2 000 F), destiné à un marché potentiel de plusieurs millions d'exemplaires, serait étudié en France*. Bien entendu, ce marché dépend des produits offerts, des conditions dans lesquelles ils sont fournis et des produits concurrents ; en outre, des obstacles devront être écartés en ce qui concerne l'acceptation du produit par les utilisateurs [13]. Certains industriels sont optimistes, d'autres le sont moins. Le développement sera d'autant plus assuré que des progrès seront réalisés dans divers domaines (compatibilité, etc.). C'est une des raisons pour lesquelles l'élaboration des normes est si importante. L'administration française étudie actuellement la question.

De nombreuses études ont été réalisées dans des pays étrangers. En Amérique du Nord, les taux de croissance évoqués sont variables, mais en général assez élevés (30 à

* La presse en a abondamment parlé en 1977.

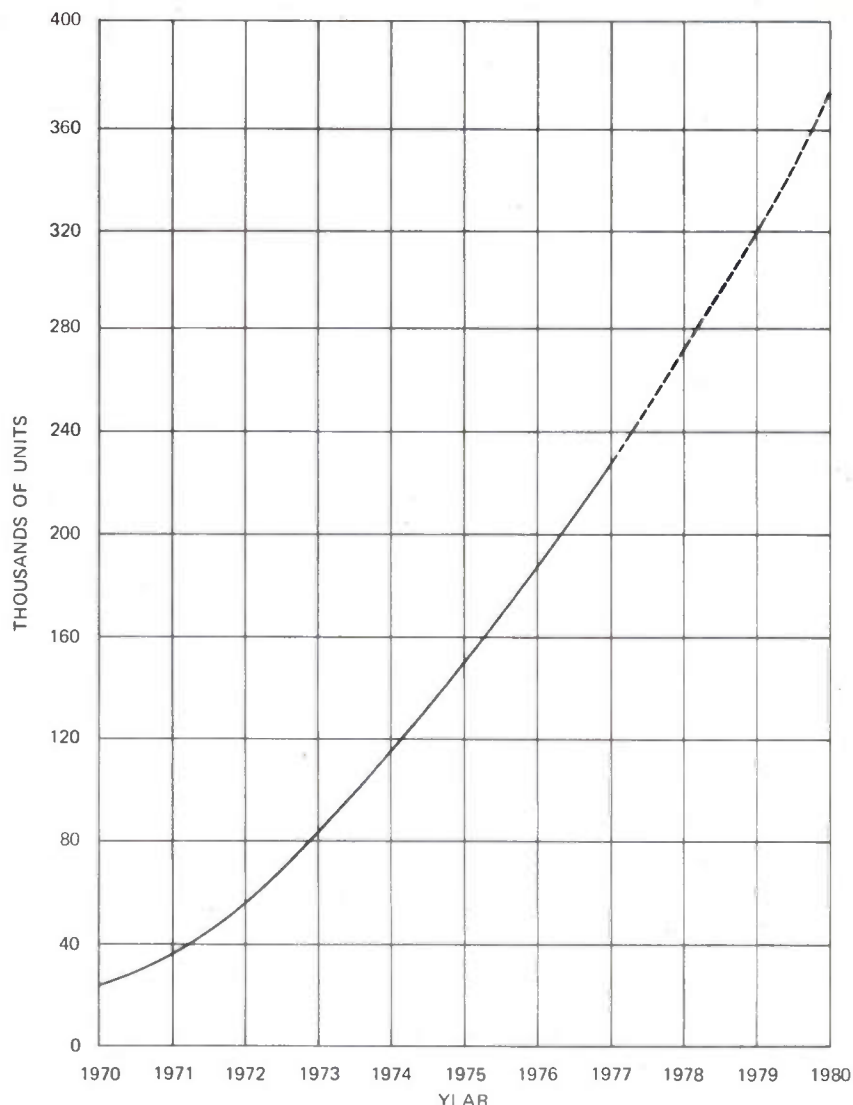


Fig. 4. — Évolution du marché des télécopieurs aux USA et au Canada. (Revue «Télécommunications». Février 1977).

40 % selon Larry Wells, 10 à 15 % selon Frost et Sullivan).

Le Japon essaie lui aussi de développer divers types de télécopieurs, compte tenu de sa position technologique avancée et aussi de certains facteurs culturels (système d'écriture, etc.) [14]. Néanmoins, selon la revue «Electronics» (13.10.77) une partie des industriels serait assez réservée sur l'ampleur du marché grand public initialement prévu.

Certains pays européens, tels que le Royaume-Uni, sont assez prudents sur les perspectives de la télécopie grand public, et plus confiants cependant en ce qui concerne les appareils professionnels.

1. 2. LE TRAITEMENT DE TEXTES (Fig. 5 et 6).

1. La situation actuelle : Le secteur tertiaire a longtemps été considéré comme un secteur à gain de productivité faible (cf. travaux de Colin Clark, Fourastié) et dont les effectifs ont tendance à se développer. Il s'agit souvent d'un secteur où le traitement de l'information occupe une place importante, voire prépondérante et où

les frais dits administratifs représentent une part considérable des coûts globaux. De nombreux facteurs laissent penser qu'une mutation importante se prépare, rendue nécessaire en particulier par la crise économique et rendue possible par les progrès technologiques [15]. Un tableau des «outils de la Bureautique» a été tracé par Pierre Berger dans Informatique et gestion de 1977 (N° 86) et cette «Bureautique» a fait l'objet de nombreux travaux de la part de M. Nau-gès [16].

Ainsi, aux États-Unis, les investissements pour l'équipement en machines se montent annuellement à 2 000 \$ environ par employé de bureau, contre 25 000 \$ par personne employée à la production. Selon le Stanford Research Institute, d'ici à 1985, la somme dépensée par employé de bureau pourrait atteindre et même dépasser 10 000 \$ par an, ce qui représente un marché très important. Les nouveaux systèmes dits de «traitement de textes» devraient permettre d'abaisser considérablement les prix de revient du travail administra-

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Monoposte sans écran	488,5	548	649	760	879,5	921	994	982	910
Monoposte avec écran	35,5	62	124	224,5	372	553,5	775	1 017,5	1 319
Multi-postes	25	49	81	108,5	135	155,5	185	223	246,5
Sous-total	549	659	854	1 093	1 386,5	1 630	1 954	2 222,5	2 475,5
Télé-traitement	3	5	9	13	17	22,5	27	32,5	39
Systèmes de gestion	9	20	44,5	77,5	114,5	157,5	206	264	329,5
Total	561	684	907,5	1 183,5	1 518	1 810	2 187	2 519	2 844

Valeur vente en millions de francs français (constants) des équipements livrés.

Fig. 5 — Prévisions de livraisons sur le marché européen des équipements de traitement de texte de 1977 à 1985.

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Belgique	10,5	13	19	26,5	37	46,5	57	63,5	72
France	58	86	121	171,5	228	281,5	341,5	395	442,5
Allemagne	284,5	317	385	454,5	544	606,5	705	776	848,5
Suisse	27	30	36	42,5	51,5	58	66,5	72	78
Royaume-Uni	83	101	150	177,5	227	267	319,5	362	399,5

Valeur en millions de FF (constants) des équipements livrés.

Fig. 6. — Évolution des marchés nationaux de 1977 à 1985.

tif et d'accroître la productivité dans le secteur tertiaire.

Pour les uns, il s'agit de «télex très perfectionnés», pour les autres, il s'agit de systèmes capables de mettre en mémoire et de restituer éventuellement à distance, sous la forme originale ou sous une forme traitée, des informations relatives à des textes alphanumériques, ces informations ayant initialement été introduites dans les équipements par l'intermédiaire de claviers analogues à ceux des machines à écrire.

2. Les perspectives : Avec un temps de retard sur l'Amérique du Nord, un intérêt de plus en plus marqué se manifeste en France pour le traitement de textes de la part des constructeurs, des utilisateurs et aussi de l'Administration des P T T. En Europe, la République Fédérale d'Allemagne paraît très intéressée par les services de Communication de textes à distance [17].

Des vocables nouveaux apparaissent : *bureautique*, *Teletext*; les commissions d'études du CCITT étudient la question, et divers types de matériels sont présentés dans les expositions spécialisées.

Selon certains, le marché va connaître une croissance rapide dans les années à venir, en particulier en Europe de l'Ouest.

Pour «Creative Strategies» le marché mondial passerait de 114 000 installations (en 1973) à 792 000 en 1981 [18].

Les prévisions extraites de l'étude «Frost et Sullivan» figurant sur les figures 5 et 6 sont également assez impressionnantes [19].

Si l'impact de ces systèmes sur le trafic postal classique des entreprises semble inéluctable, il reste encore mal connu ; une étude générale du Courrier électronique effectuée actuellement par la Société MacIntosh et acquise notamment par la fondation Eurodata pourrait fournir des informations intéressantes sur ces divers points.

3. Le transfert électronique de fonds parfois appelé «paiement électronique» [20] *.

Ces systèmes sont intéressants à plusieurs titres pour les P T T ; d'abord en raison du volume de «messages» écrits (chèques, etc.) qu'ils peuvent permettre de remplacer, mais aussi pour leurs incidences sur les services financiers des P T T et sur les télécommunications.

Selon une contribution très intéressante de M. Jean Lévêque à la Convention Informatique de septembre 1977, on peut dire que le problème du paiement électronique se situe au cœur du débat «Informatique et Société», car ses multiples aspects et implications en font un sujet d'intérêt général. On peut distinguer deux catégories de paiement électronique :

— Les systèmes de paiement électronique individuels permettant un transfert de fonds instantané d'un compte ouvert dans une banque vers un ou plusieurs autres comptes ouverts dans des établissements différents (par utilisation de cartes de crédit et de terminaux particuliers implantés, par exemple, dans des éta-

blissements commerciaux, et reliés aux réseaux des banques et autres institutions financières).

— Les systèmes de paiement électronique de masse, qui revêtent de nombreuses formes et notamment celles de réseaux privés interbanques.

Déjà de nombreux systèmes existent dans des pays en dehors de l'Europe, par exemple, aux États-Unis où l'on trouve plusieurs systèmes de paiement électronique de masse comme le *Fedwire*, le *Bankwire*, le *Mints*. Les systèmes de paiement électronique individuels ont aussi connu un certain succès et ont, disent d'aucuns, un grand potentiel d'expansion. Le Japon lui aussi est assez avancé dans la voie de l'automatisation bancaire. En Europe, le développement des systèmes de paiement électronique est fortement conditionné par la structure particulière de chaque système bancaire national, l'originalité du système de paiement qui le caractérise et l'attitude du public vis-à-vis des divers instruments de paiement en usage. Ces divers facteurs sont tels que des tentatives ont été faites pour mettre en place des solutions internationales en vue de créer une dynamique de standardisation et d'unification (réseau Eurochèque, réseau Swift [21], officiellement inauguré en octobre 1977 et qui groupe actuellement environ 500 banques [22]).

Par ailleurs, les banques européennes installent peu à peu leur propre réseau d'équipements d'agences.

D'autre part, des réseaux d'équipements terminaux «point de vente» (POS ou Point of Sales en anglais)

* (Electronic Funds Transfer).

existent déjà (27 000 environ fin 1976 ; selon certaines prévisions, ces chiffres pourraient atteindre 40 000 en 1980 et 100 000 en 1985).

Il faudra savoir comment seront reliés ces terminaux POS aux différents systèmes d'informatique bancaire pour donner à tous leur pleine efficacité.

Il faut également tenir compte des centres de chèques postaux ou des services analogues (Giros, ...) qui constituent un élément très important du système de paiement dans la plupart des pays de l'Europe Occidentale. De nombreux progrès ont été réalisés, en particulier en France en ce qui concerne l'automatisation des chèques postaux, d'autres restent encore à faire.

Enfin, il n'est pas possible de clore ce chapitre sans évoquer le système de paiement électronique à carte mémoire qui ouvre de larges perspectives et qui est rendu possible par les progrès de la technologie. Le succès du système dépend en grande partie de la coopération des organismes financiers entre eux. Dans ce domaine également, le succès de cette innovation dépendra surtout de facteurs humains et sociaux qui conditionnent peut-être l'avènement d'une société sans argent et sans chèques.

Les pouvoirs publics devront veiller très attentivement aux conséquences économiques et sociales de ces nouvelles technologies (par exemple à leurs effets plus ou moins inflationnistes, ou à certaines menaces qu'ils peuvent faire peser sur les libertés des citoyens, etc...).

4. Quelques autres types de services nouveaux (fig. 7). Des listes détaillées de services nouveaux ayant un impact plus ou moins grand sur le transfert des messages sont mentionnées dans de nombreux et volumineux rapports étrangers, tels que le «Future Post Study» australien ou encore le «Impact of advanced message services on the postal business» du Royaume-Uni. Les chercheurs pourront s'y reporter avec intérêt.

Citons à titre d'exemple des services en voie de commercialisation dans des pays voisins, sous des noms divers : Ceefax, Oracle, Viewdata, et leurs équivalents français qui ont pour nom, *Antiope*, *Tic Tac*, *Titan* [23]. Selon plusieurs experts, en particulier au Royaume-Uni, ces dispositifs peuvent avoir un rôle important en matière de transmissions de messages. Il s'agit de systèmes parfois interactifs, permettant de recevoir sur un écran de télévision, des messages variés en provenance d'un ordinateur, grâce à diverses voies de transmission.

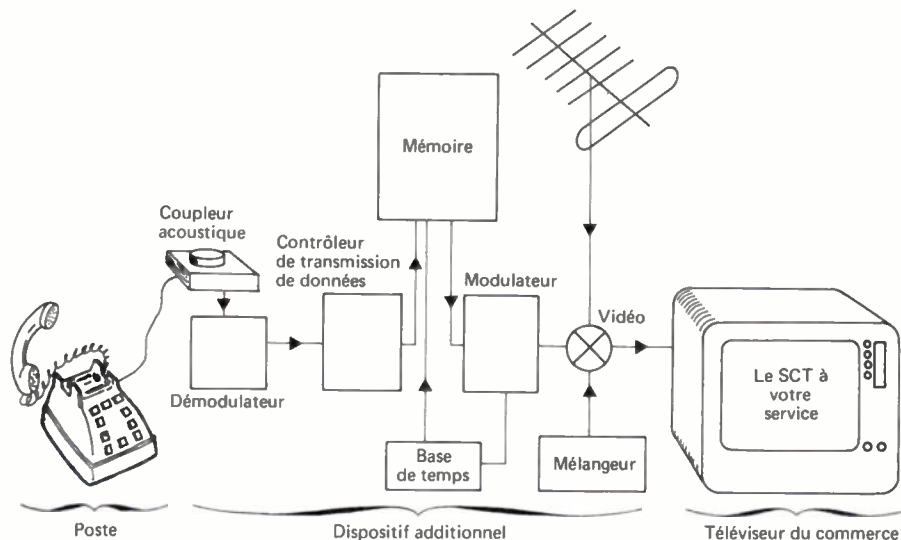


Fig. 7. — Système Tictac français : La base du Tictac est un dispositif s'interconnectant d'une part à la ligne téléphonique, afin de recevoir les informations en provenance du calculateur, et d'autre part, au téléviseur pour visualiser les caractères reçus. Étant donné la destination de ce « terminal », le branchement doit être très simple, et ne demander aucune modification du téléviseur ni du poste téléphonique.

Le système Tic-Tac [23] et le système Viewdata utilisent les ressources du réseau téléphonique; les perspectives de développement de ces systèmes ont été étudiées par la société Mac Intosh et reproduites dans un article du Monde du 13 avril 1977 sous le titre : «En 1978, les Britanniques pourront commander l'envoi de textes imprimés sur leur écran de télévision». (Voir figure 14).

Comme l'indiquait le n° 6 de 1975 du *Journal des Télécommunications* les services de Télétexte ouvrent de nouvelles perspectives pour les télécommunications à la maison et dans l'entreprise; les organismes de presse, nationaux et internationaux suivent ces développements avec attention compte tenu des conséquences possibles sur leurs domaines d'activité [24].

2. Quelques conséquences possibles sur les P T T (fig. 8, 9, 10, 11, 12 et 13).

Bien que, pendant longtemps ces perspectives aient semblé utopiques, progressivement la prise de conscience des problèmes évolue et s'affirme. De nombreux travaux ont été réalisés ou se poursuivent dans des pays étrangers développés. En France également, des recherches sont effectuées dans le secteur privé et dans le secteur public. Des commissions et groupes de travail ont été constitués, en vue de mieux comprendre ces problèmes et de leur apporter des solutions. Des applications voient progressivement le jour en France et dans divers pays étrangers.

1. En ce qui concerne les Postes françaises, un groupe de recherches sur l'avenir de la Poste avait réalisé il y a près de 10 ans une étude fort

intéressante intitulée «Prospective postale» dont certaines conclusions doivent être revues et actualisées. L'Administration française est le rapporteur de l'étude C 104 de l'Union Postale Universelle relative à l'incidence du développement des télécommunications sur le développement du message écrit. Il est certain que cette incidence sera de plus en plus importante (bien qu'il soit actuellement difficile de la quantifier) compte tenu des perspectives en matière d'évolution des coûts et de qualité de service des services postaux et des services de télécommunications.

Les figures 8 et 9 ci-après fournissent quelques données récentes sur le trafic postal.

Les figures 10 et 11 montrent comment le GRAP (1) envisageait l'évolution de ce trafic (en volume et structure, pour 1975 et 1985).

Des études sont en cours pour connaître la situation actuelle et prévisible en ce qui concerne ces «matrices de trafic».

Aux États-Unis, selon certains auteurs [26], 30 à 40 % du trafic «messages écrits» échangés entre organisations (entreprises...) pourrait être acheminés électroniquement à l'horizon 85, 90. Or le trafic en provenance ou à destination des organisations constitue la plus grosse part du trafic postal en matière de messages). Plus tard, ce taux pourrait croître, et le trafic des ménages pourrait être aussi concerné (2).

Des experts du Royaume-Uni sont arrivés à des conclusions assez voisines [27].

(1) GRAP, Groupe de Recherche sur l'Avenir de la Poste «Prospective postale». Imprimerie Nationale, 1969.

(2) Problème de l'accessibilité des services, etc...

ÉVOLUTION DU TRAFIC POSTAL AU DÉPÔT

Catégories d'objets	(en millions d'objets)			
	1973	1974	1975	1976
A - TRAFIC PAYANT				
Lettres jusqu'à 20 g et cartes postales urgentes	3 627,2	3 411,4	3 576,6	3 610,6
Lettres de plus de 20 g	459,0	432,7	453,4	447,6
Lettres recommandées	80,5	78,6	86,0	86,9
Plis non urgents, tarif normal	1 767,7	1 602,9	1 775,1	2 009,3
Plis non urgents, tarifs spéciaux (1)	988,7	927,2	1 067,1	1 056,8
Périodiques	2 150,0	1 953,3	2 195,0	2 186,1
Paquets ordinaires non urgents	178,2	158,4	174,4	179,2
Paquets ordinaires urgents	38,3	39,8	41,2	40,3
Paquets recommandés	39,0	34,4	38,6	39,7
Objets avec valeur déclarée	2,6	2,6	2,9	3,0
Total	9 331,2	8 641,3	9 410,3	9 659,5
B - TRAFIC DES PLIS DE SERVICE ET DES FRANCHISES				
Plis ordinaires jusqu'à 20 g	1 750,3	1 619,6	1 756,9	1 831,4
Plis ordinaires de plus de 20 g	172,6	153,6	175,6	197,0
Paquets ordinaires	24,3	20,8	25,3	27,8
Plis chargés et recommandés	66,3	60,1	58,1	62,5
Total	2 013,5	1 854,1	2 015,9	2 118,7
C - TRAFIC TOTAL DÉPOSÉ	11 344,7	10 495,4	11 426,2	11 778,2

(1) Non compris imprimés et catalogues sans adresse : 506,7 millions en 1976.

Fig. 8. — Extrait des «Chiffres clés de la Poste» publié par la Direction Générale des Postes, juillet 1977.

De	Vers	Ménages	S.A.E.S. (1)	Total expédition	Années
Ménages		1 470	390	1 860	1966
		1 611,4	427	2 038,4	1975
		1 779,9	472,7	2 252,6	1985
S.A.E.S.		532	3 785	4 317	1966
		771,2	5 191	5 962,2	1975
		1 136,7	7 068,6	8 205,3	1985
Total réception		2 002	4 175	6 177	1966
		2 382,6	5 618	8 000,6	1975
		2 916,6	7 541,3	10 457,9	1985

(1) S.A.E.S. : secteurs de l'activité économique et sociale.

Fig. 10. — Évolution en nombre du trafic des lettres de moins de 20 grammes. (En millions d'objets) (Source : GRAP)

De	Vers	Ménages	S.A.E.S. (1)	Total expédition	Années
Ménages		23,80	6,31	30,11	1966
		20,14	5,34	25,48	1975
		17,02	4,52	21,54	1985
S.A.E.S.		8,62	61,27	69,89	1966
		9,64	64,88	74,52	1975
		10,87	67,59	78,46	1985
Total réception		32,42	67,58	100	1966
		29,78	70,22	100	1975
		27,89	72,11	100	1985

(1) S.A.E.S. : secteurs de l'activité économique et sociale.

Fig. 11. — Évolution en % du trafic des lettres de moins de 20 grammes. (Source : GRAP)

France métropolitaine :

- lettres : 77
- plis non urgents : 58
- paquets : 4,9

Province :

- lettres : 79
- plis non urgents : 50
- paquets : 4

Fig. 9. — Trafic postal payant dépôts moyens par habitant en 1976 (source «Chiffres clés de la Poste» 1977).

Il serait intéressant de connaître les conclusions des experts français dans ce domaine.

Il est bien évident que de tels changements devront être pris en considération, dans les divers pays concernés, en ce qui concerne la politique d'investissements (centres de tri, etc...) la gestion prévisionnelle du personnel, la gestion financière, la politique commerciale [28], etc...

La commission «Transports et Communications» du 7^e Plan n'était pas très optimiste sur la croissance du trafic postal proprement dit ni sur les perspectives des services financiers de la Poste. Elle en tirait un certain nombre de conclusions et de recommandations sur la recherche, sur la situation financière, sur les problèmes d'emploi, etc.

Il faut noter que la Poste dispose également d'un réseau commercial, constitué de plusieurs milliers de bureaux de poste, présents sur l'ensemble du territoire. Il lui appartient de le valoriser s'il y a lieu grâce à une politique de contact avec les diverses catégories de clients (comme le souhaitait d'ailleurs la commission Transport et Communication du 7^e Plan), en ayant une politique de présence aussi bien dans le monde rural que dans le monde urbain, en développant des produits et services nouveaux [29] (pour son propre compte ou pour le compte d'autres Services Publics), etc. [12].

La Poste emploie actuellement près de 250 000 personnes. A condition de les motiver, elle dispose d'un capital humain qui peut lui permettre de faire face aux changements prévisibles dans des conditions aussi bonnes que possible, pourvu qu'on lui en laisse la possibilité.

3. Les télécommunications (fig. 14).

2. Il a été déjà longuement question des Télécommunications et des progrès qui se manifestent dans cette branche. Dans les années 80, le «problème du téléphone» sera résolu complètement et certains commencent déjà à se préoccuper des problèmes (industriels entre autres) de «l'après Téléphone». Les télécom-

Conversation téléphonique locale sur ligne directe	0,74 \$ pour 6 mn
Conversation téléphonique à grande distance à tarif réduit (WATS)	1,10 \$ pour 6 mn
Télécopie	1,97 \$ pour 6 mn (une page)
Télex ou message téléimprimé	2,42 \$ pour 66 mots
Mémoire (lettre circulaire)	4,55 \$ pour une page
Lettre transmise par le service postal	6,41 \$ pour une page

Les coûts tiennent compte de la mise en forme et notamment de la dactylographie.

Fig. 12.— Coûts moyens de communication aux États-Unis en 1976 (d'après la revue *Datamation* du mois d'avril 1977, p. 62).

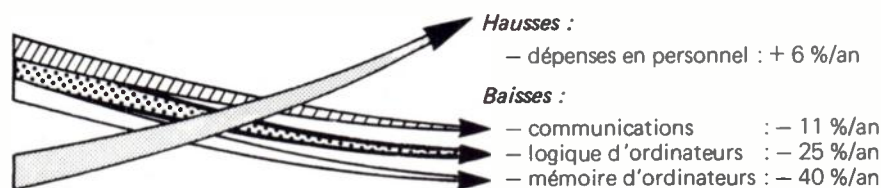


Fig. 13.— Évolution prévisible des coûts pendant la prochaine décennie (revue *Datamation*, avril 1977, p. 62).

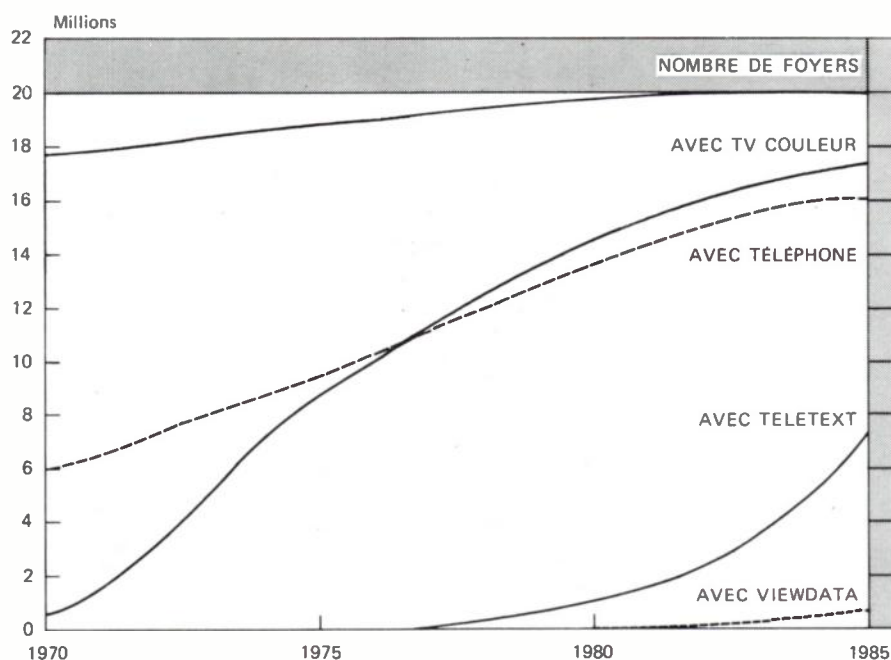


Fig. 14.— Sur ce graphique ont été représentées cinq courbes correspondant à la situation en Grande-Bretagne. La plus haute est celle du nombre total de foyers ; les deux intermédiaires concernent l'équipement des ménages en deux types d'appareils actuels : les téléviseurs en couleur et le téléphone. Les deux du bas concernent les prévisions de développement dans les années 1980 des deux systèmes Teletext et View Data, selon Mackintosh.

munications entendent développer les produits et services nouveaux nécessaires ; l'Administration s'y emploie déjà.

S'agissant du Courrier électronique, les Télécommunications ont un rôle fondamental à jouer et notamment :

— grâce à une politique commerciale novatrice et ambitieuse, visant à mieux connaître la demande dans le but de mieux la satisfaire.

(Il faudra évidemment veiller à une bonne adaptation des réseaux mis en place en vue d'acheminer ces flux de communication dont il vient d'être question, pour maintenir une qualité de service optimale).

— grâce à une politique industrielle adaptée, car par ses décisions, l'administration joue un rôle moteur

en ce qui concerne le secteur industriel des télécommunications.

Bien entendu, la France fait et devra continuer à faire entendre sa voix au plan international en particulier lors de l'élaboration des normes, règles d'exploitation, etc.

Certes, les perspectives mondiales, des marchés d'équipement des télécommunications sont prometteuses (30) mais, dans ce domaine, la concurrence n'est pas un vain mot, comme cela est apparu récemment, en particulier à la Conférence d'Atlanta (octobre 1977).

Il est possible d'affirmer, pour conclure, que nous allons devoir faire face à de grands changements qui, loin de nous effrayer, doivent au contraire nous stimuler. Le plus souvent,

il s'agira davantage d'une évolution que d'une révolution. Une prise de conscience grandissante de l'importance du sujet se manifeste de plus en plus, dans tous les secteurs et dans tous les pays. Il faut certes, prendre connaissance des travaux réalisés à l'étranger mais tenir compte de leurs limites car une transposition directe à notre pays n'est pas forcément possible ni souhaitable.

Il faut surtout poursuivre et mener à bien les études déjà entreprises et mieux les coordonner. D'autres travaux pourraient être engagés qui associeraient les responsables des divers milieux concernés et ceci en vue d'une meilleure maîtrise des moyens disponibles ou prévus, car des réponses doivent être données rapidement à des questions fondamentales : faut-il repenser le monopole, et comment faire bénéficier le public des possibilités offertes par le progrès technologique en matière de communication et d'information, tout en le protégeant contre les utilisations néfastes de certaines techniques (publicité abusive, protection de la vie privée, et des libertés fondamentales, etc.). Comment, en quelque sorte, contribuer à améliorer la «Qualité de la Vie» ?

Pour cela l'entreprise PTT, dont les branches sont souvent complémentaires, devra, avec le concours de tous les hommes de bonne volonté, répondre avec succès au défi qui leur est lancé en particulier au plan des missions, des moyens, des structures, et surtout des hommes.

Pierre TORNATO

Institut de Recherches Économiques et Sociales sur les Télécommunications (IREST), 48, rue de la Procession, 75015 Paris.

Notes et Bibliographie

[1] Pour la France, on peut consulter par exemple les documents budgétaires et aussi ceux publiés par le Centre National d'Études des Télécommunications (CNET) ; pour l'Amérique du Nord, voir *Business Week* du 27 juin 1977, *Fortune* de juin 1977, etc...

[2] Voir notamment *l'Onde Électrique* d'août-septembre 1977, d'octobre 1977, ainsi que les travaux du Congrès de Grenoble (septembre 1977) de la S.E.E., sur la «Communication et les processus de commande en 1990».

[3] Les nouvelles technologies : un défi pour l'industrie des télécommunications par G. Zeidler, *Revue des Télécommunications*, N 52/3, 1977.

[4] La baisse des coûts dans les télécommunications : évolution des technologies ou économies d'échelles ? L.W. Ellis *Revue des Télécommunications*, N 52/3, 1977.

[5] Cf. rapport de la Commission Transports et Communications : *la Documentation française*, 1976.

[6] Voir le rapport de l'OCDE sur la Conférence de février 1975. «Conférence on computer-telecommunications policy», en particulier le texte de Edwin Parker.

[7] Cf. «Quelques réflexions sur les communications : les relations entre transports et communications et leurs perspectives» P. Tornato, 1974. (Ministère de l'Équipement, Secrétariat d'État aux Transports).

[8] Voir par exemple les actes de la Convention Informatique de 1977 ainsi que plusieurs articles parus dans *Business Week*, 30 juin 1975, *Fortune*, septembre 1977, *Informatique et Gestion*, mai 1977, *Data-mation*, avril 1977, etc...

[9] Voir l'ouvrage collectif de la CFDT : *Les dégâts du Progrès*, seuil 1976.

[10] Voir notamment «Quelques réflexions sur les communications : les relations entre transports et télécommunications et leurs perspectives». *Cahiers d'études et d'informations*, 4e trimestre 1974, les travaux du Congrès de Grenoble de la S.E.E. (septembre 1977) sur le thème «La Communication et les processus de commande en 1990», le numéro spécial de la revue *IEEE Communications* d'octobre 1975 intitulé «special issues on social implication of telecommunications» et les documents publiés par l'IREST, à l'occasion de sa Table Ronde de mars 1977 sur «les Télécommunications et le Cadre de vie».

[11] Des études sur la Psychosociologie des Communications sont nécessaires pour déterminer les domaines respectifs des messages écrits, vocaux, etc. compte tenu des moyens disponibles en matière de transmission de stockage de l'information, et de divers facteurs d'ordre économique, juridique, psychologique, ...

[12] La documentation actuelle relative à

la télécopie et aux autres aspects du courrier électronique est extrêmement importante et ne peut être citée complètement ici. En revanche, l'IREST pourrait, dans certaines conditions, informer plus complètement ses adhérents qui effectuent des recherches dans ce domaine.

[13] Problèmes juridiques, psychologiques, etc...

[14] Voir par exemple l'article de «Japan Telecommunications review» de juillet 1977 sur «Minifax : a trial small size facsimile» par M. Orii, H. Inagaki et H. Shimizu.

[15] Voir les nombreux articles parus dans des revues spécialisées américaines telles que *Datamation*, et en France, *01 Informatique, Informatique et Gestion, Bureau et Informatique* et la toute nouvelle : «*Bureau Gestion*».

[16] Voir «*Convention Informatique*» septembre 1977, fascicule C : le traitement de textes (p. 188 à 204).

[17] Voir «Réalisation technique d'un nouveau service public de télédiffusion d'information» B. Cramer, *Revue des Télécommunications*, n° 3, 1977.

— Les études réalisées par la société Arthur de Little,

— L'article des Télécommunications dans le bureau de l'an 2000, E. Witte, *Revue Siemens*, n° 5, 1977.

[18] *L'Onde Électrique*, n° 10, octobre 1977.

[19] Voir *01 Informatique* du 21 mars 1977 «*Bureau gestion*» de septembre 1977.

[20] Voir par exemple : le transfert électronique (par N. Schwimann) *01 Informatique* :

— Vers la suppression de la monnaie de papier (avril 1975),

— Une fois encore l'Europe va-t-elle découvrir l'Amérique (mai 1975) ; *Electronic*

Funds Transfer, pitfalls and payoffs : J. Ben-ton, Harvard Business Review) juin-juillet 1977 ; *Fortune* mai et juin 1977 ; de nombreux autres documents existent sur cette question.

[21] Cf. «Un exemple de coopération interbancaire internationale» J. C. Moniez : *Banque*, octobre 1976.

[22] Lettre de *l'Industrie informatique*, 21 octobre 1977.

[23] Plusieurs articles intéressants ont été publiés dans *l'Echo de Recherches du CNET*.

[24] Cf. *IPTC newsletter*, n° 38 d'octobre 1977.

[25] Des services publics de télécopie ont été créés en France et dans divers pays étrangers (Suisse, Suède, etc.).

[26] «Electronic Message Systems for the US Postal Service» : National Academy of Sciences, Washington DC 1976.

[27] The impact of Advanced message services on the postal business (Royaume-Uni, 1977).

[28] Cf. par exemple «*Les Echos*», 28 octobre 1977 «Demain la Poste Électronique pour tous les français», par Jacques Jublin.

[29] Par exemple en République Fédérale d'Allemagne est actuellement étudié un Système de Courrier électronique Public (cf. contribution de W. Flohrer «Public input device for an electronic mail system» 8e Symposium international sur les facteurs humains dans les télécommunications (Cambridge septembre 1977).

[30] Cf. *l'Onde Électrique* n° 10, octobre 1977, p. 563 et 564, «les équipements civils de télécommunications pour la période 1975-1985», selon la société, Arthur D. Little.

La commande et l'instrumentation des centrales nucléaires

COLLOQUE A.I.E.A.

Cannes, 24-28 avril 1978

Ce colloque fera suite à celui qui s'est tenu à Prague sur le même sujet du 22 au 26 janvier 1973. Il devra permettre aux participants de faire le bilan de l'expérience acquise dans la conception, l'exploitation et l'entretien des systèmes de commande et d'instrumentation, y compris les aspects de sûreté et de fiabilité.

L'A.I.E.A. réunit ce colloque dans le cadre d'un programme de travail concernant l'implantation et l'exploitation de centrales nucléaires dans ses États membres.

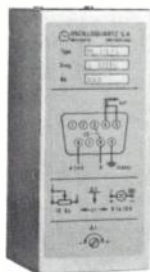
Les sujets traités seront les suivants :

- expérience concernant l'installation, la mise en service et le fonctionnement des systèmes de commande et de l'instrumentation des centrales nucléaires ;
- systèmes de surveillance des composants de réacteur et détection des défaillances ;
- instrumentation et dispositifs de commande nouveaux destinés à être utilisés dans les centrales nucléaires ;
- systèmes de protection automatique ;
- systèmes de calcul numérique dans l'optique de la sûreté
- fiabilité, entretien et fonctionnement des équipements.

Renseignements et inscriptions : M. J. Furet, Chef du Service d'Électronique pour les Applications industrielles ; C.E.N. Saclay, B.P. n° 2, 91190 Gif-sur-Yvette.

Oscilloquartz vous propose au moins deux issues à ce labyrinthe

Vous pouvez consacrer un temps précieux à comparer les différents types d'oscillateurs disponibles sur le marché, sans pour autant trouver de solution à votre problème, tant le choix quant aux spécifications, dimensions, type de raccordement, etc. est complexe. Oscilloquartz vous propose deux solutions caractéristiques :

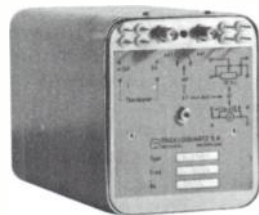
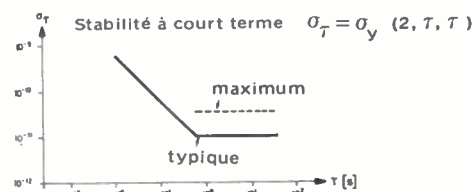


1 Meilleur rapport prix/performance pour un oscillateur à quartz.

Si vous hésitez quant au meilleur compromis prix/performance de l'oscillateur à quartz qui équipera vos compteurs, enregistreurs, synthétiseurs, équipements de télécommunication et de mesure du temps, reprenez le modèle B-1325.

Fréquence : 5 MHz standard, 4-6 MHz en option
Long terme : 5.10^{-10} /jour
Court terme : $\sigma_T 1.10^{-10}$ pour $\tau \geq 1$ s
Température : $< 6.10^{-9}$ de -40°C à $+55^\circ\text{C}$
Entraînement par varicap : 5.10^{-7}
Dimensions : $50 \times 51 \times 116.5$ mm

L'oscillateur B-1325 offre d'excellentes performances aussi bien à long qu'à court terme. Sa commande par varicap permet de l'incorporer dans une boucle d'asservissement. Sa construction robuste et son prix très raisonnable en font un pilote idéal pour de multiples applications.



2 Meilleure pureté spectrale

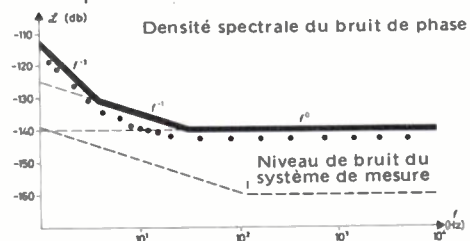
Si vous recherchez une pureté spectrale élevée pour vos équipements de télécommunication à bande étroite, pour vos synthétiseurs, pour vos appareils de navigation ou pour toute autre application nécessitant une multiplication de fréquence, l'oscillateur B-5400 répondra certainement à vos besoins.

Fabriqué en séries industrielles, le modèle B-5400

Fréquence : 5 MHz standard, 4-7 MHz en option
Long terme : $< 1.10^{-10}$ /jour
Court terme : $\sigma_T \leq 1.10^{-12}$ pour $\tau = 1$ à 10 s
Température : $< 5.10^{-10}$ de -30°C à $+55^\circ\text{C}$
Entraînement par varicap : 2.10^{-7}
Dimensions : $71.5 \times 84 \times 135$ mm

présente des caractéristiques uniques de stabilité à court et à long terme ainsi qu'une pureté spectrale exceptionnelle, tout spécialement à faible distance de la porteuse.

L'entraînement par varicap permet d'asservir le B-5400 à d'autres sources de fréquence stables, telles que récepteurs de fréquence ou étalons atomiques.



Le programme d'Oscilloquartz comporte d'autres oscillateurs tels que de simples pilotes pour commandes séquentielles, des TCXO, des oscillateurs thermostatés ainsi que des étalons de temps et de fréquence à quartz et à césium. Nos spécialistes se tiennent à votre disposition pour vous guider dans le choix des équipements les mieux adaptés à vos besoins.

TEKELEC TA AIRTRONIC

Département " Métrologie " B.P. N° 2, 92 310 SEVRES, Tél. : (1) 027-75-35, Téléx : 204 552 F

oe

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Philips Finance Company, du groupe Philips a pris une participation de 32 % dans le capital de **Dutch Bank Mendes Gans** (Capital : 2 M de Florins), banque néerlandaise spécialisée dans les transactions avec les groupes industriels. Le capital de la Dutch Bank Mendes Gans est désormais réparti de la manière suivante : Philips : 32 %, Dow Chemical : 32 % (contre 40 % précédemment) Manufacturers Hanover (banque américaine) 16 %, le reste étant réparti entre divers «petits» actionnaires.

Le **JET** (Joint European Torus) appareil pour la réalisation de la fusion thermonucléaire contrôlée sera construit à Culham (GB). Cet équipement sera la propriété de la Communauté Européenne.

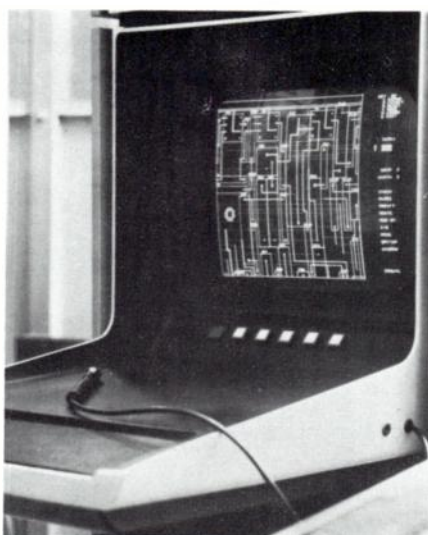
La firme britannique **J and P Engineering** a développé un tomographe à rayons gamma produisant des images en coupe de différentes tranches du corps humain. Cet appareil sera commercialisé par une filiale de J and P, Tomoscanner UK Ltd (Portman House, Cardiff Road, Reading RG1 8 JF, GB).

Au cours des neuf premiers mois de l'année 1977, la **Radiotechnique** a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de 1 135 MF (+ 20,1 %). Le chiffre d'affaires consolidé du groupe La Radiotechnique, pour la même période, s'élève à 2 229 MF (+ 22,8 %).

Au cours des neuf premiers mois de 1977, **LMT**, du groupe Thomson CSF, a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de 1 270 693 070 F (+ 4,2 %) dont la ventilation par branche d'activité est la suivante :

- commutation : 814 101 529 F (+ 11 %)
- électronique et radio : 329 246 965 F (- 8,2 %)
- équipements hydrauliques : 127 344 576 F (+ 0,2 %).

Le groupe **Matsushita Electric** a annoncé que le taux du yen utilisé dans ses contrats à l'exportation sera désormais le taux inter-



Console de visualisation d'une unité d'aide à la conception de circuits imprimés (Doc. RTC La Radiotechnique Compelec).

banques de Tokyo. Cette mesure sera certainement suivie par d'autres groupes japonais ; elle devrait permettre aux sociétés japonaises de ne pas souffrir des variations de cours du yen.

Au cours de la période s'étendant du 13 juin 1977 au 18 septembre 1977, le chiffre d'affaires de **National Semiconductor** a atteint 131,118 M\$ (+ 17 %) et le bénéfice net 5,38 M\$ (+ 56,3 %).

Au cours du premier semestre de 1977, la **North American Philips Corporation** a réalisé un chiffre d'affaires de 895,558 M\$ (+ 11 %).

Le groupe américain **Pfizer Inc** a constitué à Paris, sous le nom de **Pfizer Diagnostic Products SàRL** (26, rue de Berri, 75008

Paris), une filiale commerciale spécialisée dans l'importation et dans la vente d'équipements biomédicaux élaborés (tomographes, ultra sons, intensificateurs d'image, spiromètres, etc.).

Au cours des neuf premiers mois de 1977, **Thomson Brandt** a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de 13 076 MF (+ 12,9 %) dont la ventilation est la suivante (en MF) :

- biens de consommation durables : 3 270 (+ 5,6 %) ;
- biens d'équipement électromécaniques : 1 245 (+ 16,6 %) ;
- activités médicales : 1 343 (+ 9,7 %) ;
- lampes et éclairage : 666 (+ 16,2 %) ;
- ingénierie et services : 468 (+ 39,3 %) ;
- électronique professionnelle : 4 820 (+ 18,3 %) ;
- téléphonie (société LMT) : 1 264 (+ 4,4 %).

Tous les résultats donnés n'incluent pas ceux de Cogis (filiale informatique).

Le capital de **Thomson CSF** a été porté de 374 918 460 à 428 478 190 F.

Les titres de **United Technologies** ont été introduits à la Bourse de Paris. Rappelons que le groupe américain comprend entre autres les sociétés suivantes : Otis Elevator, Pratt et Whitney, Norden, etc...

Zenith Radio Corporation (USA) a cédé sa division «prothèses auditives» à la firme américaine Zenetron Inc. Cette division réalisait un chiffre d'affaires annuel de 15 M\$ environ. Cette mesure s'inscrit dans le cadre des difficultés que Zenith Radio connaît actuellement, notamment dans le secteur grand public.

L'US Army a donné son aval pour la production sous licence par Boeing et Hughes Aircraft du missile anti-aérien franco-allemand Roland. Ce missile sera produit en 6 000 exemplaires.

oe

TÉLÉCOMMUNICATIONS

DANS LES USINES

Dans le cadre du développement d'un système de commutation électronique tactique de l'Armée américaine et qui porte la référence AN/TTC 39, **GTE Sylvania** étudie et réalise actuellement, un système de commutation de conversations téléphoniques et de données qui sera installé dans l'Army Signal School (Fort Gordon, Georgie).

La **Nippon Electric Company** introduit une nouvelle caméra couleur portable destinée au reportage électronique. Cette caméra porte la référence MNC 71.

La firme britannique **Robophone** (Ambassador House, Brigstock Road, Thornton Heath, Surrey), du groupe Extel, a présenté un répondeur-enregistreur de messages téléphoniques de petites dimensions et utilisant des cassettes standard. Cet appareil porte la référence Communicator 7.

COMMANDES ET CONTRATS

Un contrat d'un montant de 500 M\$ vient d'être octroyé à l'ITT par la Corée du Sud pour la fourniture de systèmes de commutation semi-électroniques Metaconta 10 C. C'est la **Bell Telephone Manufacturing**, filiale belge de l'ITT qui fournira les équipements.

Aux termes de ce contrat, l'ITT aidera la société d'Etat Coréenne Korea Telecommunications Ltd à produire 2 M de lignes de Metaconta 10 C en 7 ans.

La **Bell Telephone Manufacturing**, filiale belge de l'ITT, fournira à la Norvège deux centraux téléphoniques semi-électroniques Metaconta 10 CN, qui auront une capacité totale de 18 000 lignes. La Standard Telefon und Kabelfabrik, filiale norvégienne de l'ITT est également associée à cette commande.

Le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES, France) a passé commande à **Bell Telephone Manufacturing**, filiale belge de l'ITT, de 35 récepteurs de télémessure et des équipements associés destinés à l'équipement des stations terriennes Ariane implantées en Guyane française et au Brésil.

Un accord pour le financement jusqu'à concurrence de 6,5 M\$, de la mise en location ou en location-vente de commutateurs à microprocesseur, a été conclu entre les sociétés **Cable and Wireless Inc.**, filiale américaine du groupe britannique qui porte le même nom et **TDX Systems Inc.** Ces équipements sont destinés au système de gestion et de contrôle téléphonique Telemax de TDX Systems. Rappelons que le Telemax permet le contrôle et la surveillance par ordinateurs des appels téléphoniques à longue distance. Sa mise en œuvre ne nécessite que la mise en place d'un commutateur à microprocesseur qui relie le Centrex ou le Central privé de l'utilisateur aux ordinateurs centraux de TDX via un circuit de données. Ce système s'avère être plus économique que ceux qui font appel à un ordinateur spécialement affecté par installation.

L'US Navy a octroyé un contrat d'un montant de 34,3 M\$ à **Ford Aerospace and Communications Corp.**, pour la fourniture sur 2 ans et demi de 920 sections de contrôle de guidage du missile AIM 9 L qui sera aéroporté par les avions de combat F 14 et F 15.

La pose du câble sous-marin reliant Arendal (N) à Uggerby (DK) a été effectuée par le navire poseur de câbles Mercury de la firme britannique Cable and Wireless. La pose de ce câble (150 km, 39 répéteurs, 2 égaliseurs, 2 700 voies) a été réalisée dans le cadre d'un contrat attribué à la firme japonaise Itoh and Co Ltd. Ce système a été conçu sous la responsabilité technique de **Fujitsu** avec le concours de l'Ocean Cable Co Ltd (J.).

GEC Télécommunications fournira au Post Office britannique 23 centraux téléphoniques semiélectroniques modèle TXE 4, pour un montant de 30 M £.

GTE Automatic Electric fournira à la Continental Telephone Company of Pennsylvania, un central téléphonique public électronique modèle EAX d'une capacité totale de 2 700 lignes.

L'Empresa Nacional de Telecomunicaciones d'Argentine a octroyé un contrat d'un montant de 19,4 M\$ à **GTE** pour la fourniture d'équipements de multiplexage totalisant 25 000 voies de transmission.

L M T, du groupe Thomson-CSF s'est vue attribuer par les autorités du Liban, un contrat pour la remise en état, la maintenance et l'extension des centraux téléphoniques Crossbar Pentaconta déjà installés par LMT à Beyrouth.

Lynch Communication System Inc (USA) fournira à la Taïwan Telecommunication Administration des autocommutateurs électroniques privés, modèle B 281 pour un montant de 0,785 M\$.

Marconi a fourni au Nigéria trois émetteurs de radiodiffusion à modulation de fréquence modèle B 6029 (10 kW) ainsi que les antennes associées. Le montant du contrat s'établit à 0,16 M £.

Marconi, fournira à la société française de téléviseur EIR-SEE, deux caméras de télévision couleur Mark VIII, dont une portable.

Les PTT de Libye ont octroyé un important contrat à la **Nippon Electric Company** pour l'extension du réseau de faisceaux hertziens du pays.

La Posts and Telecommunications Corporation de Birmanie a octroyé un important contrat à la **Nippon Electric Company** pour la fourniture et l'installation de 17 centraux téléphoniques du type crossbar (15 systèmes urbains totalisant 17 000 lignes et 2 systèmes interurbains totalisant 2 800 lignes) et 20 000 postes téléphoniques. Le montant du contrat n'a pas été rendu public.

La **Nippon Electric Company** doit fournir à l'Overseas Telecommunications Commission d'Australie, à la fin du premier semestre de 1980, un autocommutateur télex électronique NEDIX 510 A.

La **Nippon Electric Company** fournira à la Grèce 4 centraux télex électroniques, modèle NEDIX 510 A, présentant une capacité initiale de 14 000 lignes.

La firme finlandaise **Nikia AB Elektro-niikka** fournira à l'URSS pour 2,5 M de Marks finlandais (0,6 M\$) d'équipements de radiotéléphonie destinés à être utilisés dans les sites de construction d'oléoducs et de gazoducs. Rappelons que Nokia a déjà fourni à l'URSS pour 7 M de Marks finlandais (1,75 M\$) d'équipements analogues.

La division internationale de la **North Electric Company Co** (USA) fournira à la Zambie, 5 centraux téléphoniques électroniques modèle NX 1E totalisant 15 000 lignes, ainsi que 4 autres centraux destinés au Métro et à l'Aéroport international de Lusaka. Le montant du contrat s'établit à 13,6 M\$. Rappelons que cette commande s'inscrit dans le cadre d'un plan de développement des télécommunications en Zambie, qui prévoit l'installation de 33 500 lignes supplémentaires représentant un investissement total de 99 M\$.

La **Northern Telecom** fournira à la Lufkin Telephone Company et à la Conroe Telephone Company (Texas, USA), un total de 9 systèmes de commutation numérique pour un montant global de 68 M\$.

L'Administración Nacional de Telecomunicaciones de l'Uruguay a octroyé un contrat d'un montant de 0,2 M\$ à **Plessey** (GB) pour la fourniture de systèmes MIC urbains.

L'ARETO, Administration des Télécommunications d'Egypte a attribué à **Raytheon Company** un contrat d'un montant de 11,3 M\$, pour la fourniture d'un réseau hertzien numérique destiné à relier 16 centraux urbains situés au Caire et une liaison reliant cette ville à l'aéroport local. Les équipements MIC, représentant une valeur de 5 M\$, seront fournis par l'ITT.

Un contrat d'un montant de 400 M\$ a été octroyé par l'Arabie Saoudite à **Sanders Associates** (USA) pour la fourniture d'un réseau national complet de télécommunications radiotéléphoniques en ondes métriques destinés à la Police et aux divers services de sûreté nationale. Ce réseau comprendra 4

centres régionaux et 28 stations reliées par des liaisons hertziennes. Sanders Associates ne fabriquant pas tous les matériels, devra faire appel à des sous-traitants.

Scientific Atlanta a fourni à la société Siemens, une antenne de 11 m de diamètre pour télécommunications par satellite, conforme au standard B de l'Intelsat. Cette antenne doit faire partie d'une station terrienne Intelsat qui est en cours d'installation par Siemens au Salvador.

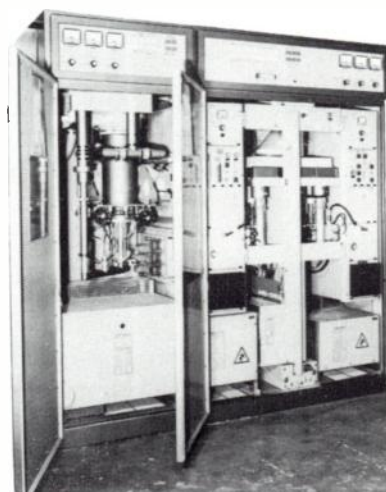
Siemens installe actuellement à Borum (NL) pour le compte des PTT des Pays-Bas, une seconde station Intelsat équipée d'une antenne de 32 m de diamètre. Cette antenne sera pointée en direction du satellite Intelsat placé au-dessus de l'Océan Indien.

La Deutsche Bundespost a mis en service à Stuttgart, un centre électronique de transmission de données fourni par la **Standard Elektrik Lorenz** (SEL), filiale allemande de l'ITT. Ce centre peut recevoir 16 000 raccords et permet des vitesses de transmission de 200 ou 2 400 bits/s (300 ou 9 600 bits ultérieurement) ; il offre également des services spéciaux : numérotation abrégée, diffusion circulaire, etc. Rappelons que SEL a déjà installé trois centres analogues en Allemagne Fédérale : Bielefeld, Essen et Nuremberg.

Les autocommutateurs privés à microprocesseur **Telic** seront commercialisés aux Etats-Unis au début de 1978 par Reliable Communications Products Corporation, filiale américaine de la CIT-Alcatel. Rappelons que Telic a déjà vendu aux USA, environ 550 autocommutateurs entre 1971 et 1975.

Deux contrats ont été octroyés par l'Aviation Civile de Roumanie à **Thomson-CSF** pour le développement des installations radar et la fourniture d'équipements d'atterrissage aux instruments (ILS).

D'ici à 1982, **Thomson-CSF** fournira à Télédiffusion de France (TDF) 76 émetteurs de télédiffusion en couleur dont les puissances s'échelonnent entre 4 et 50 kW. Cette commande s'insère dans le cadre du programme du passage à la couleur du réseau de diffusion de la première chaîne de télévision française.



Émetteur de télévision 10 kW.
Image et son (portes ouvertes). Ondes décimétriques.

TRW Vidar fournira à la Chichasaw Telephone Co (Oklahoma, USA), deux systèmes de commutation numérique intégrés, modèle ITS4/5 pour un montant de 1,4 M\$.

VIE DES SOCIÉTÉS ET RÉSULTATS FINANCIERS

Harris Corporation a racheté auprès de **Amcort Inc.**, les actifs de Raleigh Paging Terminals qui produit des équipements de recherche de personnes ; les activités de Raleigh seront transférées à la division RF Communications d'Harris. Cette opération suit de peu le rachat par Harris des activités «recherche de personnes et radiotéléphonie» de Martin-Marietta.

L'American Telegraph and Telephone (ATT) va procéder à une importante émission d'actions ordinaires aux Etats-Unis. Au total 12 M d'actions représentant une valeur de 700 M\$, seront émises et permettront le remboursement anticipé de prêts bancaires contractés par le groupe.

Au cours du deuxième trimestre de 1977, **Bunker Ramo Corporation** a réalisé un chiffre d'affaires de 90,7 M\$ (+ 11,6 %).

Au cours de l'exercice fiscal clos au 30 juin 1977, **California Microwave Inc** a réalisé un chiffre d'affaires de 26,1 M\$ (+ 44 %) et un bénéfice net de 1,496 M\$ (+ 80 %).

Le groupe britannique Cable and Wireless a fait une offre d'achat sur la société américaine **Carterphone Communications Corporation** spécialisée dans la vente et la location d'équipements terminaux de transmission de données et qui emploie environ 130 personnes. Le montant de l'offre est de 9,3 M£.

La **Continental Telephone Corporation** a formé avec une firme iranienne, une société commune pour l'étude et la réalisation du réseau national iranien de câbles pour transmission téléphonique. Le coût du projet est estimé à 320 M\$. La firme américaine détient une participation de 30 % dans le capital de la nouvelle société.

Au cours du second trimestre de 1977, **Farinon Corporation** a réalisé un chiffre d'affaires de 15,088 M\$ (+ 29 %) et un bénéfice net de 0,722 M\$ (- 2 %).

GTE a mis en vente sa filiale **General Telephone of Upstate New York Inc**, société exploitante de téléphones qui sert environ 140 000 abonnés répartis dans 15 comités et compte 1 100 employés. Cette mesure a été prise en raison du mauvais rendement des investissements réalisés par GTE dans cette filiale. L'offre de GTE concerne également la filiale Delevare Valley Telephone qui exploite 9 000 téléphones et qui est directement placé sous l'autorité de la filiale Upstate. L'ensemble des 2 sociétés réalise un chiffre d'affaires de 40 M\$.

Au cours du second trimestre de 1977, la **General Cable Corporation** a réalisé un chiffre d'affaires de 163,134 M\$ (+ 89 %) et un bénéfice net de 6,55 M\$ (+ 55 %).

GTE Automatic Electric (USA) a constitué une nouvelle division : International Marketing Services. Cette division sera plus particulièrement chargée d'apporter une assistance commerciale internationale à GTE Automatic en matière de produits pour les télécommunications.

Au cours du deuxième trimestre de 1977, **La Northern Telecom Ltd (CND)** a réalisé un chiffre d'affaires consolidé de 324,4 M\$ (+ 6,3 %).

La Northern Telecom Ltd a constitué une division «systèmes optiques» qui sera spécialisée dans le secteur des systèmes de transmission par fibres optiques.

Au cours de l'exercice fiscal clos au 30 juin 1977, **Scientific Atlanta Inc** a réalisé un chiffre d'affaires de 51 M\$ (+ 12,6 %).

La Stromberg Carlson Communications du groupe General Dynamics a changé de nom et est devenue General Dynamics Communications Company.

Au cours du premier semestre 1977, **TRT** enregistre un bénéfice net de 7,43 MF (+ 4,8 %). Pour les neuf premiers mois de 1977, le chiffre d'affaires hors taxes de TRT s'établit à 441,4 MF (+ 6,4 %) ; le chiffre d'affaires consolidé de TRT, Omera-Segid et SFTP atteint 583,5 MF (+ 16,8 %) (cf. OE Oct. 77, p. 554, 3^e col.).

DIVERS

Le consultant américain **Arthur D. Little et Computer Sciences Corporation (CSC)** se sont associés pour offrir sur le réseau Infonet de CSC, un service de prévision des coûts de fabrication d'ici à 1982 pour 15 pays. Ce service baptisé Semcost II, doit apporter aux entreprises une aide à la décision.

La société **ITT-Intermetall**, membre allemand du groupe ITT Semiconductor, étudie actuellement la possibilité de réaliser un récepteur de poche du système Teletext. La présentation des informations s'effectuerait à l'aide d'un dispositif d'affichage à diodes électroluminescentes.

La **Radio Télévision du Canada** a récemment procédé à une expérimentation de **télédiffusion directe par satellite**. L'unité de réception était constituée par une antenne parabolique de 67 cm de diamètre reliée à un convertisseur et à un préamplificateur. Cette unité a été conjointement réalisée par la firme japonaise Sumitano Electric et la chaîne de télévision japonaise NHK.

Le système de navigation Omega, modèle ONS 25 de Bendix, a reçu l'agrément de la Federal Aviation Administration des Etats-Unis lui permettant d'être utilisé au-dessus de l'Atlantique nord comme remplaçant du système Loran A ; le système ONS 25 est entièrement automatique et donne de manière continue la latitude et la longitude à 3 km près. Rappelons que le système Omega utilise des ondes à basse fréquence émises par 8 stations dans le monde situées en Norvège,

au Libéria, à La Réunion, en Argentine, à Hawaï, au Japon et à la Trinité, cette dernière station devant être prochainement déplacée en Australie.

La Cour Suprême des Etats-Unis a confirmé l'arrêt de la Federal Communication Commission (FCC) concernant les équipements terminaux du **Bell System**. Rappelons que par cette décision les abonnés au Bell System peuvent se procurer les équipements terminaux, centraux privés auprès de fournisseurs de leur choix sans être contraints de les louer auprès des sociétés exploitantes du Bell System. Ces équipements devront seulement être agréés par la FCC.

La Federal Communication des USA a rejeté la demande de l'Electronic Industries Association visant à utiliser la bande des **224-225 MHz** pour les services **radio-électriques privés** («Citizen band»).



Câble à filtres optiques (à droite) comparé à un câble à 1200 paires métalliques (à gauche).

Doc. GTE

GTE a mis en service une liaison par fibre optique de 9 km de long reliant deux centraux téléphoniques exploités par la General Telephone Company of California à Long Beach et à Artesia. Cette liaison comporte 2 répéteurs placés à 2,7 km de chacun des centraux ; le système utilise des diodes électroluminescentes émettant dans le proche infra-rouge. Le système a une capacité de 24 conversations téléphoniques sur deux fibres et utilise la modulation MIC, mais sa capacité peut être augmentée.

L'Office des Télécommunications des Etats-Unis a publié un rapport intitulé : «Probabilistic Approaches in Spectrum Management» (Approche probabiliste dans la gestion du spectre de fréquences) (réf. 77 127 ; National Technical Information Service, 5285 Port Royal Road, Springfield, Virginia 22161).

oe

COMPOSANTS

DANS LES USINES

Fairchild introduit sous la référence F 3870, une version monoboîtier de son microprocesseur F 8. Les circuits d'environnement de ce microprocesseur seront disponibles au cours des prochains mois. Rappelons que le 3870 est déjà fabriqué par Mostek. Par ailleurs, Fairchild introduira deux autres versions du 3870 : le 3874 qui comportera une mémoire morte de 4 K bits et le 38E70 avec mémoire morte reprogrammable.

General Instrument a introduit sous la référence CP 1610, un nouveau microprocesseur à 16 bits qui constitue la version économique du modèle CP 1600 avec lequel il est compatible. Il possède un jeu de 87 instructions et fonctionne avec une fréquence d'horloge pouvant être comprise entre 1,5 et 3,3 MHz.

Hitachi va porter sa production de diodes à capacité variable pour les circuits d'accord de téléviseurs, de 0,8 à 1 M d'unités/mois.

Un transistor hyperfréquence à effet de champ présentant un facteur de bruit de 2,1 dB à 12 GHz avec un gain de 7,6 dB, a été développé au Laboratoire Central de Recherches d'**Hitachi** (Kokubunji, Japon). Ce dispositif à l'arséniure de gallium possède une longueur de porte de 0,5 μ et ses caractéristiques sont reproductibles.

Intel échantillonne sous la référence 8021 un microordinateur en un seul boîtier bas de gamme et dérivé du microordinateur 8048.

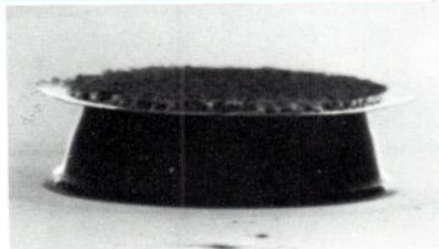
En raison des pertes enregistrées, l'usine **ITT Semiconductors** de Palm Beach (Californie) essentiellement spécialisée dans la fabrication de circuits intégrés militaires sera fermée au début de 1978 et les lignes de produits non-militaires transférées vers l'usine de Lawrence (Massachusetts). Cette mesure affecte 300 personnes.

La **Mobil Tyco Solar Energy Corporation** (Waltham, Massachusetts, USA) a réussi à produire des rubans de silicium polycristallin de 3" de large, de 0,5 mm d'épaisseur et de 1,2 m de longueur ; la vitesse de croissance est de 3" mn. Ces rubans sont destinés à la fabrication de cellules solaires. Rappelons que le capital de Mobil Tyco Solar Energy Corporation est détenu à 20 % par Tyco Laboratories Inc et à 80 % par Mobil Oil Company.

La **Nippon Electric Company** va porter sa production de diodes à capacité variable pour téléviseurs, de 2 à 3 M d'unités/mois.

Siliconix introduira en 1978 des commutateurs analogiques monolithiques de puissance, utilisant la technologie MOS verticale (VMOS).

Siliconix échantillonne actuellement sous les références DF 331 et DF 332, deux circuits intégrés MOS Complémentaire destinés à la transmission en MIC de conversations téléphoniques. Ces circuits utilisent un système de conversion analogique-numérique et numérique-analogique original qui fait appel non pas à un réseau de résistances en échelle mais à un réseau de condensateurs. La conversion s'effectue sur 8 bits et la bande passante est limitée à 4 kHz. Le principe mis en œuvre permet la suppression de l'ajustage des résistances par rayon laser, le taux d'erreur est particulièrement faible (1 pour 8000) et la qualité des conversations transmises est analogue à celle d'un système à 13 bits. Le DF 331 est le codeur, le DF 332 le décodeur. Les circuits sont conformes au standard américain μ -225 mais une version répondant aux normes européennes est en cours de mise au point. Ces circuits seront fabriqués en seconde source par la division Nitrol de Mac Donnel Douglas. Le prix de ces dispositifs serait actuellement inférieur à 10 \$.



Le Département Microélectronique Hyperfréquence de **Thomson-CSF** a développé des diodes à avalanche au silicium à structure double dérive fonctionnant à des fréquences supérieures à 75 GHz. Ce composant a été mis au point avec le soutien de la DRME (Direction des Recherches et Moyens d'Essais de l'Armée).

La division «Semiconducteurs» de **Westinghouse** introduit sous la référence D 60T, un transistor de commutation à très haute puissance (gain à 50 A : 15 ; caractéristiques de crête : 200 A sous 450-550 V ; vitesse < 1 μ s).

Des chercheurs des Bell Laboratories (Murray Hill, New Jersey USA) ont réalisé une mémoire à transfert de charge de 16 K bits fonctionnant à 10 MHz. Il existe des dispositifs analogues, mais ceux-ci fonctionnent à une vitesse maximale de 5 MHz.

COMMANDES ET CONTRATS

Motorola fournira à la division Link de Singer Co, 256 systèmes mémoire contenant chacun 18000 mémoires vives dynamiques de 16 K bits de capacité, modèle 6616 et un microordinateur modèle 6800. Ces systèmes sont destinés à remplacer des mémoires de masse à disques. Le montant initial du contrat est estimé à 1 M\$ et pourrait atteindre 20 M\$.

VIE DES SOCIÉTÉS
ET RÉSULTATS FINANCIERS

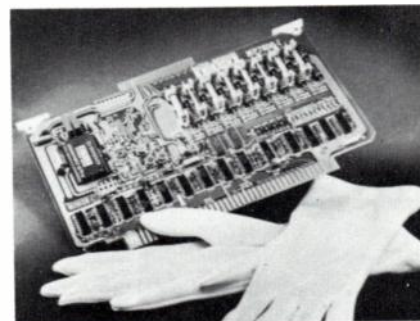
La firme américaine Connecticut Machine Products Inc a été constituée à Paris sous le nom de **Connecticut Machines Products France** SàRL (23, rue Washington, 75008 Paris). Elle sera chargée de la vente de composants électroniques et aéronautiques.

Afin de faire face à la concurrence d'autres fabricants, la firme américaine **Intel** a procédé à une troisième restructuration. Ainsi, l'ancien groupement «microordinateurs» a été scindé en deux divisions «composants» et «systèmes» ; d'autre part, d'autres divisions ont été constituées : «mémoires rapides statiques et dynamiques» et «mémoires vives statiques, mémoires mortes effaçables, mémoires mortes bipolaires».

Au cours de la période de 3 mois close au 26 juin 1977, **Intersil Inc** a réalisé un chiffre d'affaires de 20,635 M\$ (+ 9,9 %).

Le capital de **Sfernice** a été porté de 15 à 18 MF.

PRODUITS RÉCENTS



Burr Brown : Carte d'entrée-sortie analogique-numérique à 8 bits et à 64 entrées simples ou 32 entrées différentielles pour le raccordement direct avec les microordinateurs conçus autour du microprocesseur 6800, modèle MP 7400. [0938]

— Carte d'entrée analogique permettant de constituer un système d'acquisition de données analogiques à 8 entrées différentielles et son raccordement direct avec le microprocesseur 6800, modèle MP 7608. [0939]

— Convertisseur numérique-analogique à 12 bits pour applications industrielles (alimentation : ± 12 V), modèle DAC 80. [0940]

— Circuit détecteur de pic de tension fonctionnant soit avec remise à zéro soit avec détection d'un prix supérieur, modèle 4085. [0941]

— Carte d'acquisition de données sur 16 canaux unipolaires ou 8 canaux différentiels destiné au raccordement avec le microprocesseur 6800, modèle MP 7218. [0942]

Cherry : roue codeuse lumineuse enfichable par l'arrière, modèle T 20. [0943]

Computers Labs : convertisseurs analogique-numérique rapide à 8 bits (8 bits ; 8 à 11 ou 16 MHz), série MAT V. [0944]



— Convertisseurs numérique-analogique rapides (8 bits - 15 ns ; 10 bits - 20 ns ; 12 bits-40 ns), série MDS. [0945]

Cornell Dubilier Electronics : filtre secteur à prise incorporée (1 ; 3 et 6 A). [0946]

English Electric Valve : amplificateur à TOP pour télécommunications par satellite (140W 14-14,5 GHz). [0947]

Fairchild : contrôleur programmable monolithique pour microprocesseur intégrant les interfaces d'entrée par clavier et les circuits de commande des dispositifs d'affichage à diodes électroluminescentes, modèle FPC. [0948]

FR Electronics : touches compactes pour clavier homologué par le Post Office britannique série RSM 82. [0949]

General Semiconductor Industries : transistors NPN pour commutation rapide de puissance (350 à 400 V ; 7,5 A continus) série XGSQ 7530. [0950]

Hybrid Systems : convertisseurs numérique-analogique à 8 ou 10 bits exempts de réglage et compatibles broche à broche avec la série MN 3000, modèle DAC 337. [0951]

— Convertisseur numérique analogique à 4 décades BCD, modèle DAC 727 4 BCD. [0952]

KD Components : condensateurs céramique (10 pF à 0,33 F, 500 à 5000 V) série HV 26 20. [0953]

— Condensateurs céramique (0,01 à 10 pF ; 1 000 à 20 000 V) série SD 3/12. [0954]

— Condensateurs céramique (0,1 à 1 000 pF ; 250 V) série KD 3. [0955]

— Condensateurs céramique à haute température (10 pF à 1 μ F ; 60 à 100 V) séries HT 05/09 (sorties radiales) et HT 13/16 (sorties axiales). [0956]

LCC-CICE : mandrins de bobinage en céramique (diamètre : 4,5 mm ; longueur : 10, 15 ou 20 mm ; fréquence maximale 1 GHz). [0957]

Monsanto : photocouleurs pour applications générales ou spécifiques, série MCT 271 à 277. [0958]

Motorola : circuits intégrés de la série 6800 (microprocesseur) destinés aux applications à haute fiabilité aérospatiales et militaires (— 55 à + 125 °C) modèles : MC 6800 MTL (microprocesseur) ; 6810 MTL (mémoire vive statique à 128 mots de 8 bits 6820 MTL (interface parallèle pour périphérique) et 6850 MTC (interface série asynchrone pour communications). [0959]

— Transistors annulaires PNP présentés en boîtier Tracor T, destinés aux circuits d'accord et d'amplification à haute fréquence de téléviseurs, modèles BF 479 (faible bruit : 900 MHz) BF 679 et 680 (PNP, pour circuits à diodes à capacité variable). [0960]

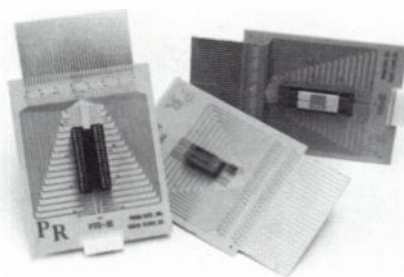
— Circuits intégrés codec (codeur-décodeur) numérique pour la téléphonie modèles MC 3417 et 3418. [0961]

National Semiconductor : références de tension monolithiques à 2,5 V fonctionnant en régulation zener shunt (2 broches ; 2,5 V ; 0,3 à 10 mA ; résistance dynamique : 0,6 Ω) modèle LM 135, 226 et 336. [0962]

— Circuit intégré destiné à l'attaque des transistors de sortie de puissance dans les amplificateurs à haute fidélité, modèle LM 391. [0963]

Nippon Electric Company : transistors de puissance pour alimentation à découpage (jusqu'à 60 A ; 400 V), série 2 SC 1860 à 1874 (modèles NPN) et 2SA 959. [0964]

Opto 22 : relais statique synchrone à coupure franche pour la commande de moteurs de 0,05 à 20 V (120 et 240 V), surée 6 000. [0965]



Probe-Rite : supports pour l'essai de circuits intégrés destinés à être raccordés sur des équipements ou appareils de test, modèles P 48 VI et P 70 III. [0966]

— Machine pour le test manuel de tranche de circuits intégrés (18 micro-positionneurs au maximum) modèle PS 40. [0967]

RCA : transistor de puissance haute tension et ultra rapide (3 à 15 A ; 450 V ; 300 à 800 ns ; boîtier TO 3) série 2 N 6306 à 6308 ; BUX 18 ; RCA 8767 ; RCA 9113 ; TA 9114. [0968]

— Thyristor assymétrique (100-800 V ; 40 A) modèle S 7310. [0969]

RdF : capteurs de flux thermique à thermopiles. [0970]

RTC La Radiotechnique Compelec : capteur optoélectronique pour détection de passage, présenté sous la forme d'une fourche, modèle H 413. [0971]

— Réseau de transistors darlington NPN haute tension (tension de claquage en sortie : 90 V), modèles NE 5501, 5502, 5503 et 5504. [0972]

— Diodes de redressement à avalanche contrôlée et présentées en boîtier de verre (400 à 600 V, 2 A), modèles BYW 55 à 57 et 1 N 5060 à 5062. [0973]

— Moteur pas à pas de petite puissance, modèle ID 31. [0974]

— Moteur synchrone de petite puissance pour asservissements (250 t/m ; 24, 48, 110 ou 220 V) série 111 31. [0975]

— Matériaux en ferrite doux de 1 à 500 Mhz type : 3 S 1, 3 S 2, 4 S 3. [0976]

Sescosom : comparateurs quadruple protégés modèles ESM 1600 B et 1602 B. [0977]

— Circuit intégré d'interface permettant de transformer un téléviseur en console de visualisation, modèle SFF 96364. [0978]

— Circuit intégré linéaire destiné à la commande de systèmes asservis modèles TDA 1067. [0979]

Sprague : condensateurs miniature au tantale solide pour applications grand public (0,1 à 680 F ; 3 à 50 V), série 199 D. [0980]

— Capteurs numériques intégrés à effet Hall, modèles ULN 3020 T et ULS 3020 T. [0981]

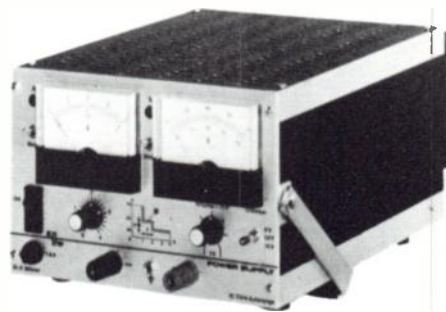
— Condensateurs électrolytiques à l'aluminium et à feuilles empilées, série 432 D. [0982]

— Capteurs numériques à effet Hall, modèle ULN 3007 M. [0983]

— Amplificateur linéaire à effet Hall, modèle ULN 3008 M. [0984]

Technipower : convertisseur d'alimentation continu-alternatif (20-28 ou 24-32 V continu ; sortie 115 V-400 Hz ; 50, 100, 250 et 500 VA), série NAC. [0985]

Western Digital : circuit intégré coupleur-formateur pour unités à disques souples à double densité, modèle FD 1771. [0986]



Witmer : alimentation de laboratoire (0-35 V ou 0-70 V ; 35 W et 70 W), série IC 35 et IC 70. [0987]

MESURE & INSTRUMENTATION

La société **Giga Instrumentation SA** au capital de 0,5 MF vient d'être constituée dans la région parisienne (106, avenue du Général Leclerc, 92340 Bourg-la-Reine). Cette société aura pour principal objet l'industrialisation et la commercialisation des instruments hyperfréquence étudiés par Giga Instruments SàRL (même adresse).

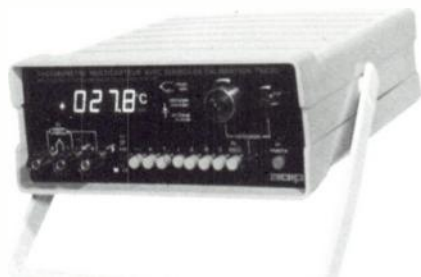
Marconi Space and Defence Systems fournira à la Royal Navy britannique un système automatique de test en production destiné au missile Naval Dart.

La firme britannique **Membrain** a présenté une nouvelle série d'équipements destinés au test de cartes imprimées : la série 7700. Cette série comporte actuellement 3 équipements dont un portable et permet le test de cartes complexes incorporant des micro-processeurs ; elle présente également la particularité d'être évolutive en fonction des besoins et par conséquent de répondre aux exigences futures. En outre, les prix s'avèrent intéressants.

Au cours des neuf premiers mois de 1977, **Teradyne Inc** a réalisé un chiffre d'affaires de 48,773 M\$ (+ 28,3 %) et un bénéfice net de 1,271 M\$ (+ 51 %).

PRODUITS RÉCENTS

Allgon Antenn : indicateur galvanométrique d'accord d'antenne, modèle ATI. [0988]



AOIP : thermomètre numérique multiplicateur avec source de calibration incorporée modèle TNC 20. [0989]

— Indicateur numérique de tableau à 20 000 points (9 calibres : 200 mV à 200 V ou 20 A à 200 mA), modèle VN 20. [0990]

Brüel et Kjaer : étalonneur d'hydrophones, modèle 4223. [0991]

Data Precision : multimètre numérique à 20 000 points donnant les valeurs efficaces vraies et avec sortie d'interface conforme à la norme IEEE 488, modèle 3400. [0992]

Datatron : appareil pour le test fonctionnel et paramétrique des circuits intégrés logiques à 24 broches maximum modèle LSI 400. [0993]



Farnell : générateur de fréquence synthétisé (10^{-4} Hz à 99,9 kHz, précision : $5 \cdot 10^{-6}$), modèle DSG 1. [0994]

Membrain : Systèmes de test fixes ou portatifs pour cartes imprimées logiques série MB 7 700. [0995]



Mesureur Farnell : générateur de fonctions (0,02 Hz à 200 kHz ; sinus-carré-triangle) modèle FG 3. [0996]

— Générateur de fréquence (10 Hz - 1 MHz ; puissance de sortie : 3 W) modèle LFP-1. [0997]

Micro Instruments : perturbographe secteur à imprimante incorporée modèle 5229. [0998]



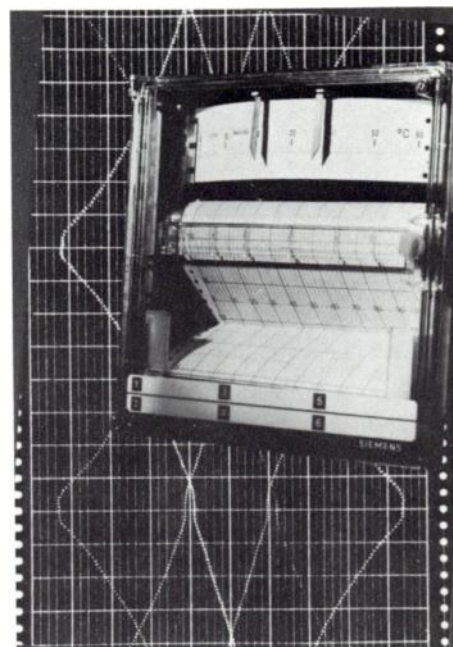
North Atlantic : indicateur de position angulaire modèle API 8 300. [0999]

— Voltmètre d'angle de phase à $4 \frac{1}{2}$ chiffres, modèle 220. [1000]

Patronics Inc : appareil transformant un oscilloscope en analyseur logique, modèle 100 A. [1001]



Philips : oscilloscope à deux canaux (0-25 MHz) modèle PM 3214. [1002]

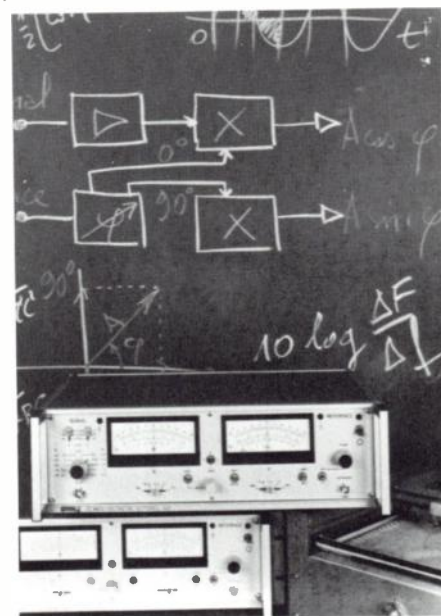


Siemens : enregistreur galvanométrique par pointé à 1 ou 6 voies, modèles Galvanograph. [1003]

Simpson : fréquencemètre numérique à 6 chiffres (10 Hz à 60 MHz), modèle 710. [1004]

Tekelec Airtronic : voltmètre vectoriel permettant la lecture simultanée de l'amplitude et de la phase, modèle TE 9702. [1005]

— Contrôleur d'isolement, modèle CI 500 C. [1006]



— Voltmètre vectoriel à deux voies orthogonales, modèle TE 9602. [1007]

Wandel und Goltermann : thermomètre numérique automatique modèle DIGIREC T 131. [1008]

oe

INFORMATIQUE

DANS LES USINES

Digital Equipment Corporation fait son entrée dans les systèmes informatiques à mots de 32 bits en présentant le modèle VAX 11/780 qui est plus particulièrement destiné à l'industrie, au commerce, à la recherche et à l'enseignement. Cette machine utilise le concept de la mémoire virtuelle.

COMMANDES ET CONTRATS

Fujitsu fournira à l'état australien, deux systèmes informatiques faisant appel à des circuits intégrés de très grande complexité (VLSI : Very Large Scale Integration) ainsi qu'un réseau national d'informatique. Le montant du contrat s'établit à 9 000 M de yens (environ 32 M\$).

IBM va construire à Tucson (Arizona, USA) une usine de fabrication de mémoires de masse et un laboratoire de recherche. Cet ensemble aura une superficie totale de 6 000 m² et emploiera 1 000 personnes.

NCR fournira à la banque japonaise Sumitomo, un système de terminaux « en ligne » comprenant : 11 systèmes de communication NCR 721 ; 131 systèmes multipoint NCR 757 ; 334 terminaux « en ligne » NCR 272 ; 76 terminaux de visualisation NCR 720 5 ; 184 imprimantes NCR 951 ; 179 terminaux de visualisation NCR 950 et 57 sélecteurs NCR 3505. Le montant de la commande s'établit à 10 M\$.

Systems Engineering Laboratories fournira à LMT, du groupe Thomson-CSF, un ordinateur SEL 32 qui équipera le simulateur de l'avion Airbus A 300B destiné à la compagnie américaine Eastern Airlines.

VIE DES SOCIÉTÉS ET RÉSULTATS FINANCIERS

Le projet de fusion entre les deux firmes suédoises du secteur de l'informatique **Datasaab** division du groupe Saab-Scania et **StandSaab** appartenant conjointement au

groupe Saab-Scania et à la Banque Nationale d'Investissement de Suède a été établi. Les deux sociétés réalisent un chiffre d'affaires total de 800 M de couronnes suédoises dont un peu moins de 50 % à l'exportation. Le schéma de fusion proposé prévoit que la nouvelle société aura un capital initial de 360 M de couronnes et sera la propriété conjointe de Saab-Scania et de l'état suédois.

Au cours du 3^e trimestre de 1977, **Centronics** a réalisé un chiffre d'affaires de 15,286 M\$ (+ 23,3 %) et un bénéfice net de 3,083 M\$ (+ 10,9 %).

Au cours du 3^e trimestre de 1977, **Memorex Corporation** a réalisé un chiffre d'affaires de 114,1 MF (+ 35 %) et un bénéfice net de 14,1 M\$ (+ 37 %).

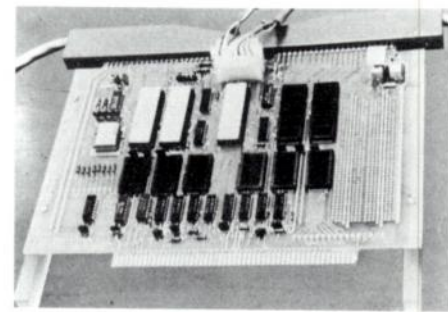
DIVERS

La procédure engagée par **Centronics** auprès de l'International Trade Commission des Etats-Unis contre le constructeur allemand d'imprimantes **Mannesmann Präzisions Technik, GmbH**, a abouti à un arrangement à l'amiable entre les deux firmes. Un accord croisé d'échange de licence sera conclu et Centronics recevra 0,36 M\$ en 9 ans. Rappelons que cette procédure visait à empêcher l'importation d'imprimantes Mannesmann. Par ailleurs, les autres actions judiciaires intentées par Centronics contre Mannesmann ont également été réglées.

PRODUITS RÉCENTS



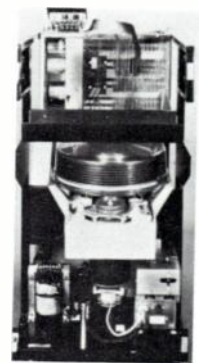
Beehive : équipement terminal à console de visualisation et à microprocesseur modèle B 500. [1009]



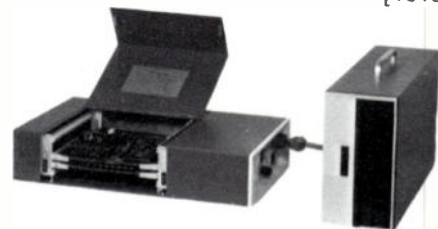
Fairchild : microordinateur en une seule carte construit autour du microprocesseur F 8 modèle OCM 1. [1010]

Tektronix : système graphique modèle FEM 181. [1011]

— Unité à disques souples pour ordinateur de table graphique Tektronix 4051, modèle 4097. [1012]



Telex : unité à disques amovibles compatible IBM 3350, modèle 6350 (317,5 M octets). [1013]



Zilog : microordinateur conçu autour du microprocesseur Z 80, modèle PDS Z 80. [1014]

oe

GRAND PUBLIC

La société **Ferrograph** du groupe britannique Wilmot Breeden Holdings, a été rachetée par la North Audio Ltd (GB) pour un montant de 0,44 M£ révisable. Dans le même temps, le National Enterprise Board (GB) prenait une participation de 49 % dans le capital de North Audio. Rappelons que Ferrograph produit des matériels à haute fidélité : magnétophones à bobines et équipements de test basse-fréquence ainsi que des sondeurs marins à écho.

Le prototype de téléviseurs à écran plat qu'**Hitachi** a dernièrement présenté, comporte un écran à cristal liquide comprenant 109 points par ligne et 82 lignes. La diagonale d'écran est de 12,5 cm environ.

Matsushita Electric fournira aux Etats-Unis et en Australie, des fours hyperfréquence qui seront habillés puis commercialisés par Westinghouse. Rappelons que Matsushita fournit également des fours hyperfréquence

à Siemens, (D. Fédérale), Bosch (D. Fédérale), Norelco (USA).

Les titres **Sony** vont être introduit dans les bourses suisses suivantes : Bâle, Zurich et Genève.

oe

NOUVELLES ÉCONOMIQUES

FRANCE

D'après les Syndicats professionnels français concernés, **l'industrie française des composants électroniques** a connu au cours du premier semestre de 1977, une progression en valeur de 19 % par rapport au premier semestre de 1976. Pour leur part, les composants passifs ont progressé de 16 % et les composants actifs de 25 %. Le taux de couverture de la balance importations-exportations s'est établi à 94 % contre 92 % l'an dernier.

JAPON

Au cours du mois de septembre 1977, le Japon a **exporté** 414 000 **téléviseurs couleur** (— 25,3 %) dont 192 000 à destination des USA (— 43 %). Durant ce même mois le Japon aura **produit** 762 000 téléviseurs couleur (— 18,4 %).

D'après l'Electronics Industries Association of Japan, au cours des 5 premiers mois de l'année, le Japon a **produit** pour 321 M\$ **d'appareils de mesure** (+ 19,4 %) dont 163,5 M\$ pour les appareils industriels (+ 20,3 %). Les exportations se sont établies à 17,3 M\$ pour les oscilloscopes ; à 4,3 M\$ pour les équipements de test numériques (+ 41,9 %) ; 6,4 M\$ pour les systèmes de test de dispositifs à semiconducteurs (+ 82,2 %) et à 2,9 M\$ pour les analyseurs de formes d'ondes (+ 50 %).

En 1975, le Japon a **produit** 2,2 M de **magnétrons pour fours hyperfréquence grand public** (+ 4 %) et 3,4 en 1976 (+ 54 %) La répartition de la production de 1976 entre les différents fabricants a été :
— Toshiba : 38 % ;
— Hitachi : 32 % ;
— Matsushita : 18 % ;
— Nippon Electric Company : 11 %.

Au cours de l'année fiscale 1976 close au 31 mars 1977, le **marché japonais des équipements à haute fidélité** a représenté 300 000 M de yens (1 100 M\$ environ). Il faut noter que 45 % environ de ce chiffre a été réalisé avec des chaînes à haute fidélité à éléments séparés et 55 % avec des équipements combinés. On assiste, dans ce pays, à une importante progression dans la vente des équipements à éléments séparés et à un déclin de celle des combinés.

EUROPE

L'Union Internationale des Télécommunications a publié un certain nombre de statistiques concernant l'équipement en télex des pays européens en 1976 :

	Nombre d'abonnés	Densité nombre de télex pour 100 habitants
Suisse	24 355 (+ 7,5 %)	3,83
Luxembourg	1 087 (+ 9,9 %)	3,05
Autriche	15 034 (+ 8,4 %)	1,99
Allemagne Fédérale	107 978 (+ 4,5 %)	1,76
Pays-Bas	24 854 (+ 9,8 %)	1,80
Belgique	16 374 (+ 8,5 %)	1,67
Norvège	5 802 (+ 7,9 %)	1,44
Danemark	7 211 (+ 8,7 %)	1,42
Suède	11 156 (+ 6,8 %)	1,36
Finlande	5 601 (+ 6 %)	1,18
France	60 536 (+ 12,6 %)	1,14
Grande-Bretagne	63 468 (+ 9,2 %)	1,13

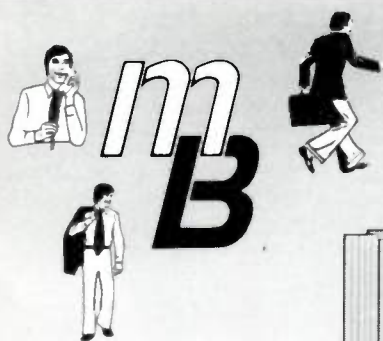
USA

La Northern Telecom Limitée a réalisé une étude portant sur le coût de l'installation d'une usine de 4 600 m² en Amérique du Nord. Cette étude a montré qu'une telle implantation est 40 % plus coûteuse au Canada qu'aux États-Unis. Cette constatation est à rapprocher d'une récente étude de la Citybank américaine montrant que les États-Unis sont devenus un pays intéressant en ce qui concerne les coûts de la main d'œuvre, les salaires ayant en effet augmenté entre 1970 et 1976 de 35 % aux USA ; de 61 % au Canada ; de 61 % en Italie, de 70 % en Grande-Bretagne, de 91 % en France, de 100 % en Allemagne Fédérale, de 123 % aux Pays-Bas, de 132 % au Japon, de 135 % en Suède et de 143 % en Suisse.

INTERNATIONAL

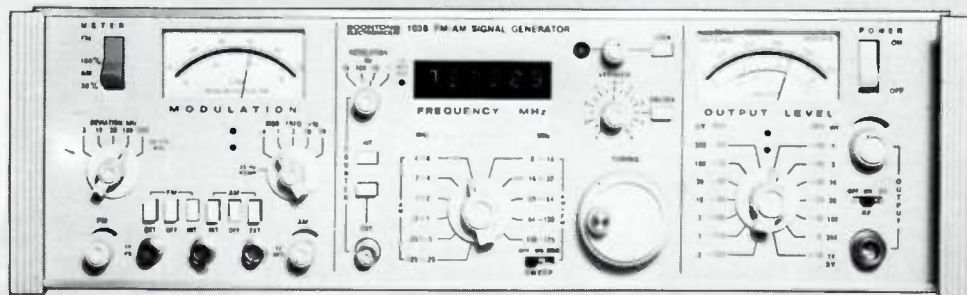
Le consultant américain Venture Development Corporation a réalisé une étude portant sur l'évolution du **marché mondial des convertisseurs de données** de 1975 à 1980 (en M\$) :

	monolithiques	modulaires	hybrides	total
Convertisseurs analogique-numérique				
1975	0,4	10,5	3,1	14
1977	8,7	9,1	5	22,8
1980	22,9	14	8,1	45
Convertisseurs numérique-analogique				
1975	2	13	3,2	18,2
1977	6,4	4,8	14,3	25,5
1980	16,4	12,3	7,6	36,3



une mesure d'avance

Une nouvelle génération de signaux AM/FM **BOONTON**



Caractéristiques	Série 102 C et D	Série 103 A et B
Gamme de fréquence	450 KHz à 520 MHz	125 KHz à 175 MHz
Niveau de sortie	— 130 à + 13 dbm 1 V/50 Ω	— 130 à + 23 dbm 3 V/50 Ω
Pureté spectrale	120 dB/Hz à 20 KHz de la porteuse	
Modulation FM	déviaton 300 KHz crête — fréquence : continu à 200 KHz	
Modulation d'amplitude	0 % à 100 % — continu à 20 KHz	
Gamme de wobulation		± 30 KHz à ± 10 MHz
Stabilité en verrouillage de phase	102D — 0,05 ppm/h	103B — 0,05 ppm/h

mB

électronique

Z.A.C. de Buc - B.P. 31 - 78530 BUC - Tél. 956.31.30 - Télex 695.414

Service Lecteur : inscrivez le n° 010

SOIGNEZ VOTRE IMAGE DE MARQUE, UN MONDE D'IDÉES NOUVELLES

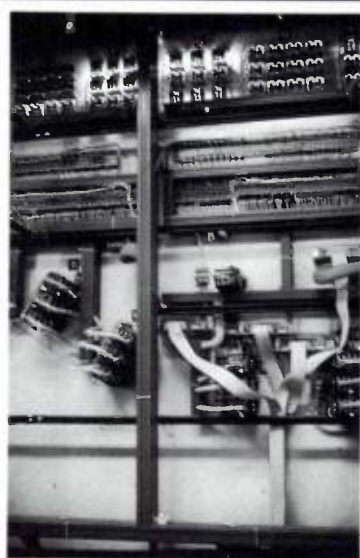
Pour la mise en œuvre et utilisation des équipements de commande, contrôle, visualisation dans tous les domaines.

Conception, études d'intégration des matériels, esthétique industrielle, architecture intérieure.

Construction de salle de contrôle (tôlerie, serrurerie, peinture, menuiserie, tous les synoptiques) câblage, montage, assistance technique, prestation "clé en main" France et Étranger.

Un spécialiste :

Qui vous surprendra
Qui vous aidera avec efficacité
Qui concrétisera vos projets
Qui sera le trait d'union entre le concepteur du système et l'utilisateur.



Documentation sur demande :

Tél. : 037-49-47
Télex : 691 210 F
10, Mail Joliot-Curie
95310 Saint-Ouen-l'Aumône

AUGERON

Service Lecteur : inscrivez le n° 011

oe

NOUVEAUTÉS TECHNIQUES

Cette rubrique a exclusivement pour but l'information de nos lecteurs et aucune participation sous aucune forme n'est sollicitée ni acceptée pour sa réalisation.

TRANSISTORS DE PUISSANCE NPN

General Semiconductor série XGSR 7530

La firme américaine General Semiconductor Industries, introduit une nouvelle série de transistors de puissance NPN au silicium plus particulièrement conçus pour être incorporés dans les alimentations à découpage. La série XGSR 7530 comprend 3 transistors qui ne diffèrent que par les tensions collecteur base et collecteur émetteur qu'ils peuvent supporter.

Caractéristiques :

- tension collecteur-base (courant collecteur : 1 mA) ;
- modèle XGSR 7530 : 350 V ;
- modèle XGSR 7535 : 400 V ;
- modèle XGSR 7540 : 450 V ;
- tension collecteur-émetteur (courant collecteur 50 mA) ;
- modèle XGSR 7530 : 300 V ;
- modèle XGSR 7535 : 350 V ;
- modèle XGSR 7540 : 400 V ;
- tension émetteur-base (courant émetteur : 1 mA) : 7 V ;
- courant collecteur maximal : 7,5 A (15 A crête) ;
- courant de base maximal : 3 A ;
- gain h_{FE} : 10 ;
- puissance dissipée à une température de boîtier de 100 °C : 50 W ;
- présentation : boîtier TO3 métallique.

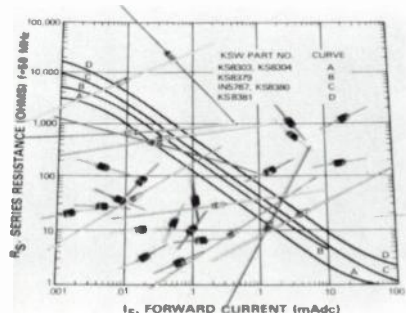
GENERAL SEMICONDUCTOR INDUSTRIES Inc, 2001 West Tenth Place, Tempe, Arizona 85281 (USA).

Service lecteur : inscrivez le n° 051.

DIODES PIN

KSW Electronics

La firme américaine KSW Electronics introduit une nouvelle série de six diodes PIN destinées à être utilisées comme résistances commandées par courant pour les applications à haute fréquence : atténuateurs, niveleurs, modulateurs, limiteurs, déphaseurs analogiques, contrôle automatique de gain. Ces dispositifs présentés en boîtier de plastique ou de verre sont compatibles avec les diodes PIN proposées par Hewlett Packard



sous la référence 5083-3080. Cette nouvelle série de diodes permet d'obtenir des valeurs de résistances variant de 5 à 2 000 Ω ; elle comprend les dispositifs suivants : KS 8303 ; 8304 ; 8374 ; 8380 ; 8381 et 1 N 5767.

KSW ELECTRONICS Corporation, South Bedford Street, Burlington, Massachusetts 01803 (USA).

Service lecteur : inscrivez le n° 052.

DISPOSITIFS D'AFFICHAGE A CRISTAL LIQUIDE

Liquid Crystal Displays

Jusqu'à présent la plupart des dispositifs d'affichage à cristal liquide présentait un certain nombre d'inconvénients liés à leur comportement en fonction de la température et à leurs temps d'allumage et d'extinction relativement importants.

La firme américaine Liquid Crystal Displays introduit une nouvelle génération de dispositifs d'affichage à cristal liquide qui ne souffre pas des inconvénients indiqués plus haut. Ces dispositifs sont disponibles en 4, 6 ou 8 digits sous des hauteurs de caractère de 10, 13, 18 et 25 mm.



Caractéristiques :

- gamme de température : - 20 à + 80 °C ;
- temps d'allumage : 40 ms ;
- temps d'extinction : 70 ms ;
- tension de fonctionnement : 5 à 12 V ;
- mode de fonctionnement : réflectif, transmissif ou transréflectif au choix ;
- fonctionnement en ambiance humide : 30 jours à 50 °C sous 95 % d'humidité relative.

LIQUID CRYSTAL DISPLAYS (USA), Représentation en France : COMSATEC, 14 rue Baudin, 92300 Levallois Perret (tél. 757.60.36).

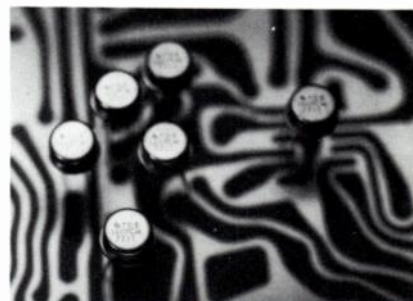
Service lecteur : inscrivez le n° 053.

CIRCUIT INTÉGRÉ LINÉAIRE DE COMMANDE

Sescosem modèle TDA 1607 CM

La division Sescosem de Thomson-CSF présente un circuit intégré linéaire destiné à la commande de lampes jusqu'à la puissance de 5 W, de relais, de moteurs pas à pas,

etc. Ce dispositif possède une entrée différentielle qui assure une compatibilité avec la plupart des systèmes logiques. Il possède une protection contre les surcharges électriques et thermiques.



Caractéristiques :

- entrées symétriques ;
- tension d'alimentation (V_{CC}) : 10 à 30 V ;
- gamme de tension d'entrée en mode commun : + 3 V à $V_{CC} - 3$ V ;
- courant d'entrée : 100 nA ;
- gain en tension : > 50 000 ;
- courant maximal de sortie : 750 mA ;
- charge avec point à la masse.

SESCOSEM, 50 rue Jean-Pierre Thimbaud, BP 120, 92403 Courbevoie (France), (tél. 788.50.01).

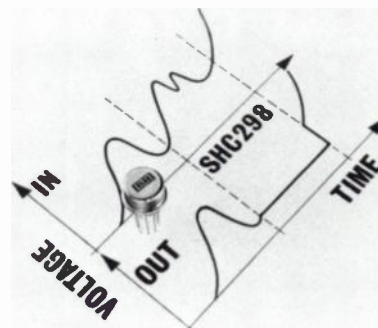
Service lecteur : inscrivez le n° 054.

CIRCUIT ÉCHANTILLONNEUR-BLOQUEUR

Burr Brown modèle SHC 298

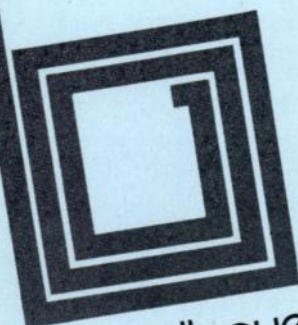
La firme américaine Burr Brown lance sur le marché un nouveau circuit intégré monolithique, le SHC 298. Il s'agit-là d'un échantillonneur-bloqueur à hautes performances et à faible bruit.

Le contrôle du mode de fonctionnement de ce circuit s'effectue sur des entrées différentielles, ce qui a pour effet d'augmenter l'immunité au bruit tout en permettant l'utilisation d'une paire de fils torsadés. L'unique composant externe nécessaire à la mise en œuvre du SHC 298 est le condensateur mémoire ; on peut y adjoindre un potentiomètre et une résistance pour le réglage de la tension de décalage.



Caractéristiques :

- résolution : 12 bits ;
- tension de bruit : 20 μ V efficace ;



colloque
international sur
la fiabilité et
la maintenabilité
international
conference on
reliability and
maintainability

paris 19-22 juin 1978

secrétariat général :
11 rue Hamelin
75783 Paris
Cedex 16 - France
☎ 505-14-27
SYCELEC Paris 034
SYCELEC
Paris 611045 F

- perte en mémoire : 5 mV/mn avec un condensateur extérieur de 1 F ;
- entrées compatibles : DIL, ITL et MOS Complémentaire ;
- impédance d'entrée : $10^{10} \Omega$;
- temps d'acquisition : $< 10 \mu s$;
- erreur maximale de gain : $\pm 0,005 \%$;
- dérive du gain : 4 ppm/°C ;
- bande passante à pleine puissance : 125 kHz avec une capacité mémoire de 1 000 pF ;
- tension d'alimentation : $\pm 4,75$ à ± 18 V ;
- gamme de température : - 25 à + 85 °C ;
- présentation : boîtier métallique TO 99.

BURR BROWN INTERNATIONAL, 18, avenue Dutartre, 78150 Le Chesnay (tél. 954.35.58).

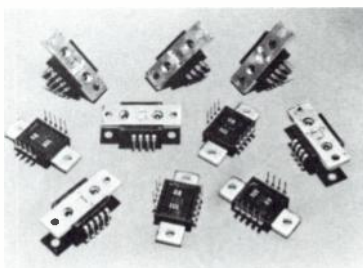
Service lecteur : inscrivez le n° 055.

AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL DE PUISSANCE

Delco modèle DA 101

La firme américaine Delco Electronics, du groupe General Motors, fait son entrée dans le marché des circuits intégrés en introduisant sous la référence DA 101, un amplificateur opérationnel monolithique de puissance.

Présenté en boîtier de matière plastique du type DIL, avec radiateur incorporé, ce dispositif s'alimente sous une tension continue comprise entre 10 et 24 V. En réalité, le DA 101 comporte deux circuits amplificateurs de puissance identiques et peut de ce fait être utilisé soit en « pont » avec entrée flottante pour l'attaque d'une charge unique, soit en parallèle pour l'attaque de 2 charges, la valeur optimale de l'impédance des charges étant comprise entre 4 et 5 Ω .



Ce dispositif incorpore de nombreux circuits contre surcharges thermiques et électriques, les court-circuits et les transitoires. Il est destiné à une large gamme d'applications : interface, télécommande, commande de charges inductives ou résistives, amplification basse fréquence des sons, etc.

DELCO ELECTRONICS (USA), Représentation en France : ISC FRANCE, 27 rue Yves Kermen, 92100 Boulogne (tél. 604.52.75).

Service lecteur : inscrivez le n° 056.

DÉCOUPEURS A TRANSISTORS

Solid State Electronics série 6 000

La firme américaine Solid State Electronics introduit une nouvelle série de découpeurs à transistors destinée à se substituer aux dispositifs électromécaniques analogues.

Ce composant fonctionne de manière synchrone et peut être utilisé comme démodulateur synchrone de signaux alternatifs ou continus. La gamme de tensions des signaux traités s'étend de quelques microvolts à ± 100 V et celle des fréquences du continu à 100 kHz. Les caractéristiques de bruit du dispositif sont analogues à celle des découpeurs électromécaniques toutefois, leur fiabilité est plus élevée. Ils sont présentés en boîtier métallique hermétique enfichable.

SOLID STATE ELECTRONICS Corporation, 15321 Rayen Street, Sepulveda, California 91343 (USA).

Service lecteur : inscrivez le n° 057.

AMPLIFICATEURS OPÉRATIONNELS A HAUTE TENSION

Teledyne Philbrick modèles 1036 et 1037

La firme américaine Teledyne Philbrick introduit une nouvelle série de 4 amplificateurs opérationnels à haute tension destinés aux applications relatives à des environnements difficiles et plus particulièrement aux applications militaires. Ils peuvent être utilisés dans les systèmes convertisseurs numérique-analogique de puissance, les modulateurs de tubes de puissance, les circuits de déviation dans les tubes cathodiques, pour la commande de servo-moteurs, etc.



Caractéristiques :

- tensions et courants de sortie :
 ± 10 V et 50 mA (modèles 1036) ;
 ± 140 V et 10 mA (modèles 1037) ;
- gains en tension :
105 dB (modèles 1036) ;
120 dB (modèles 1037) ;
- vitesses de balayage :
9 V/ μs (modèles 1036) ;
30 V/ μs (modèles 1037) ;
- impédances d'entrée :
0,2 M Ω (technologie bipolaire) pour les modèles 1036 ;
 10^{12} M Ω (technologie à effet de champ) pour les modèles 1037 ;
- alimentation :
modèles 1036 : ± 8 à ± 20 V sous 10 mA ;
modèles 1037 : ± 40 à ± 150 V sous 12 mA ;
- gamme de température : - 55 à + 150 °C.

TELEDYNE PHILBRICK FRANCE, 4 rue des Bergers, 75015 Paris (tél. 577.95.86).

Service lecteur : inscrivez le n° 058.

TUBES DE PRISE DE VUES

RTC modèle XQ 1442

RTC fabrique des tubes de prise de vues de télévision du type « Newvicon » à cible au cadmium-zinc-tellure qui sont caractérisées par une grande sensibilité et une résolution élevée.

N° 12, Décembre 1977

Le tube «Newvicon» XQ 1442 a un diamètre de 25 mm et possède une fenêtre d'entrée à fibres optiques. Il s'agit d'un tube à concentration et à déviation magnétiques, interchangeable avec les vidicons XQ 1240 et 1280 ou avec le «Newvicon» XQ 1440.

Grâce à ses fibres optiques d'entrée, le XQ 1442 peut être couplé soit à un tube intensificateur d'image pour des applications de surveillance dit de sécurité, soit à un tube d'intensificateur d'images de rayons X pour les applications médicales ou industrielles.

La sensibilité élevée de ce type de tubes permet de fonctionner sous des niveaux d'éclairage très faibles ; ainsi, le XQ 1442 peut délivrer un courant de signal de 170 nA pour un éclairage de 0,5 lux.

RTC LA RADIOTECHNIQUE COMPELEC,
130, avenue Ledru Rollin, 75540 Paris
Cedex 11 (tél. 355.44.99).

Service lecteur : inscrivez le n° 059.

MAGNÉTRON EN BANDE MILLIMÉTRIQUE

English Electric Valve modèle M 5163

La firme britannique English Electric Valve, du groupe GEC, présente un nouveau magnétron à grande durée de vie fonctionnant dans la bande 94-96 GHz. Ce tube à haute fiabilité fonctionne en régime impulsif.

Caractéristiques :

- tension anodique (crête) : 10 kV ;
- courant anodique (crête) : 7 A ;
- facteur de forme : 0,0002 ;
- durée d'impulsion : 50 ns ;
- puissance de sortie : 3 kW ;
- durée de vie prévisionnelle : 750 h ;
- refroidissement : air forcé ;
- dimensions hors tout : 152 x 150 x 127 mm ;
- poids : 3,4 kg.

GEC COMPOSANTS FRANCE, Département Tubes Électroniques : Tour d'Asnières, 194 avenue des Grésillons, 92606 Asnières (tél. 791.44.44).

Service lecteur : inscrivez le n° 060.

MODULE D'ALIMENTATION

Calex modèle CM 2 15 100

La firme américaine Calex introduit une nouvelle alimentation compacte délivrant à partir du réseau alternatif une tension continue différentielle de 15 V sous 100 mA.



2 COMPTEURS 18 GHz automatiques exceptionnels



EIP 371

COMPTEUR - SYNCHRONISATEUR A MICROPROCESSEUR

- 20 Hz à 18 GHz (option 20 GHz)
- Sensibilité - 30 dBm
- Tolérance FM 40 à 200 MHz
- Discrimination et présélection de fréquence
- Protection d'entrée 2 Watts

Ce compteur, associé à une source ou un vobulateur, stabilise celui-ci à mieux que 1.10⁻⁷ c'est-à-dire procure LA STABILITÉ D'UN SYNTHÉTISEUR.



EIP 451

MESURE D'UNE HYPERFRÉQUENCE EN IMPULSIONS-RADAR

- 925 MHz à 18 GHz (option 300 MHz)
- Sensibilité - 10 dBm jusqu'à 10 GHz
- Largeur minimum d'impulsion 100 ns
- Mesure de la fréquence en un point de l'impulsion
- Présélection et discrimination de fréquence
- Contre-mesure / P.T.D. / I.F.F.

CES DEUX COMPTEURS SONT PROGRAMMABLES EN BCD ET EN GPIB (IEEE 488 - 1975)

DANA

Electronics France s.a.

91, route des Gardes 92190 Meudon - Tél. (1) 027 75 75+

Lyon	: (78) 52-42-10	Rouen	: (35) 98-17-98	Toulouse:	(1) 027-75-75
Nancy	: (28) 29-11-17	Toulon	: (94) 41-49-63	Vannes	: (97) 66-77-58

Service Lecteur : inscrivez le n° 013

colloque
international
sur les
signaux
et les images
en médecine
et en biologie
international
conference
on signals
and images
in medicine
and biology
BIO SIGMA 78
paris 24-28 avril 1978

secrétariat général :
11 rue Hamelin
75783 Paris
Cedex 16 - France
☎ 505-14-27
SYCELEC Paris 034
SYCELEC
Paris 611045 F

Caractéristiques :

- tension de sortie : ± 15 V ;
- taux de régulation en fonction de la charge : 1.10^{-4} ;
- coefficient de température : $1.10^{-4}/^{\circ}\text{C}$;
- bruit et ronflement : 1 mV efficace ;
- protection contre les surcharges incorporée ;
- dimensions : 9,25 x 6,75 x 3,5 cm.

CALEX MANUFACTURING Co, 3305 Vincent Road, Pleasant Hill, California 94523 (USA).

Service lecteur : inscrivez le n° 061.

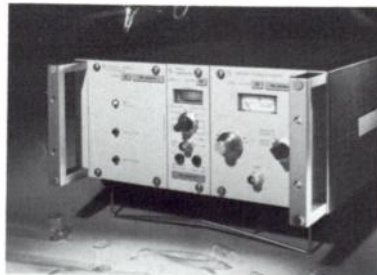
ÉTALON DE FRÉQUENCE AU RUBIDIUM

Rohde und Schwarz modèle XSRM

La firme d'Allemagne Fédérale, Rohde und Schwarz a apporté un certain nombre d'améliorations à l'étalon de fréquence au rubidium, modèle XSRM qu'elle fabrique.

Tout d'abord, une nouvelle technique de fabrication a permis d'obtenir les performances suivantes :

- stabilité à long terme : $< 2.10^{-11}$ /mois (jusqu'à présent : 5.10^{-11}) ;
- stabilité à court terme : $< 5.10^{-12}$ /s (jusqu'à présent : 1.10^{-11}) ;
- rapport signal à bruit : > 125 dB/Hz (jusqu'à présent : 120 dB/Hz) ;
- température de stockage : $- 40$ à $+ 70$ °C (jusqu'à présent : $- 20$ à $+ 60$ °C) ;



Chaque étalon sera dorénavant équipé d'une entrée «tension de contrôle» qui permet la commande électronique de la fréquence. Cette entrée permet d'insérer un récepteur de fréquence entre l'émission reçue et l'étalon. Un étalon au rubidium contrôlé par récepteur permet, en effet, d'obtenir par rapport à un oscillateur à quartz contrôlé par récepteur, une plus grande précision. Un tel récepteur sera bientôt disponible chez le même constructeur.

Enfin, Rohde und Schwarz a placé une calotte de protection transparente sur le potentiomètre de réglage de la fréquence, ce qui évitera les dérèglages fortuits.

ROHDE UND SCHWARZ FRANCE, 45 place de la Loire, 94533 Rungis (tél. 687.25.06).

Service lecteur : inscrivez le n° 062.

AMPLIFICATEURS HAUTE FRÉQUENCE A D E série ALB

La société française Avance et Développement Électronique présente une importante gamme d'amplificateurs à large bande, à faible bruit et à dynamique élevée fonctionnant dans la bande 5-500 MHz.



Caractéristiques générales :

- bande passante : 5-500 MHz ;
- impédances d'entrée et de sortie : 50 ou 75 Ω ;
- gain : 10, 20 ou 30 dB selon les modèles ;
- ondulation maximale du gain dans la bande passante : $\pm 0,3$ dB ;
- taux maximal d'ondes stationnaires à l'entrée et la sortie : 1,3 ;
- facteur maximal de bruit du modèle 55-20-10 (bande passante : 5-500 MHz ; gain 20 dB ; niveau de sortie 10 dBm) : 2,5 dB ;
- alimentation : réseau ou continu ;
- connecteurs : BNC, N ou SMA au choix.

A D E, 99 avenue Henri Barbusse, 92140 Clamart (tél. 642.97.60).

Service lecteur : inscrivez le n° 063

MULTIMETRE NUMÉRIQUE

Sinclair modèle PDM 35

La firme britannique Sinclair spécialisée dans l'électronique grand public, introduit un nouveau multimètre numérique à un prix très intéressant. Cet appareil est destiné aux amateurs et aux professionnels.



Caractéristiques :

- capacité : 2 000 points ;
- affichage à diodes électroluminescentes bleues ;
- 4 fonctions : voltmètre pour tensions continues et alternatives ; ampèremètre pour courants continus ; ohmmètre ;
- tensions continues :
4 calibres : 1-10 - 100 et 1 000 V ;
impédance d'entrée : 10 M Ω ;
précision : $1.10^{-2} \pm 1$ unité ;
- tensions alternatives (40 Hz à 5 kHz) ;
4 calibres : 10-10-100 et 500 V ;
impédance d'entrée : 10 M Ω ;
précision : $1.10^{-2} \pm 2$ unités ;

- courants continus :
6 calibres : 0,1 μ A ; 1 μ A ; 10 μ A ;
100 μ A ; 1 mA et 100 mA ;
précision : $1.10^{-2} \pm 1$ unité ;
- ohmmètre et test de jonctions de semi-conducteurs :
5 gammes de 1 Ω à 20 M Ω : x 1 -
x 10 - x 100 k Ω et x 1 - x 10 M Ω ;
précision : $1.5.10^{-2} \pm 1$ unité ;
- alimentation : pile 9 V ;
- options : sonde haute tension, alimentation secteur.

SINCLAIR RADIONICS (GB), Représentation en France : TEKELEC AIRTRONIC, BP 2, 92310 Sèvres (tél. 027.75.35).

Service lecteur : inscrivez le n° 064.

GÉNÉRATEUR D'IMPULSIONS

Dytech modèle 750

La firme américaine Dytech Corporation, du groupe Probe Rite, présente un générateur d'impulsions destiné à l'usage général. Cet appareil qui porte la référence 750 est proposé à un prix particulièrement intéressant.



Caractéristiques :

- fréquence de répétition : 10 Hz à 10 MHz en 7 gammes ;
- tension de sortie :
sur une charge à haute impédance : 0 à + 10 V ;
sur une charge de 50 Ω : 0 à + 5 V ;
- temps maximal de montée ou de descente : 5 ns ;
- largeur d'impulsion : 50 ns à 100 ms en 7 gammes ;
- facteur de forme : $> 0,8$;
- retard : 50 ns à 100 ms en 7 gammes ;
- entrée déclenchement extérieur ;
- sortie synchronisation pour oscilloscope ;
- alimentation : réseau 110 ou 220 V.

DYTECH CORPORATION, 2725 Lafayette Street, Santa Clara, California 95050 (USA).

Service lecteur : inscrivez le n° 065.

ANALYSEUR POUR RÉCEPTEURS A MODULATION DE FRÉQUENCE

Motorola modèle SINAD Meter R 1013 A

La plupart des fabricants de récepteurs à modulation de fréquence donnent les caractéristiques de sensibilité de leurs appareils à partir de deux méthodes :

- la méthode dite «silence à 20 dB» ;
- la méthode SINAD (Signal Noise And Distortion : bruit dans le signal et distorsion).

P. M. 10 MESUREUR DE NIVEAU

Un très petit instrument
qui permet de contrôler
les niveaux entre

200 Hz et 4 kHz

sans commutation
de gamme de

— 50 à
+ 10dBm



■ Affichage par
cristaux liquides
résolution 0,1 dB

■ Générateur 820 Hz incorporé avec deux niveaux de sorties fixes commutables

■ Entrée de mesure protégée contre les tensions continues

■ Batteries Cd — Ni ou pile incorporée

■ Contrôle de l'état de charge de la batterie

Documentation sur simple demande à.



Wandel & Goltermann France

APPAREILS DE MESURES ÉLECTRONIQUES

SOGARIS 156 - 94 534 RUNGIS CEDEX

687.32.70 - Télex : 260006 W.et G.F.

Service Lecteur : inscrivez le n° 015



Jusqu'à présent la première méthode s'est avérée être la plus rapide ; toutefois, les résultats n'étaient pas toujours reproductibles et ne reflétaient pas nécessairement le comportement réel du récepteur en présence de signaux vocaux. En effet, le mauvais alignement d'un récepteur peut être dû au fait que le fonctionnement est correct en présence d'un signal en onde entretenue et ne l'est plus lorsqu'un signal modulé avec des crêtes est appliqué à l'entrée.

Seule la méthode SINAD permet d'aligner de manière reproductible un récepteur, en traduisant réellement son comportement en présence d'un signal vocal.

L'appareil proposé par Motorola sous la référence R 1013 A utilise cette méthode. Sa mise en œuvre entièrement automatique ne nécessite pas de calibrage, de réglage, de mise à zéro. Il suffit de connecter la sortie basse fréquence du récepteur à l'entrée de l'appareil et d'observer l'indication du galvanomètre pour effectuer l'alignement.

L'analyseur R 1013 A admet à l'entrée des signaux dont les tensions efficaces peuvent être comprises entre 40 mV et 10 V, l'impédance d'entrée étant de 1 M Ω en parallèle sur 50 pF. La précision est de ± 1 dB ; l'appareil s'alimente sur le réseau 110 ou 220 V ou à partir d'une tension continue de 12 V.

MOTOROLA Inc, Communication Division, International Parts, 1313 East Algonquin Road, Schaumburg, Illinois, USA.

Service lecteur : inscrivez le n° 066.

GÉNÉRATEUR DE SIGNAUX A HAUTE FRÉQUENCE

Radiometer modèle RE 101

La firme danoise Radiometer Electronics présente un générateur de signaux à haute fréquence plus particulièrement destiné à être utilisé pour le réglage ou le contrôle en fabrication ou en maintenance, des radiorécepteurs grand public à modulations d'amplitude et de fréquence. Cet appareil incorpore un générateur de balayage et les générateurs de modulation ; il ne délivre pas de signaux stéréophoniques à modulation de fréquence, mais dispose d'une sortie spéciale pouvant directement attaquer un codeur stéréophonique, tel le modèle SMG 40 disponible chez le même constructeur.



Caractéristiques :

- 7 gammes de fréquence de 0,15 à 30 MHz et de 86 à 130 MHz avec une gamme spéciale fréquence intermédiaire pour récepteurs à modulation de fréquence s'étendant de 10 à 11,5 MHz ;

- affichage numérique de la fréquence sur 5 chiffres ;
- sortie :
 - niveau : 0,1 μ V à 1 V efficaces ;
 - impédance : 75 Ω ;
 - atténuateur : réglable de manière continue sur 140 dB ;
- modulations :
 - interne de fréquence ou d'amplitude à 400 ou 1 kHz ;
 - externe de fréquence (0 à ± 100 kHz) ou d'amplitude (40 à 3 000 ou 5 000 Hz) ;
- taux de distorsion :
 - < 0,05 % en modulation de fréquence ;
 - < 0,3 % en modulation d'amplitude ;
- générateur de balayage :
 - largeur de balayage : ± 10 kHz pour les bandes jusqu'à 30 MHz ; ± 500 kHz pour les bandes « fréquence intermédiaire » et 86/30 MHz ;
 - fréquence de balayage : 5 Hz pour les bandes jusqu'à 30 MHz et 50 Hz pour les bandes « fréquence intermédiaire » et 86/130 MHz ;
- alimentation : réseau 110-220 V sous 18 VA.

RADIOMETER ELECTRONICS (DK), Représentation en France : JARRE-JACQUIN, 18 rue Pierre-et-Marie Curie, 75015 Paris (tél. 033.78.43).

Service lecteur : inscrivez le n° 067.

CORRÉLATEUR

Honeywell Saicor modèle SAI-48

La firme américaine Honeywell Saicor introduit un nouveau processeur spécialisé dans le calcul des fonctions de corrélation, le moyennage des signaux et la détermination des probabilités d'amplitude.

Cet appareil est caractérisé par une vitesse de traitement et une résolution temporelle élevées et une présentation des résultats particulièrement souple.

Le calcul s'effectue simultanément sur 400 canaux avec une cadence maximale d'échantillonnage de 20 MHz, les sommations et le traitement étant essentiellement numériques.

L'appareil calcule les fonctions d'auto et d'intercorrélation, moyenne les signaux, donne les densités et les distributions de probabilité d'amplitude. Il comporte deux entrées identiques avec quantification selon les modes suivants : 9 x 3 bits (avec ou sans bruit d'interpolation), 2 x 1 bit ou 1 x 1 bit.



Le corrélateur SAI-48 dispose de sorties spéciales en vue du raccordement à un oscilloscope ou à une table traçante. La mémoire comporte 400 mots de 300 bits et un dispositif approprié permet de sélectionner les 10 bits les plus significatifs de chacun

des mots. Il est également possible d'avoir la fonction intégrale ou différentielle du premier ordre de la fonction obtenue, ce qui facilite le repérage des minima et des maxima.

On peut également utiliser l'appareil en moyenneur sur un prélèvement unique d'échantillon lors de l'enregistrement d'une transitoire par exemple.

Le système d'affichage, particulièrement adapté permet à l'aide d'un curseur la lecture du coefficient de corrélation, de l'amplitude moyennée, du retard en un point donné, des numéros du canal, du nombre de sommations effectuées (mode linéaire) ou du nombre de constantes de temps écoulées (mode exponentiel).

HONEYWELL SAICOR (USA), Représentation en France : MESUREUR, 72 rue du Château des Rentiers, 75013 Paris (tél. 583.66.41).

Service lecteur : inscrivez le n° 068.

UNITÉ IMPRIMANTE

Data Products modèle T 80

Le fabricant américain d'unités imprimantes rapides pour constructeurs Data Products aborde un nouveau marché et une nouvelle technique d'impression, en présentant une petite unité à impression thermique qui utilise une mécanique Olivetti. La tête d'impression comporte des résistances déposées en couches épaisses, et à faible inertie thermique qui viennent au contact du papier thermosensible. Cette unité particulièrement silencieuse est destinée à une large gamme d'applications : téléreceveurs, microprocesseurs, téléimprimeurs, équipement terminal d'appartement, etc. Notons que cette unité incorpore pour sa commande un microprocesseur 8080.

Caractéristiques :

- technologie ; impression thermique sans impact ;
- vitesse d'impression : 80 caractères/s ;
- définition du caractère : matrice de 5 x 7 points ;
- jeu de caractères : 64/96 caractères ASCII ;
- nombre de colonnes : 80 ;
- densité horizontale d'impression : 10 caractères/pouce ;
- densité verticale d'impression : 6 lignes/pouce ;
- vitesse d'avancement du papier : 80 ms/ligne ;
- interface : parallèle au standard Data Products ou série RS 232 ;
- possibilités de tracé graphique ;
- support : papier thermosensible en rouleau de 75 m.

Rappelons que Data Products Corporation est le premier fabricant mondial indépendant d'unités imprimantes pour constructeurs.

DATA PRODUCTS INTERNATIONAL FRANCE, 1 rue de la Tour, Centre 252, 94576 Rungis Cedex (tél. 687.17.07).

Service lecteur : inscrivez le n° 069.

ANALYSEUR D'AMPLITUDE MULTICANAUX**Tracor Northern modèle TN 1710**

La firme américaine Tracor Northern introduit sous la référence TN 1710, un nouvel analyseur d'amplitude à 1024, 2048, 4096 ou 8192 canaux. Cet appareil plus particulièrement destiné à la spectrométrie et à la physique nucléaire, est construit autour du microordinateur à 16 bits modèle LSI 11 de Digital Equipment. Il comporte deux mémoires : l'une dont la capacité est comprise entre 1 et 8 K mots, est exclusivement affectée à l'analyse et l'autre (4 à 28 K mots) au traitement. Chaque canal a une capacité de 20 bits.



La présence d'un microordinateur facilite la mise en œuvre et l'exploitation de cet analyseur, un générateur de caractère permet d'afficher en clair les paramètres d'analyse.

L'appareil peut être relié à de nombreux équipements périphériques : téléimprimeurs, mémoires de masse, modems, etc. ; en outre, il est disponible avec un grand nombre d'autres options adaptées à des besoins précis.

Le langage conversationnel de programmation est le Flextran.

TRACOR FRANCE, 8 rue Le Corbusier, Silic 202, 94518 Rungis (tél. 686.15.47).

Service lecteur : inscrivez le n° 070.

L'ONDE ÉLECTRIQUE**Service Lecteur**

Pour vous documenter sur les produits annoncés, les nouveautés techniques, les produits récents :

TÉLÉPHONEZ directement au fabricant ou à son représentant si vous ne souhaitez qu'un simple renseignement.

ÉCRIVEZ directement au fabricant ou à son représentant si vous avez besoin d'un document officiel.

UTILISEZ LE SERVICE LECTEUR si vous désirez une documentation complète sur un ou plusieurs produits.

Dans chaque fascicule de l'*Onde Électrique* vous trouverez, en fin de volume, les cartes information mises à votre disposition.

Les petites merveilles

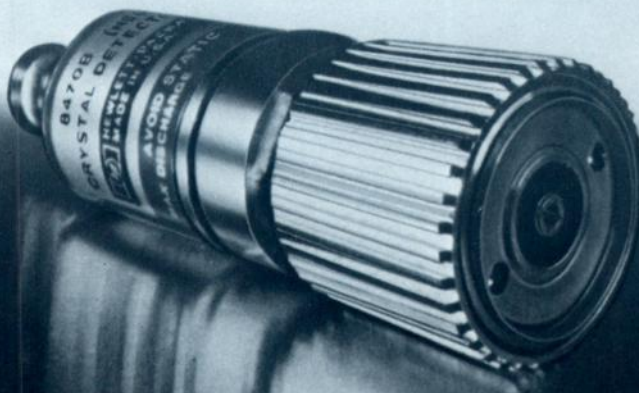
Détecteurs hyperfréquences 8470 B

- de 10 à 18000 MHz, réponse en fréquence $\pm 0,6$ dB
- nouvelle diode SCHOTTKY à faible seuil assurant un TOS très bas de 1,4 à 18 GHz
- diodes très robustes, protégées, interchangeables
- options connecteurs APC-7, SMA, type N

Plus de 300 "petites merveilles" destinées aux mesures en hyperfréquences sont décrites dans un nouveau catalogue sur les guides et coaxiaux Hewlett-Packard. Vous pouvez obtenir votre exemplaire gratuitement en écrivant à l'adresse ci-dessous.

HEWLETT  PACKARD

Z.I. de Courtabœuf, B.P. 70, 91401 Orsay Cedex - Tél. 907 78.25





ACTIVITÉS DES LABORATOIRES

SYSTEME CONVERSATIONNEL AVEC VISUALISATION GRAPHIQUE D'AIDE A L'ENSEIGNEMENT ET A LA RECHERCHE EN AUTOMATIQUE

par R. Gerber, Y. Quenec'Hdu, Y. Thomas
et C. Brie.

Le système développé sur mini-ordinateurs munis de consoles graphiques et comportant un langage évolué conversationnel permet : l'analyse d'un modèle mathématique, l'identification d'un processus simulé, la détermination de la structure et des paramètres de l'organe de commande à placer sur un processus simulé, l'évaluation de la validité des travaux, le pilotage d'un processus simulé.

Laboratoires ayant exécuté la recherche :
Ecole Nationale supérieure mécanique,
44041 Nantes. Institut National sciences
appliquées, 35031 Rennes et Ecole supérieure
électronique, 35510 Cesson
Sévigné.

Contrat DGRST : 74.7.1250, 1977

ETUDE DE LA DIFFUSION ATHERMIQUE D'IMPURETES DANS LES RESEAUX DE TYPE DIAMANT

par J. Bourgoïn

On a complété l'étude de l'influence d'une injection directe sur les caractéristiques électriques de diodes Schottky or-silicium étudiée dans un contrat précédent. On a confirmé que la dégradation des caractéristiques de ces diodes, du fait de l'injection, est bien due à la diffusion d'or interstitiel. On a montré que cette diffusion, et la dégradation qui l'accompagne, peut être imbibée par la présence d'oxyde à l'interface or-silicium. Un calcul self consistant du type LCAO a été mis au point pour tester théoriquement les modèles de «diffusion accélérée par ionisation», c'est-à-dire les modèles de diffusion d'impuretés ou de défauts causés par la recombinaison de porteurs (laquelle se produit par exemple lors d'une injection dans une jonction).

Laboratoire ayant exécuté la recherche :
Ecole Normale Supérieure, 75221 Paris
Cedex 05.

Contrat DGRST : 74.7.0885, 1976

ETUDE DES PROPRIETES ELECTRIQUES ET DES PROPRIETES D'EMISSION DES DIODES ELECTROLUMINESCENTES AU GaP et GaAsP

par G. Vassiliev, H. Martinot

Identification des mécanismes physiques régissant le comportement des diodes au GaP et GaAsP. Description d'une simulation numérique de fonctionnement de ces composants et des modèles analytiques et compacts pour décrire les différentes caractéristiques de ces dispositifs, modèles qui mettent en évidence l'influence des différents para-

mètres technologiques. On analyse différents processus technologiques et on définit leurs limitations. On propose des voies d'optimisation, en particulier en ce qui concerne les dopages. Analyse de l'évolution des paramètres qui se modifient sous l'action de contraintes électriques et thermiques.

Laboratoire ayant exécuté la recherche :

Université P. Sabatier, laboratoire automatique analyse des systèmes, C.N.R.S.
31400 Toulouse.

Contrat DGRST : 75.7.0699, 1977

PREPARATION DE MONOCRISTAUX DE GaAs FAIBLEMENT DISLOQUES POUR APPLICATION AUX DISPOSITIFS HYPERFREQUENCES

par J.P. Besselere et G. Poiblaud

Etude ayant pour but d'améliorer la qualité cristalline du GaAs massif de type n afin de satisfaire aux exigences de dispositifs particuliers tels que diodes électroluminescentes IR diffusées où le GaAs est utilisé comme matériau actif et dans lesquelles des phénomènes de dégradation sont fortement influencés par la densité et la répartition des dislocations dans le matériau, ou bien des dispositifs faisant appel à des couches épitaxiales fines (diode Gunn, diode à avalanche, diode laser) donc très sensibles aux imperfections du substrat. Détermination des conditions de croissance du GaAs massif permettant un abaissement du taux de dislocation à un niveau moyen de 10^3 à $5 \cdot 10^3$ cm². Les cristaux ont été préparés par la technique «gradient freeze» horizontal (ou Bridgman horizontal).

Laboratoire ayant exécuté la recherche :

Radiotechnique Compelec, 14000 Caen.

Contrat DGRST : 74.7.1429, 1975

ETUDE ET REALISATION EXPERIMENTALE D'UN DISPOSITIF D'IDENTIFICATION A DISTANCE DE FORMES GRAPHIQUES

par B. Viaud

L'objet à acquérir est un ensemble de caractères alphanumériques stylisés. Le dispositif d'acquisition est une caméra de télévision qui réalise la conversion énergie électrique / énergie lumineuse. Un système d'extraction permet d'obtenir un signal logique. Un ensemble logique fournit des valeurs logiques attribuées à chaque élément de l'image et les classe dans la mémoire d'un microprocesseur en accès direct. Puis, un système de décision réalise l'étape de reconnaissance des caractères.

Laboratoire ayant exécuté la recherche :

Cie d'Etudes et Réalisations en Cybernétique Industrielle, 75011 Paris.

Contrat DGRST : 75.7.0120, 1977

ETUDE DES AMELIORATIONS NECESSAIRES, MODE OPERATOIRE ET CONTROLE POUR UTILISER DES PLAQUETTES Ø 75 mm DANS LA FABRICATION DES CIRCUITS INTEGRES COMPLEXES

par M. Sechier

La fabrication de circuits intégrés complexes sur des plaquettes Ø 75 mm demande une amélioration des procédés et des contrôles si l'on veut obtenir une dispersion des caractéristiques électriques compatible avec le fonctionnement correct des éléments et un taux de défauts par cm², compatible avec la surface du circuit. Ce rapport montre comment on a amélioré les rendements sur une fabrication en Ø 75 mm par rapport à ceux obtenus sur du Ø 50, en agissant sur toutes les étapes technologiques du procédé, entre autre : contrôle de la qualité du substrat, régulation des débits, automatisation des cycles pour l'épitaxie, les pré-dépôts et les recuits, meilleure indexation pour la photo-gravure.

Laboratoire ayant exécuté la recherche :

Thomson C.S.F., 38120 Saint-Egrève

Contrat DGRST : 74.7.0659, 1977

MISE AU POINT D'UNE METHODE DE MESURE DU TEMPS DE VIE DANS LA BASE DE DIODES RAPIDES OU DE COMMUTATION ET LES TRANSISTORS

par D. Bielle Daspert, J. Pinel et G. Gasset

Exploitation des réponses en courant induites par photoexcitation volumique transitoire. Application à la caractéristique physique des composants au silicium à l'aide d'un laser pulsé au néodyme 100 M watts flash 40 à 2 ns. L'étude théorique (analytique et par simulation CAO) et expérimentale des photocourants est reprise de façon approfondie pour définir leurs conditions d'utilisation, leurs possibilités et leurs limites comme moyen de caractérisation, (i) de la base, large ou étroite, et de la couche diffusée des diodes, (ii) du collecteur, de la base et de l'émetteur des transistors bipolaires. Deux méthodes dites respectivement du «photocourant retardé» et du «photocourant secondaire» et donnant la mesure et l'évolution avec le niveau d'injection (gamme 10^{-3} à 50) de la durée de vie des porteurs minoritaires sont présentées et discutées.

Laboratoire ayant exécuté la recherche :

Université P. Sabatier, centre d'études spatiales et du rayonnement, 31029 Toulouse Cédex.

Contrat DGRST : 73.7.1361, 1975

oe

LIVRES REÇUS

Digital processing of biomedical images,

K. PRESTON et M. ONOE,

Plenum Press, New York, 1976, 442 p.,
ISBN 0-306-30967-X.

Digital images processing in the United States (K. Preston, Jr.) (10 p.). - Digital image processing in Japan (M. Onoe) (6 p.). - An automated microscope for digital image processing, part I : Hardware (M. Onoe and M. Takagi) (12 p.). - An automated microscope for digital image processing, part II : Software (M. Onoe et al.) (18 p.). - Clinical use of automated microscopes for Cell Analysis (K. Preston, Jr.) (12 p.). - Multi-band microscanning sensor (I. Sawamura et al.) (16 p.). - Computer synthesis of high resolution electron micrographs (R. Nathan) (14 p.). - Computer processing of electron micrographs of DNA (T. Ito and K. Sato) (12 p.). - Significance probability mappings and automated interpretation of complex pictorial scenes (P. H. Bartels and J. A. Subach) (14 p.). - Intracavitary Beta-Ray scanner and image processing for localization of early uterine cancer (M. Takisawa et al.) (18 p.). - New vistas in medical reconstruction imagery (J. M. S. Prewitt) (28 p.). - Digital image processing for medical diagnoses using gamma radionuclides and heavy ions from cyclotrons (T. F. Budinger) (26 p.). - Processing of RI-Angiocardigraphic images (M. Kuwahara et al.) (16 p.). - Bioimage synthesis and analysis from X-Ray, gamma, optical and ultrasound energy (S. A. Johnson et al.) (24 p.). - A pap smear prescreening system : Cybest (S. Watanabe et al.) (16 p.). - Automatic analysis and interpretation of Cell micrographs (J. T. Tou) (20 p.). - Multi-layer tomography based on three stationary X-Ray images (C. Yoshimoto et al.) (8 p.). - Texture analysis in diagnostic radiology (S. J. Dwyer III) (20 p.). - Automated diagnosis of the congenital dislocation of the hip-joint (Y. Umegaki et al.) (18 p.). - Boundary detection in medical radiographs (J. Sklansky) (14 p.). - Feature extraction and quantitative diagnosis of gastric roentgenograms (T. Soma and S. Fukushima) (12 p.). - Computer processing of chest X-Ray images (K. S. Fu et al.) (22 p.). - Miniscr-V2- The software system for automated interpretation of chest photofluorograms (J.-i. Toriwaki et al.) (28 p.). - Automatic recognition of color fundus photographs (S. Yamamoto and H. Yokouchi) (14 p.). - Image processing in television ophthalmoscopy (B. H. McCormick et al.) (26 p.). - Attendees (4 p.). - Author index (4 p.). - Subject index (9 p.).

Mesures d'électronique, Tome 2 :

Composants électroniques,

H. CATELIN et P. JOUBERT,

Eyrolles, Paris, 117 p.

Caractéristiques et dérivés thermiques de composants à semiconducteurs (20 p.). - Fonctionnement statique des transistors. Polarisation : 1 - Le transistor bipolaire (18 p.). - 2 - Le transistor à effet de champ

(8 p.). - Mesures des paramètres dynamiques des transistors bipolaires (22 p.). - Amplification des signaux faibles (20 p.). - Le transistor unijonction (10 p.). - Le thyristor (17 p.). - Liste complète des matériels utilisés (T. 1) (1 p.). - Liste complémentaire des matériels utilisés (T. 2).

Computer architecture (second edition),

C.C. FOSTER,

Van Nostrand Reinhold, New York, 1976,
300 p.,
ISBN 0 442 22434 6.

The representation of information (27 p.). - Gates and elementary logic (23 p.). - Storage mechanisms (28 p.). - Putting the bits together (42 p.). - An elementary machine (30 p.). - Variations in addressing (22 p.). - Variations in input/output (15 p.). - Other instructions (19 p.). - The micro computer (25 p.). - Very large computers (26 p.). - Parallelism and distributed logic (20 p.). - Tessellated computers (17 p.). - Index (5 p.).

Analyse de données, applications et méthodes pratiques,

A. HENRY-LABORDERE,

Masson, Paris, 1977, 95 p.,
ISBN 2 225 46134 1.

Première partie : Applications de l'analyse de données : Introduction (6 p.). - Exemples de réduction et de visualisation de données (11 p.). - Exemples et principe de la classification de données (typologie) (6 p.). - La segmentation de données (6 p.). - Un cas concret (7 p.). - Deuxième partie : Méthodes pratiques de données : Introduction (3 p.). - Méthodes utilisées pour la visualisation des données (20 p.). - Algorithmes de classification (typologie) (18 p.). - Algorithmes de segmentation (14 p.). - Bibliographie (3 p.). - Index alphabétique des matières.

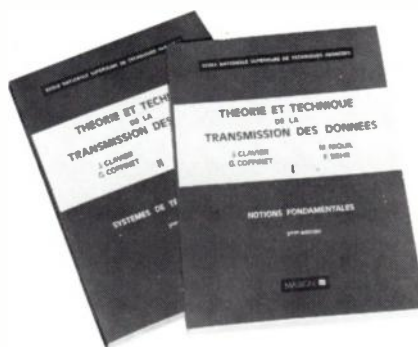
Telecommunication systems engineering,

W.C. LINDSEY et M.K. SIMON,

Prentice Hall, Englewood cliffs, 1973,
ISBN 0 13 902 429 8.

Telecommunication network concepts (25 p.). - Carrier-tracking loops employing the phase-lock principle (59 p.). - Phase and doppler measurements in two-way phase-coherent tracking systems (40 p.). - Range measurements by phase-coherent techniques (52 p.). - Phase-coherent detection with perfect reference signals (125 p.). - Phase-coherent detection with noisy reference signals (35 p.). - Design of one-way and two-way phase-coherent communication systems (54 p.). - Design and performance of phase-coherent systems preceded by band-pass limiters (27 p.). - Symbol synchronization and its effects on data detection (65 p.). - Noncoherent communication over the gaussian channel (41 p.). - Tracking loops with improved performance (42 p.). - Index. (suite p. 746).

THÉORIE ET TECHNIQUE DE LA TRANSMISSION DES DONNÉES



par Jacques CLAVIER et al.
2^e édition revue
Collection de l'E.N.S.T.A.
Tome I. Notions fondamentales.
320 pages, 76 figures, 160 F.
Tome II. Systèmes de télé-informatique.
216 pages, 168 figures, 120 F.
Prix au 15.9.1977

Pour commander ou recevoir une documentation, adressez-vous à votre libraire ou aux Editions Masson - 120 bd Saint-Germain - 75280 Paris cedex 06 (Commande par correspondance joindre votre règlement et 5 F de participation aux frais de port)

MASSON

Service Lecteur : inscrivez le n° 017

Microprocesseurs et microordinateurs

R. Lyon-Caen
J.-M. Crozet



MICROPROCESSEURS ET MICROORDINATEURS

par Robert LYON-CAEN
«Monographies d'électronique» publiées sous la direction de P. Grivet.
Volume broché, 188 pages, 82 figures, 60 F.
Prix au 15.9.1977

Chez le même éditeur :
L'emploi des microprocesseurs, par M. Aumiaux.

Pour commander ou recevoir une documentation, adressez-vous à votre libraire ou aux Editions Masson - 120 bd Saint-Germain - 75280 Paris cedex 06 (Commande par correspondance joindre votre règlement et 5 F de participation aux frais de port)

MASSON

Service Lecteur : inscrivez le n° 018



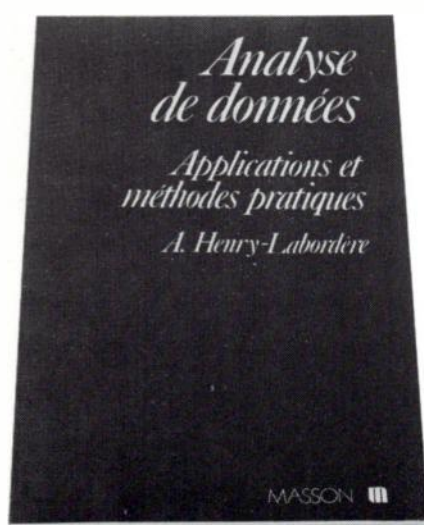
L'EMPLOI DES MICROPROCESSEURS

par Michel AUMIAUX
Volume broché, 128 pages, 80 figures, 60 F.
Prix au 15.9.1977
Chez le même éditeur :
Microprocesseurs et microordinateurs, par
R. Lyon-Caen et J.-M. Crozet.

Pour commander ou recevoir une documentation, adressez-vous à votre libraire ou aux Editions Masson - 120 bd Saint-Germain - 75280 Paris cedex 06. (Commande par correspondance : joindre votre règlement et 5 F de participation aux frais de port)

MASSON

Service Lecteur : inscrivez le n° 019



ANALYSE DE DONNÉES

Applications et méthodes pratiques

par Arnaud HENRY-LABORDERE.
Volume broché, 104 pages, 78 F.
Prix au 15.9.1977

Pour commander ou recevoir une documentation, adressez-vous à votre libraire ou aux Editions Masson - 120 bd Saint-Germain - 75280 Paris cedex 06. (Commande par correspondance : joindre votre règlement et 5 F de participation aux frais de port).

MASSON

Service Lecteur : inscrivez le n° 020

LIVRES REÇUS

Instrument transducers. An introduction to their performance and design,

H. K. P. NEUBERT,

Clarendon Press, Oxford, 1975, 348 p.,
ISBN 0-19-856320-5.

Classification of instrument transducers (20 p.). - Mechanical input characteristics (44 p.). - Electrical output characteristics (224 p.). - Force-balance transducers (33 p.). - The international system of units (SI) (1 p.). - Conversion tables (5 p.). - Index (15 p.).

Fundamentals of waves, optics, and modern physics,

H. D. YOUNG,

Mc Graw Hill, New York, 1976, 549 p.,
2nd édition,
ISBN 0-07-072521-7.

Relativity (24 p.). - Relativistic Dynamics (19 p.). - Wave phenomena (37 p.). - Perspective I (2 p.). - Electromagnetic waves (31 p.). - Physical optics I (26 p.). - Physical optics II (29 p.). - Geometrical optics (28 p.). - Perspective II (2 p.). - Particle nature of radiation (29 p.). - Wave nature of particles (23 p.). - Quantum mechanics (28 p.). - Perspective III (2 p.). - The hydrogen atom (34 p.). - Atomic and molecular structure (36 p.). - Statistical mechanics (38 p.). - Perspective IV (2 p.). - The solid state (45 p.). - The atomic nucleus (48 p.). - Fundamental particles (35 p.). - Appendixes (11 p.). - Answers to odd-numbered problems (7 p.). - Index (14 p.).

Réalités du transfert de technologie,

S. SEURAT,

Masson, Paris, 1976, 239 p.,
ISBN 2-225-45221-0.

Préface de Norbert Segard (2 p.). - Avertissement au lecteur (2 p.). - Le transfert de technologie est le propre de l'homme (6 p.). - Un exemple vécu (10 p.). - Définition, acteurs et étendue du transfert de technologie (32 p.). - Proposition d'une méthode : la méthode « Eurequip T » (46 p.). - En amont du transfert : création d'un système d'enseignement (12 p.). - Genèse de la méthode proposée (22 p.). - De l'homme vers l'homme (92 p.). - Appendice : Dix jalons plantés en temps réel. - Bibliographie (2 p.).

Automatismes logiques, recherche et applications industrielles,

Colloque AFCET/ADEPA, Paris/ENST,
6-7-8 décembre 1976,
AFCET, Paris, 1976, 275 p.

Méthodes de spécification et d'analyse. - Techniques de synthèse. - Sécurité de fonctionnement.

L'effet de couronne en tension alternative. Pertes et perturbations radioélectriques engendrées par les lignes de transport d'énergie électrique,

C. GARY et M. MOREAU,

Eyrolles, Paris, 1976, 440 p.

Introduction (6 p.). - 1^{re} partie : Caractéristiques électrostatiques d'une ligne de

transport. Calcul des gradients superficiels des conducteurs (10 p.). - Phénomènes d'ionisation dans les gaz (18 p.). - Courant induit par le mouvement d'une charge d'espace : la fonction génératrice (8 p.). - 2^e partie : Les moyens d'essais (14 p.). - Les dispositifs de mesure et d'enregistrement (8 p.). - La mesure des pertes couronne (14 p.). - La mesure des perturbations radioélectriques (16 p.). - 3^e partie : Les pertes couronne en champ non modifié. Régime des pertes localisées (20 p.). - Les pertes couronne en champ modifié : régime des pertes généralisées. Théorie simplifiée du cycle de pertes (10 p.). - Les pertes couronne en champ modifié : régime des pertes généralisées. Le programme EFCOR (8 p.). - Principe d'une méthode de calcul des pertes basée sur le programme EFCOR (16 p.). - 4^e partie : Étude du bruit radioélectrique : la fonction excitatrice (12 p.). - Étude de la propagation des tensions et courants le long d'une ligne multifilaire. La propagation modale (14 p.). - Étude expérimentale de la propagation modale (10 p.). - Approche complète de la propagation avec pertes par introduction des matrices complexes (14 p.). - Le champ perturbateur d'une ligne infinie et le problème de l'addition des modes (6 p.). - Relations entre fonction excitatrice, champs et courants perturbateurs dans le cas des lignes courtes. Application aux nasses et à la ligne expérimentale des renardières (36 p.). - 5^e partie : Étude statistique des faisceaux à 750 et 1 000 kV soumis à une tension constante de longue durée (20 p.). - Étude paramétrique du niveau perturbateur des conducteurs secs (22 p.). - Étude expérimentale de l'effet couronne sous pluie (20 p.). - Les principales caractéristiques du champ perturbateur (16 p.). - 6^e partie : Mesure des perturbations en laboratoire (30 p.). - Le problème des niveaux perturbateurs admissibles (10 p.). - Les lignes à moyenne tension. Perturbations aux fréquences radiophoniques et aux fréquences télévision (20 p.). - 7^e partie : La prédétermination des pertes (8 p.). - La prédétermination des niveaux perturbateurs (22 p.). - Influence de l'altitude (6 p.). - Influence de la fréquence du réseau d'alimentation (3 p.). - Complément : le bruit acoustique produit par les lignes à très haute tension (16 p.). - Index bibliographique (7 p.).

Structured computer organization,

A. S. TANENBAUM,

Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1976, 443 p.,
ISBN 013-854505-7.

Preface. Instructor's preface. Introduction (17 p.). - Computer systems organization (38 p.). - The conventional machine level (85 p.). - The microprogramming level (74 p.). - The operating system machine level (73 p.). - The assembly language level (56 p.). - Multilevel machines (43 p.). - Suggestions for further reading and bibliography (26 p.). - Appendix A : Finite-precision arithmetic and binary numbers (11 p.). - Appendix B : Floating-point numbers (8 p.). - Appendix C : Boolean algebra (4 p.). - Index (7 p.).

Practical building acoustics E and FN, Sound Research Laboratories,

Spoon Ltd, London, 1976, 258 p.,
ISBN 0-419-11200-6.

Introduction. Physics of sound (12 p.). - Sound in rooms (22 p.). - Choice of design criteria (24 p.). - Sound insulation and

vibration isolation (26 p.). - Noise transfer, from the exterior (20 p.). - Noise transfer, within buildings (18 p.). - Noise transfer, within rooms (20 p.). - Noise from services (16 p.). - Detailed design and acoustics (24 p.). - Acoustic testing of materials and equipment (18 p.). - Problems with specific building types.

Orthogonal transforms for digital signal processing,

N. AHMED et K. R. RAO,

Springer-Verlag, Berlin, 1975, 263 p., ISBN Berlin 3-540-06556-3, New York 0-387-06556-3.

Introduction (8 p.). - Fourier representation of signals (22 p.). - Fourier representation of sequences (23 p.). - Fast Fourier transform (31 p.). - A class of orthogonal functions (14 p.). - Walsh-Hadamard transform (54 p.). - Miscellaneous orthogonal transforms (27 p.). - Generalized Wiener filtering (20 p.). - Data compression (25 p.). - Feature selection in pattern recognition (34 p.). - Author index (2 p.). - Subject index (2 p.).

Lasers and their applications,

A. SONA,

Gordon and Breach, New York, 1976, 629 p., ISBN 0-677-15030-X.

Laser sources : A. E. Siegman : Interaction of radiation with Matter (70 p.). - L. Ronchi : Theory of open resonators (30 p.). - H. Kressel : Semiconductor lasers (34 p.). - F. P. Schaefer : Liquid lasers (48 p.). - A. Ferrario, A. Sona : Gaseous lasers (24 p.). - O. Svelto : Q-switching and mode-locking (14 p.). - D. Roess : CW solid state lasers (32 p.). - Applications : G. Toraldo di Francia : Theory of holography (16 p.). - V. Russo Checcacci : Application of holography (26 p.). - B. Daino : Information processing with optical methods (28 p.). - A. Consortini : Atmospheric propagation (26 p.). - M. Bertolotti : Effects of atmosphere on the propagation of laser beams (66 p.). - D. Sette, B. Daino : Transmission of information with laser beams (26 p.). - E. Gatti, S. Donati : Beam modulation telemetry (6 p.). - D. Roess : Machining with laser beams (26 p.). - F. Fankhauser : The actual state of laser surgery (24 p.). - F. T. Arecchi : Quantum optics and photon statistics (32 p.). - M. Bertolotti : Laser light scattering from turbulent fluid (14 p.). - W. Kaiser : Non linear optics (18 p.). - C. A. Sacchi : Self-focusing and self-trapping of intense laser beams (18 p.). - S. Martellucci : Plasma generation and diagnostics by lasers (30 p.). - M. Giglio : Light scattering from simple fluids and binary mixtures near the critical point (20 p.).

Methods of optimization,

G. R. WALSH,

Wiley, London 1976, 200 p., ISBN 0-4719-19241.

Introduction (34 p.). - Nonlinear programming (39 p.). - Search methods for unconstrained optimization (31 p.). - Gradient methods for unconstrained optimization (38 p.). - Constrained optimization (21 p.). - Dynamic programming (33 p.).

110 études pratiques de l'amplificateur opérationnel,

R. M. MARSTON,

Eyrolles, Paris, 1977, 136 p.

Principes de base et applications (12 p.). - 25 études d'amplificateurs à courant alternatif et à courant continu (28 p.). - 25 études d'appareils de laboratoire (30 p.). - 20 études d'oscillateurs et de multivibrateurs (22 p.). - 20 études d'appareils de musique et de protection (20 p.). - 20 études de commandes de relais (24 p.). - Appendice (1 p.).

Électrotechnique et machines électriques,

B. SAINT JEAN,

Eyrolles, Paris, 1976, 372 p.

Lois fondamentales en électrotechnique (36 p.). - Matériaux et circuits magnétiques (48 p.). - Transformateurs (44 p.). - Machines à courant continu (44 p.). - Circuits couplés mobiles et principes des échanges d'énergie électromécanique (38 p.). - Machines synchrones (88 p.). - Machines asynchrones (38 p.). - Machines spéciales (34 p.). - Solutions des exercices (38 p.). - Dates du système international SI (1 p.).

Solutions de problèmes sur les circuits logiques,

D. ZISSOS,

Eyrolles, Paris, 1977, 161 p.

Notions fondamentales sur la conception des circuits logiques (24 p.). - Systèmes séquentiels asynchrones (28 p.). - Systèmes séquentiels synchrones (28 p.). - Compteurs (42 p.). - Systèmes combinatoires (22 p.). - Algèbre booléenne (12 p.).

Three phases of matter,

A. J. WALTON,

Mc Graw Hill, London, 1976, 492 p., ISBN 0-07-084063-6.

The p -V-T surface (24 p.). - Characterizing atoms (32 p.). - Temperature (28 p.). - The gaseous phase (41 p.). - Transport processes in gases (47 p.). - The Maxwell-Boltzmann distribution (46 p.). - The solid phase (19 p.). - Thermal properties of solids (54 p.). - Mechanical properties of solids (29 p.). - Transport processes in solids (44 p.). - The liquid phase (37 p.). - Transport processes in liquids (43 p.). - Appendix 1. Atomic collisions (3 p.). - Appendix 2. Values of selected physical constants (1 p.). - Answers to exercises (22 p.). - Answers to selected problems (3 p.). - Index (18 p.).

Envoi de volumes pour analyses

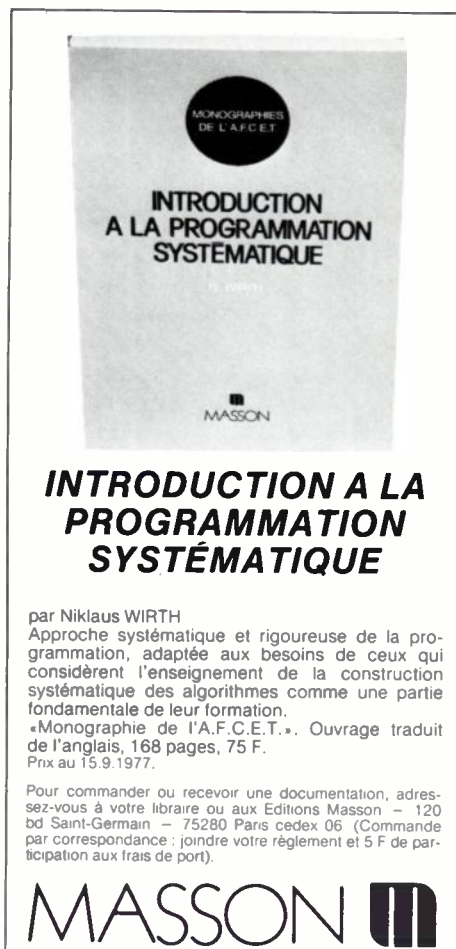
Les ouvrages doivent être envoyés à :

M. D. Halpern

L'ONDE ÉLECTRIQUE

120, boulevard Saint-Germain
75280 Paris Cedex 06

La Rédaction du Journal se réserve de désigner ceux des livres qui feront l'objet d'une analyse.



INTRODUCTION A LA PROGRAMMATION SYSTEMATIQUE

par Niklaus WIRTH

Approche systématique et rigoureuse de la programmation, adaptée aux besoins de ceux qui considèrent l'enseignement de la construction systématique des algorithmes comme une partie fondamentale de leur formation.

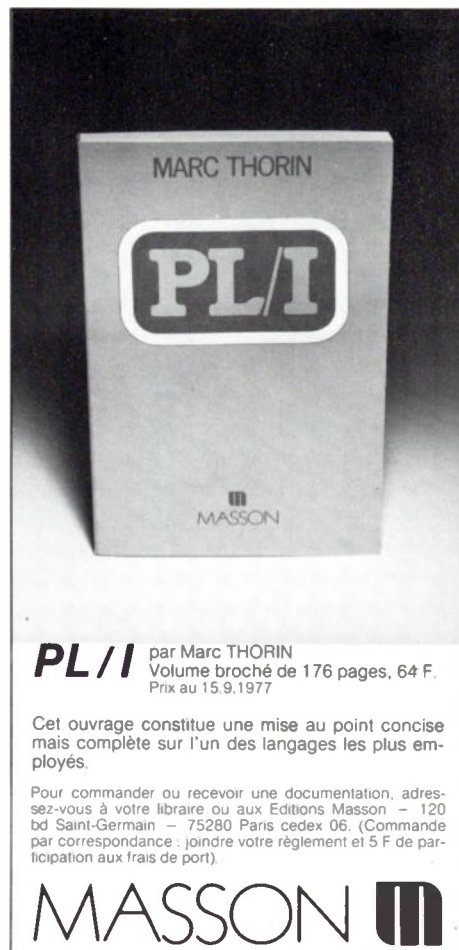
« Monographie de l'A.F.C.E.T. ». Ouvrage traduit de l'anglais, 168 pages, 75 F.

Prix au 15.9.1977.

Pour commander ou recevoir une documentation, adressez-vous à votre libraire ou aux Editions Masson - 120 bd Saint-Germain - 75280 Paris cedex 06 (Commande par correspondance : joindre votre règlement et 5 F de participation aux frais de port).

MASSON

Service Lecteur : inscrivez le n° 021



PL/I par Marc THORIN

Volume broché de 176 pages, 64 F.

Prix au 15.9.1977

Cet ouvrage constitue une mise au point concise mais complète sur l'un des langages les plus employés.

Pour commander ou recevoir une documentation, adressez-vous à votre libraire ou aux Editions Masson - 120 bd Saint-Germain - 75280 Paris cedex 06. (Commande par correspondance : joindre votre règlement et 5 F de participation aux frais de port).

MASSON

Service Lecteur : inscrivez le n° 022

invitation à l'exposition

hyper 78 technologie des hyperfréquences

17-20 janvier 1978
de 10 à 18 heures

Une exposition du Bureau International
de Relations Publiques à
l'U.S. TRADE CENTER
123 av. Charles de Gaulle 92200 - Neuilly
tél. 624 33 13 - télex : 610731 métro : Sablons

SOCIÉTÉS EXPOSANTES :

AIL France
DANA ELECTRONICS
France S.A.
DATRON
ELEXIENCE
E.W. COMMUNICATIONS
INC.
GISCO
HEWLETT PACKARD
France
KONTRON
ÉLECTRONIQUE
LE GROUPE
SCIENTIFIQUE
OMNI SPECTRA France

MICROWAVE
ASSOCIATES INC.
PRANA S.A.
RADIO TÉLÉVISION
FRANÇAISE
SALIES S.A.
S.C.I.E.-D.I.M.E.S.
SPEKTRIX
SPETELEC
S.P.I.-I.T.T.
SYSTRON DONNER S.A.
TEKTRONIX
TEKELEC AIRTRONIC
VARIAN S.A.

oe

LIVRES

Digital pattern recognition (Méthodes digitales de reconnaissance des formes),

Communication and cybernetics, Vol. 10,

K.S. FU (Dd.),

Springer Verlag, Berlin, 1976, (en anglais), 203 p.,
ISBN : 3 540 075 119.

Cette monographie se propose de présenter une synthèse des principaux résultats récents concernant tant l'approche statistique (théorie de l'estimation, de la décision, et analyse des données) que l'approche linguistique (langages formels et génération de formes) en reconnaissance des formes. Le point est également fait sur les recherches dans deux domaines d'application, à savoir la reconnaissance d'images, et la compréhension de la parole.

Il s'agit d'un ouvrage collectif divisé en 5 chapitres indépendants. Les présentations sont cependant suffisamment claires et concises pour susciter l'intérêt de ceux qui ne s'intéresseraient ni aux démonstrations des résultats présentés, ni aux détails des procédures de mise en œuvre. Un niveau théorique élevé est cependant indispensable pour rendre bénéfique la lecture des 3 chapitres sur l'approche statistique. Les chapitres 4 et 5 sur l'approche syntaxique et le traitement d'objets simples (bords, lignes, courbes, régions) ont une orientation expérimentale et particulièrement pédagogique.

Cette synthèse devrait essentiellement intéresser les ingénieurs ou chercheurs ayant déjà acquis une expérience certaine dans le domaine de la reconnaissance des formes et de ses applications.

La bibliographie des différents chapitres est plutôt réduite, et à orientation académique.

L. F. PAU

Automatique de base,

F. DEGOULANGE et A. VILLEMER,

Entreprise Moderne d'Édition, 1976, 219 p.,
ISBN 2-704-405522.

Cet ouvrage, conçu pour un public très varié (élèves des classes préparant aux CAP ou aux BEP, élèves des lycées, auditeurs de formation continue, techniciens de l'industrie) se veut la vocation d'enseigner les bases sur les automatismes classiques.

Il y contribue remarquablement bien, grâce tout d'abord à sa présentation claire et concise, ce qui, sur le plan pédagogique, est grandement apprécié. C'est ensuite un bon ouvrage de travail dans lequel les exercices et travaux pratiques ont pour but de bien familiariser le lecteur sur les techniques présentées.

Cet ouvrage est divisé en quatre grandes parties progressant par niveau de difficulté.

La première partie a pour but de sensibiliser le lecteur avec les organes (électriques, électroniques, pneumatiques) et les variables binaires. Notons au passage (page 28) qu'il aurait peut-être été bon d'associer aux schémas présentés, les modèles équivalents à relais. Mais ceci n'enlève rien à la qualité indéniable de la présentation.

Notons que le chapitre 8 est important car il permet d'expliquer la simplification des circuits.

La deuxième partie concerne les systèmes combinatoires et séquentiels. Mais l'originalité très intéressante est que cette partie traite des problèmes de dépannage, et ainsi les auteurs montrent qu'ils ont un souci permanent du concret.

La troisième partie contient des exercices et travaux pratiques. Ils sont d'une grande utilité pour le lecteur car ils permettent l'assimilation du cours, ce qui contribue beaucoup à la valeur de l'ouvrage.

La quatrième partie fournit un aperçu des techniques modernes et constitue une approche vers la commande numérique.

Enfin, des rappels indispensables sur les ensembles ont été mis en annexe afin d'initier le lecteur à l'étude des fonctions.

Conclusion. Ce livre rendra d'immenses services à cette grande catégorie de lecteurs que sont les étudiants de l'Enseignement Technique et les techniciens désirant se perfectionner dans le cadre de la Formation permanente. Il ne s'encombre pas de développements abstraits et fastidieux, mais au contraire il s'oriente vers le concret en associant théorie et pratique. C'est un excellent instrument de travail.

LAGNEAU.

Microprocessor systems design

E.E. KLINGMAN

Prentice Hall, 1977, 480 p., 432 fig., 24,05
ISBN 0-13-581413-8.

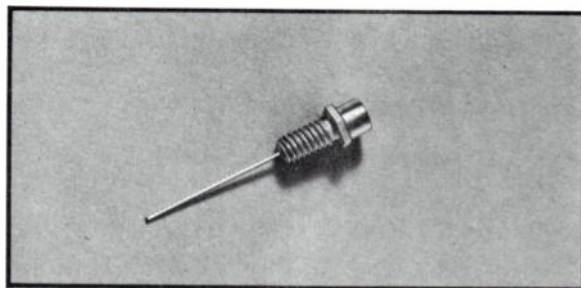
Dans cet ouvrage, l'auteur présente de façon particulièrement détaillée les notions fondamentales à utiliser lors de la conception de systèmes comportant des microprocesseurs. L'accent est délibérément placé sur l'aspect *matériel* des structures à mettre en œuvre. Bien que les sujets traités le soient de façon très poussée, l'extrême clarté du texte et surtout des illustrations, particulièrement expressives, permet de le rendre accessible à des lecteurs ayant seulement une bonne connaissance des méthodes du traitement numérique.

Après l'étude des techniques numériques de base (circuits SSI, MSI, mémoires, etc...) l'auteur introduit les processeurs monolithiques, leurs jeux d'instructions ainsi que les fonctions de mémoire et d'entrées-sorties. Il décrit ensuite avec beaucoup de pertinence les structures de l'adressage, des entrées-sorties, des interruptions et de l'accès direct mémoire. Il faut noter que ces derniers chapitres sont particulièrement exploitables et constituent une sorte de référence dans leur domaine.

En lisant cet ouvrage, il est parfois difficile, comme dans beaucoup de livres américains, de discerner ce qui est «exemple» de ce qui est «principe général». En contrepartie, le lecteur y trouvera nombre de renseignements extrêmement précis et de notions claires. En particulier, l'auteur, qui possède visiblement une expérience du sujet à la fois concrète et considérable, expose parfaitement les nouvelles méthodes de conceptions des systèmes de traitement numérique de l'information. (Blocs fonctionnels, structures orthogonales par exemple).

M. OKSMAN

cette diode laser a de multiples applications



DIODES LASER ITT A L' As Ga

D'un faible encombrement et d'un poids réduit
elles peuvent fonctionner
dans un circuit de puissance à transistor.

caractéristiques

Disponible en 2 versions

	simple hétérostructure	double hétérostructure
Longueur d'onde nom.	905 nm	850 nm
Puissance crête de sortie	7-12 W	100-200 mW
Facteur de charge	0,2 %	6 %
Courant de crête max.	40 A	2 A
Courant de seuil nom.	10 A	0,5 A
Champ d'émission	2 x 230 µm	0,3 x 100 µm

applications

Télécommunications par fibre optique
Photographie infrarouge à haute vitesse
Marquage de film
Sécurité
Mesure à distance
Recherche etc.

SPI-ITT
Division Diffusion Composants
38, avenue Henri Barbusse
92223 BAGNEUX (FRANCE)
tél. 253.31.39
tél. 270 763

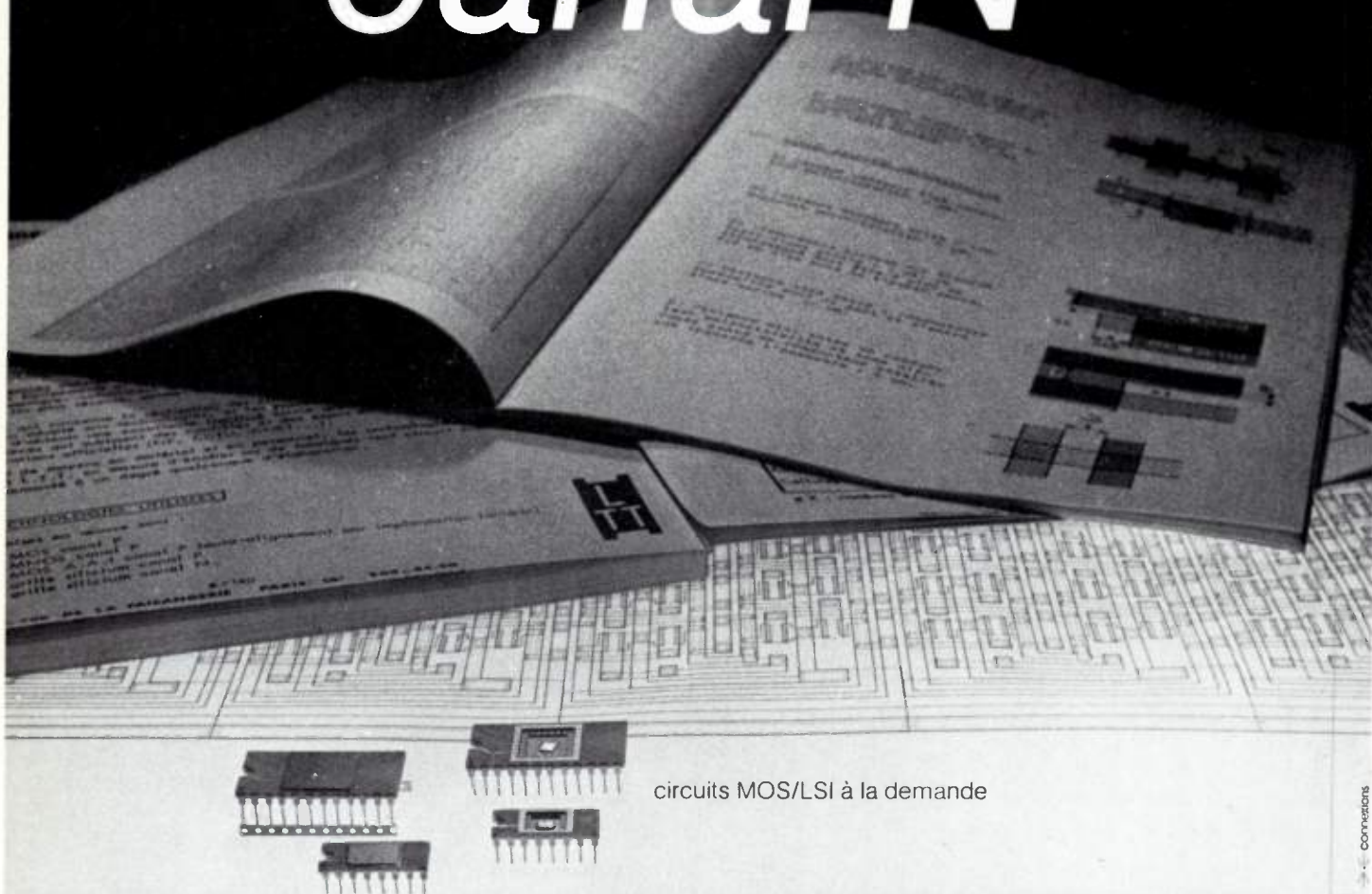
Instruments et Composants

M. Poste

Société. Tél.

souhaite ☐ la visite d'un technicien☐ recevoir une documentation

"canal N"



circuits MOS/LSI à la demande

Forte d'une expérience de plus de 20 ans dans le domaine des semi-conducteurs professionnels, la Société L.T.T. réalise depuis plusieurs années des circuits intégrés MOS "à la demande". Les travaux menés dans ce domaine ont permis à L.T.T. d'acquérir dans les technologies les plus récentes, une parfaite maîtrise de la production.

Principales technologies.

- CANAL P. (Grille d'aluminium ou grille de silicium.)
- CANAL N. (Grille d'aluminium ou grille de silicium.)
- MOS complémentaire.

Vous obtiendrez toute information souhaitée en prenant contact avec notre Service Commercial, 89, rue de la Faisanderie 75782 PARIS CEDEX 16 Tél. 504.45.50. ou en renvoyant le bon ci-contre.



Méthodes de conception des circuits mises à la disposition de l'utilisateur.

1. Conception totalement prise en charge par L.T.T.
2. Conception effectuée par l'utilisateur, sur la base des règles technologiques fournies par L.T.T.
3. Conception effectuée par l'utilisateur à partir de "cellules de base" fournies par L.T.T. et qui font partie d'une importante bibliothèque.

Nous souhaitons recevoir gratuitement votre documentation.

Nom ou Société _____

Adresse _____

MO

Technologie des consoles de visualisation : présent et perspectives ⁽¹⁾

VISUALISATION

L'onde électrique
1977, vol. 57, n° 12
pp. 751-754



par Michel LUCAS,

Maître Assistant à l'Université Scientifique et Médicale de Grenoble, Responsable de l'équipe « Techniques Graphiques Interactives » de l'Institut de Mathématiques Appliquées de Grenoble.

Université Scientifique et Médicale de Grenoble, Laboratoire d'Informatique, BP n° 53, 38041 Grenoble Cedex (tél. (15) 76.54.81.45).

Les progrès réalisés ces dernières années dans le domaine des techniques graphiques, tant du point de vue matériel que du point de vue logiciel, ont conduit à une véritable explosion du marché des terminaux graphiques.

Une des raisons de ce succès provient du fait que de nombreux algorithmes ont été développés, ouvrant la voie à des domaines d'application très variés. La caractéristique fondamentale de ce développement est l'utilisation intensive des particularités de chaque type de matériel disponible (résolution, type de balayage, rapidité de mise à jour, etc...). C'est ainsi que le choix d'un matériel peut être subordonné au type d'application envisagé.

Nous nous proposons de passer en revue les différents types de technologie utilisés, afin de dégager les avantages et inconvénients de chacune d'elles. Nous étudierons successivement les trois composants d'une console de visualisation, l'écran, le processeur graphique et les dispositifs de dialogue.

1. L'ÉCRAN

La technologie dominante utilise les propriétés des tubes à rayons cathodiques. Une surface enduite de phosphore s'illumine sur le passage d'un faisceau d'électrons convenablement modulé, ce qui produit le dessin. La principale caractéristique de cette technologie est que l'image doit être constamment entretenue sur l'écran, sous peine de la voir disparaître.

Diverses solutions techniques existent qui permettent de résoudre ce problème en essayant de soulager au maximum l'ordinateur connecté au visuel. La première solution consiste à adjoindre à la console une mémoire d'entretien qui contiendra la suite des ordres d'affichage (liste de visualisation). Dès lors, la console de visualisation peut fonctionner de façon autonome à partir du moment où la liste de visualisation a été transmise. Cette solution est assez courante, mais est très coûteuse puisqu'elle met en œuvre de la mémoire vive (il faut remarquer que le coût de ces mémoires

décroît rapidement). Deux problèmes supplémentaires existent :

- la taille forcément limitée de la mémoire d'entretien (de 4 à 8 K octets) qui conduit à avoir des images peu chargées sur l'écran,
- un nombre d'informations affichables relativement faible sans un phénomène de clignotement (quelques milliers de vecteurs).

La deuxième solution consiste à remplacer la mémoire d'entretien par un dispositif intégré au tube lui-même. Une grille chargée négativement est placée entre un faisceau d'électrons et l'écran. Les électrons sont alors repoussés par les charges négatives et ne peuvent atteindre l'écran. Pour obtenir une image, un deuxième faisceau d'électrons permet d'inscrire des charges positives sur la grille. On constitue donc de façon durable une représentation de l'image à obtenir sur la grille par le biais des charges positives. Dès cet instant, les électrons du faisceau d'entretien peuvent traverser la grille et donc illuminer l'écran, ce qui produit l'image désirée. Cette technique, connue sous le nom de tube mémoire, permet ainsi d'assurer en permanence l'image sur l'écran, quel que soit le nombre d'informations à afficher. Le principal inconvénient de cette technique est que toute suppression d'une partie de l'image conduit à la reconstruire entièrement (on dit que l'effacement est non sélectif). Cette opération est en général coûteuse puisque l'on manipule souvent des images très chargées sur ces dispositifs. Notons que de nouveaux terminaux ont fait leur apparition, qui permettent de mélanger une image permanente et une image fugitive, ce qui permet de concilier les avantages des deux techniques. Cependant, le temps d'effacement de l'écran tout entier est encore très long, ce qui interdit certaines applications (simulation temps réel).

Le troisième type de console a été développé à partir des tubes à balayage télévision. L'idée maîtresse est bien sûr d'utiliser un matériel largement diffusé pour réaliser des consoles à faible coût. De plus, la technique télévision permet d'afficher des images et pas simplement des dessins à base de traits, avec la possibilité d'utiliser une gamme de luminosités ou de couleurs assez étendue. Deux types de consoles ont fait leur apparition sur le marché. Le premier type utilise une

(1) Article issu d'une Journée d'Études de la SEE (10/2/77); reçu le 5 avril 1977, accepté le 5 mai 1977.

mémoire d'entretien qui est un disque vidéo. La mise à jour de l'image se fait donc par mise à jour des inscriptions sur ce disque. Il s'agit là d'une réalisation relativement peu coûteuse, mais dont l'utilisation implique un logiciel de base extrêmement perfectionné du point de vue des performances. Le deuxième type de console utilise une mémoire vive pour représenter tous les points de l'écran. Chaque mot mémoire contient simplement la luminosité du point correspondant. Les matériels proposés offrent même parfois plusieurs bancs mémoire, permettant soit de représenter des plans différents d'une même image (superposition d'un fond et d'un graphique associé), soit de travailler en temps réel par chargement d'un banc mémoire pendant l'affichage d'un autre. Ces matériels conduisent actuellement au développement de toute une famille d'algorithmes jouant sur cette représentation de l'information, ce qui permet ainsi de faire un lien entre les techniques graphiques interactives et les techniques de reconnaissance de formes ou de traitement d'images.

Les principaux problèmes évoqués dans le cas de la technologie à base de tubes à rayons cathodiques se retrouvent lorsqu'on parle des nouvelles technologies.

Le premier type de technologie nouvelle qui commence à se répandre est connu sous le nom de panneau à plasma. Le principe est le suivant : on perce une plaque de verre de petits trous répartis régulièrement sur une grille. On place ensuite cette plaque entre deux autres plaques de verre portant des réseaux d'électrodes placés au-dessus des rangées de trous. Dans les cellules formées par les trous on met un gaz qui s'illumine sous l'effet de tensions d'un certain niveau. Un signal électrique alternatif permet alors d'entretenir les différentes cellules dans l'état où elles se trouvent (allumé, éteint), un signal d'écriture permettant au contraire de les faire changer d'état. On a donc une surface mémorisante dotée d'un effacement sélectif.

Le deuxième type de technologie qui commence à être commercialisé utilise un faisceau laser. Celui-ci joue le rôle du faisceau d'électrons d'un tube à rayons cathodiques, mais permet d'inscrire l'image sur un film. La très haute précision du rayon laser permet ainsi d'obtenir des dessins d'une finesse inégalée, avec une rapidité extraordinaire (le faisceau permet de dessiner 5 mètres de trait à la seconde). Un des principaux avantages de cette technologie est de permettre des sorties directement sur microfilm ou microfiches, ce qui donne donc des possibilités d'archivage extrêmement intéressantes.

Du point de vue des recherches, citons simplement l'utilisation des cristaux liquides dont on espère obtenir des écrans très bon marché, utilisant des sources d'énergie très faibles et conventionnelles. Quelques écrans expérimentaux ont été réalisés, dont certains de grande taille.

D'autres paramètres interviennent encore pour qualifier un écran. Le plus important concerne le nombre de luminosités (ou couleurs) utilisables. Suivant le type de technologie, les possibilités seront très différentes :

- en balayage cavalier, on trouve des consoles monochromes (de 2 à 16 luminosités différentes) ou multichromes (de 3 à 6 couleurs au maximum);
- tube mémoire : consoles monochromes permettant de simuler jusqu'à 6 luminosités différentes;
- balayage télévision. Les consoles monochromes of-

frent en général 64 luminosités différentes. Cependant, la véritable voie d'avenir réside dans la couleur. On trouve dès maintenant des consoles offrant 256 couleurs différentes.

On voit donc que l'introduction éventuelle de la couleur conduit à des performances très différentes. Le choix d'une console multichrome sera alors directement orienté par l'application, suivant qu'il suffira d'afficher des traits (contrôle de processus) ou au contraire qu'il faudra afficher des surfaces (dessin animé, publicité, contrôle médical, etc...). Notons au passage que les algorithmes permettant d'utiliser toutes les possibilités en couleur d'une console pour effectuer des ombrages et des effets de transparence sont parfaitement au point.

Un dernier paramètre important concerne la surface utile de l'écran. C'est à l'heure actuelle le plus gros handicap des consoles de visualisation. La taille classique est de 30×30 cm, ce qui, pour certaines applications, est nettement insuffisant. On a bien vu apparaître des écrans plus grands, mais la différence n'est pas encore suffisante (38×38 cm et 70×100 cm). C'est pourtant sur ce paramètre que les utilisateurs souhaiteraient le plus de progrès. Certains d'entre eux souhaiteraient par exemple disposer de surfaces comparables à celles des plus grandes tables traçantes. Bien que de nombreuses recherches soient en cours, de tels panneaux ne seront pas disponibles avant plusieurs années. Citons cependant au passage des recherches entreprises pour créer des tables traçantes interactives. Ces recherches permettraient en fait d'obtenir un matériel disposant de la surface de visualisation d'une table traçante et de dispositifs de numérisation permettant de travailler en interactif. Là encore, le matériel ne sera pas disponible avant quelques années.

2. LE PROCESEUR GRAPHIQUE

Il s'agit de l'unité de contrôle qui est chargée de piloter les dispositifs d'écriture de l'écran. Le processeur graphique reçoit une suite d'ordres à décoder, et se charge de les exécuter, afin de produire le dessin correspondant sur l'écran.

Les premiers processeurs étaient extrêmement simples, sachant simplement recevoir les coordonnées d'un point pour l'afficher sur l'écran. Très rapidement, on a doté les processeurs graphiques de possibilités plus grandes, pour :

- alléger le nombre d'informations devant être transmises depuis le calculateur,
- alléger la programmation en réalisant certaines fonctions grâce au matériel.

C'est ainsi que l'on a ajouté des générateurs de vecteurs et de caractères. Ceci a alors conduit à transformer le processeur graphique en un véritable petit calculateur possédant son unité de contrôle, son répertoire d'instructions et éventuellement sa propre mémoire sous la forme de la mémoire d'entretien. La meilleure connaissance des algorithmes graphiques a ensuite conduit à réaliser certaines opérations câblées, les plus courantes étant par exemple les facteurs d'échelle (par puissances de 2), le découpage de l'image, jusqu'aux transformations géométriques en 2-D et en 3-D.

Parallèlement à ce type d'adjonctions, et généralement en liaison avec l'existence d'une mémoire d'entretien, on a vu se développer tout un ensemble de processeurs graphiques offrant certaines possibilités non directement graphiques. Les plus classiques permettent de construire des listes de visualisation structurées, soit grâce à de simples ruptures de séquences, soit grâce à l'utilisation d'appels de sous-programmes, permettant ainsi de définir des sous-dessins au niveau même de la liste de visualisation. Le but de ces techniques est de permettre à l'utilisateur de se définir des images possédant une certaine hiérarchie interne, et aussi de gagner de la place en mémoire d'entretien. Certains constructeurs sont alors allés plus loin, en proposant dès lors une gestion automatique de la mémoire d'entretien par le terminal lui-même, évitant ainsi une prise en charge par le calculateur de tâches assez fastidieuses et fréquentes.

On a même vu apparaître des processeurs graphiques possédant un jeu d'instructions spécialisées dans la communication avec le calculateur auquel il est connecté. Ce type de processeur a été développé dans le contexte de réseaux d'ordinateurs, où l'on trouve fréquemment la configuration suivante :

- une console de visualisation,
- un calculateur satellite,
- un calculateur principal généralement accessible en temps partagé.

Les instructions de communication permettent alors de mieux répartir la charge entre le calculateur principal et le calculateur satellite, en vue d'utiliser au mieux les possibilités de chacun de ces deux calculateurs.

Plutôt que de revenir en détail sur les différentes technologies utilisées, il est préférable de chercher à voir quelle sera l'évolution à court terme des processeurs graphiques. L'idée de base est que de plus en plus de choses se réaliseront au niveau du matériel. Les principales raisons sont :

- les algorithmes de traitement sont maintenant bien connus, et peuvent donc conduire à des réalisations technologiques,
- les réalisations technologiques conduisent forcément à une certaine standardisation. Si celle-ci n'a pas été tellement réalisable jusqu'à maintenant, un accord sur les primitives de base se fera dans un proche avenir,
- le prix des réalisations technologiques ne cesse de décroître fortement, au contraire du prix de la réalisation de logiciel, qu'il est d'ailleurs difficile d'évaluer.

Cette tendance ne fait que s'accélérer depuis l'apparition de composants hautement intégrés, qui permettent d'avoir pour un prix relativement modique de véritables unités centrales auxquelles on peut adjoindre les fonctions désirées. C'est ainsi que l'on a pu apparaître récemment sur le marché une console de visualisation bâtie autour d'un microprocesseur, offrant à l'opérateur la possibilité de travailler directement dans un langage de programmation interprété. D'autres consoles existent, qui offrent toutes les possibilités de traitement en trois dimensions, depuis les simples manipulations perspectives jusqu'à l'élimination de lignes cachées. On peut cependant noter que cette technique conduit à utiliser du matériel existant, dont les possibilités sont *a priori* limitées (par exemple, le nombre de « pattes » est relativement faible, conduisant à chercher à réaliser peu de fonctions).

Pour pallier cet inconvénient, d'autres constructeurs ont eu recours aux techniques de microprogrammation. On cherche alors à réaliser les principales fonctions de la console à l'aide de micro-programmes, ceux-ci pouvant être alors facilement mis au point grâce aux techniques de simulation. Les progrès actuels font envisager que l'on puisse disposer bientôt de mémoires à microprogrammes suffisamment vastes pour pouvoir ranger dedans des algorithmes très complexes. Les techniques de microprogrammation permettent alors d'envisager la construction de consoles « à la carte », répondant à des demandes précises résultant de certains types d'applications. A l'heure actuelle, ceci est un peu utopique dans la mesure où la réalisation d'une seule carte est encore une entreprise d'un coût trop élevé. Cependant, il est probable que de nouvelles techniques permettront de réaliser des cartes en nombre limité à un coût peu élevé.

Notons également que des progrès à long terme sont attendus des techniques d'interconnexion de microprocesseurs. Lorsque les problèmes d'échanges entre microprocesseurs auront été résolus, on envisagera alors des processeurs graphiques qui seront en fait une collection de microprocesseurs spécialisés dans des tâches bien particulières. On pourra de nouveau disposer de consoles « à la carte ».

Est-ce tellement utopique ?

Les premières consoles microprogrammées ou utilisant des microprocesseurs existent. Les chercheurs travaillant sur les problèmes d'interconnexion de microprocesseurs visent l'horizon 80, qui n'est pas si loin.

3. LES DISPOSITIFS DE COMMUNICATION

Une console de visualisation est généralement conçue pour être utilisée en mode interactif. Elle est alors pourvue de dispositifs permettant d'influer sur le cours du programme d'application qui s'exécute à un moment donné, généralement par le biais d'interruptions permettant de recueillir certains renseignements.

La première constatation que l'on peut faire est que le nombre de dispositifs de dialogue est très élevé et que le rôle et l'intérêt de chacun n'est pas très clair.

La deuxième constatation est que la plupart des dispositifs existant aujourd'hui ont été proposés dès l'avènement des consoles de visualisation, et qu'il n'y a pas eu de révolution très marquée depuis.

On peut chercher cependant à classer un peu l'ensemble des dispositifs, en regardant quelles sont en fait les principales fonctions que l'on attend d'eux. A l'heure actuelle, on considère généralement quatre fonctions de base :

- la désignation, qui consiste à montrer sur l'écran une partie d'un dessin, afin d'identifier ce qui est vu pour lui faire subir un traitement ultérieur. L'instrument par excellence de la désignation est donc un pointeur s'adressant à l'écran. Le plus classique est le photostyle, généralement lié au balayage cavalier ou aux panneaux à plasma. D'autres techniques existent, sous la forme de réticules, cellules photo-électriques quadrillant les bords de l'écran, etc... Il faut remarquer que dans le cas de consoles à balayage cavalier disposant d'une

mémoire d'entretien, la fonction de désignation est assez simple à réaliser (certains processeurs graphiques offrent même cette fonction parmi leurs instructions de base), alors que dans les autres cas une recherche doit être faite qui suppose que l'on puisse reconstruire l'image pour l'analyser :

- la collecte de coordonnées, qui consiste à relever les coordonnées d'une suite de points. Cette suite de points peut être donnée de différentes façons, les plus classiques consistant à utiliser le photostyle ou mieux, une tablette, ce qui assure une plus grande précision ;

- l'introduction de valeurs alphanumériques, sous la forme de chaînes de caractères destinées à être transformées en valeurs entières, réelles ou de caractères. Cette fonction est réalisée généralement grâce à un clavier alphanumérique ;

- le menu, qui permet à un moment donné d'influer sur le programme en sélectionnant, parmi une liste d'actions, celle que l'on veut voir exécuter. Cette fonction est courante dans tout système interactif. Elle est généralement réalisée, dans le cas des consoles de visualisation, par l'utilisation de touches de fonction ou par l'affichage du menu sur l'écran et sélection par le photostyle.

On peut chercher à réaliser ces différentes fonctions à l'aide de tous les dispositifs disponibles. La conclusion à laquelle on arrive est que toute fonction est réalisable par tout dispositif, mais que certains dispositifs sont mieux adaptés que d'autres pour certaines fonctions.

On peut alors se poser la question de savoir quel progrès on pourrait attendre au niveau du dialogue.

Le premier progrès consisterait à prendre en charge au niveau de la console certaines fonctions, quel que soit le dispositif utilisé. Il existe par exemple certains processeurs graphiques capables de prendre en charge une collecte de coordonnées par le photostyle. Ces processeurs assurent alors la gestion d'un symbole mobile qui suit les déplacements du photostyle. On peut alors imaginer la même chose à partir des positions du pointeur d'une tablette. La difficulté est du même ordre, mais ceci permettrait alors d'utiliser indifféremment les deux dispositifs pour réaliser cette fonction. Une étude approfondie des quatre fonctions de dialogue conduirait certainement à la réalisation d'interfaces (par exemple microprogrammées) capables alors d'accepter des informations en provenance de dispositifs différents par essence, mais réalisant le même travail.

Le deuxième progrès concerne les techniques d'entrée proprement dites. Il existe de nombreux algorithmes permettant d'entrer des données en deux dimensions. Les plus spectaculaires concernent des reconnaissances de symboles dessinés en temps réel sur une tablette. Ce type de réalisation possède un intérêt très grand du point de vue ergonomique. Pourquoi ne pas imaginer de tels algorithmes microprogrammés ? Il y aurait de même d'autres algorithmes, par exemple de lissage de tracé, voire de reconnaissance de certains dessins élémentaires.

Enfin, d'autres progrès sont à attendre dans le domaine de l'entrée de données tridimensionnelles. Les recherches actuelles ont conduit à des dispositifs trop peu utilisables pour que leur impact soit très fort. Il est clair que la mise au point d'un outil permettant de récupérer sans difficultés toutes les

données nécessaires à la définition d'un objet à trois dimensions (pensons à l'architecture, à la mécanique) ferait faire un grand bond en avant aux techniques graphiques. Nous touchons là au domaine du traitement d'images, de la reconnaissance des formes et de l'intelligence artificielle, domaine encore relativement peu exploré et maîtrisé.

CONCLUSION

Ce rapide survol nous conduit à penser que les progrès les plus sensibles se feront au niveau des processeurs graphiques. Ceux-ci deviendront de plus en plus puissants, adaptés aux besoins des utilisateurs, d'un coût raisonnable en regard des performances qu'ils offriront. Cependant, un grand effort devra être fait rapidement, en vue de la définition de modules standards, représentant des ensembles de fonctions que l'utilisateur pourra souhaiter trouver. Nous pensons par exemple à un ensemble de primitives graphiques permettant la mise en page de courbes, un ensemble de transformations géométriques en 2 et 3-D. Il faudrait également se mettre d'accord sur un niveau standard, sachant que la microprogrammation ou l'utilisation de microprocesseurs devrait permettre d'étendre facilement le jeu d'instructions.

Nous pensons que les travaux de recherche qui se font à l'heure actuelle dans le monde entier vont dans cette direction, et donc que ce type de processeur graphique apparaîtra rapidement sur le marché.

RÉSUMÉ

Nous présentons les différentes technologies utilisées actuellement pour la réalisation des consoles de visualisation. Pour chacun des sujets abordés (surface de visualisation, processeur graphique, dispositifs de communication) nous donnons les principaux axes de développement prévisibles à court terme.

SUMMARY

Graphic displays hardware : present and future,
by M. LUCAS (Grenoble).

This paper presents a review of current interactive display devices. Future developments concerning visualization surfaces, graphic processors and input devices are considered.

Bibliographie

- Le texte présenté ici est issu de :
Actes de la journée d'étude. « Évaluation des matériels graphiques interactifs », Journée d'étude AFCET-IRIA, Février 1976.
Cette publication comporte d'autres textes de présentation de matériels divers et d'applications mettant en valeur les possibilités des matériels utilisés.
- DAVIS S. — *Computer Data Displays*. Prentice Hall, 1969.
MORVAN P. et LUCAS M. — *Images et Ordinateur : Introduction à l'infographie interactive*. Larousse, collection Sciences Humaines et Sociales, Informatique, 1976.
GUEDJ R. A. — *The Challenge of Computer Graphics in Continental Western Europ. Proceedings of the IEEE*, Avril 1974.
CARLSON E. D. — *Graphics Terminal Requirements for the 1970's Computer, Special Issue on Interactive Graphics*, vol. 9, n° 8, Août 1976.
VAN DAM A. et STABLER G. — *Microprogrammed Intelligent Satellites for Interactive Graphics, Proceedings AFIPS 43*, Juin 1973.

Apport de la microprogrammation dans les consoles graphiques interactives ⁽¹⁾

VISUALISATION

L'onde électrique
1977, vol. 57, n° 12
pp. 755-757



par François SAINMONT,

Ingénieur ISEP, Maîtrise ENSAE, Chef de projet à Thomson-CSF/Division T-VT.

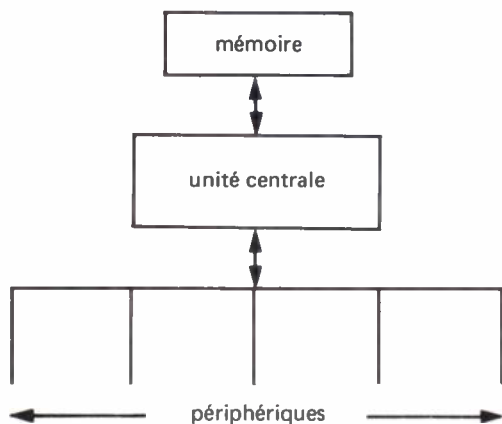
Société TVT Thomson-CSF Visualisation et Traitement d'Information, BP 34, 92360 Meudon-la-Forêt (tél. 630.23.80).

I. INTRODUCTION

La structure des consoles graphiques peut être, grossièrement, comparée à celle des calculateurs.

En effet, le schéma de base est le même dans les deux cas :

- une unité centrale,
- une mémoire vive de programmes et de données,
- divers périphériques.



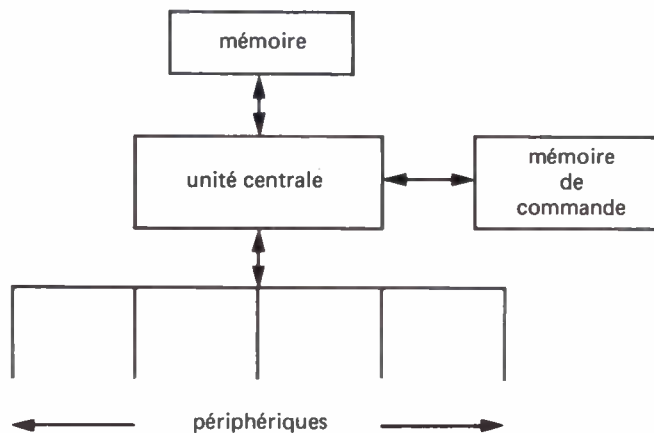
Jusqu'à ces dernières années, les techniques électroniques ne permettaient de concevoir que des unités centrales câblées. Cette technique avait évolué rapidement compte tenu des développements importants de l'électronique, mais elle ne permettait malheureusement pas de modifier simplement les fonctions de ces unités centrales.

Aussi, l'apparition de circuits à grande intégration, mettant en œuvre les fonctions de processeurs universels, ont fait faire un bond aux unités centrales. En effet, ces circuits permettaient de programmer à volonté l'unité centrale dont la modification des fonctions devenait plus aisée (on peut citer, entre autres, l'unité centrale de l'IBM 360/25 et celle du CII-MITRA 15).

Cette technologie n'est pas seulement valable pour les

unités centrales des calculateurs, mais se trouve maintenant intégrée dans celles de certaines consoles graphiques.

Le schéma des calculateurs et des consoles graphiques devenait alors :



2. LA MICROPROGRAMMATION

La microprogrammation est le fait d'appliquer au processeur de l'unité centrale une certaine commande agissant sur les registres, les opérateurs ou l'ensemble des éléments ayant une fonction de mémorisation. Chaque commande est appelée « micro-instruction ». L'ensemble des micro-instructions est rangé dans la « mémoire de commande ».

Malgré sa grande souplesse, la microprogrammation nécessite un ensemble d'outils logiciels et matériels : assembleur, simulateur, moyen de tests et de contrôles permettent un grand nombre d'essais et de mesures avant de figer la réalisation. L'effort de conception globale du produit réalisé peut donc être affiné, amplifié au cours de la réalisation.

Le prix de la réalisation de ces outils est largement compensé par la rapidité d'implantation de nouveaux algorithmes, très difficiles et onéreux à réaliser selon les techniques traditionnelles (études, lourdeur et délais du matériel à créer).

(1) Article issu d'une Journée d'Etudes de la SEE (10/2/77), reçu le 5 avril 1977, accepté le 5 mai 1977.

3. FONCTIONS D'UN PROCESSEUR GRAPHIQUE

Nous nous placerons dans le cadre d'une console graphique permettant une grande interaction et nécessitant le rafraîchissement de l'image toutes les 20 millisecondes. Cette dernière contrainte oblige une optimisation de la microprogrammation en temps de calcul.

De nombreuses fonctions peuvent être réalisées dans un processeur graphique. Toutes apparaissent, en général, dans tout système graphique, mais certaines sont souvent programmées au niveau du calculateur associé. Pour chaque classe, il est intéressant de voir les possibilités de la microprogrammation et surtout l'ouverture permise par cette technique.

3.1. Génération de caractères, de vecteurs et de courbes

La technique de génération est liée à la commande des convertisseurs analogiques. Elle est donc essentiellement liée au matériel mis en jeu dans les consoles de visualisation. La seule latitude apportée par la microprogrammation se situe au niveau des transformations simples de repère, l'interprétation des modes de tracés et des traitements des caractères spéciaux.

3.2. Transformations : translation, homothétie, découpage

Les transformations sont à réaliser en amont de la génération des traits (caractères, vecteurs, courbes) : elles doivent être réalisées en un temps relativement court. La translation et l'homothétie ne demandent pas d'algorithmes compliqués, mais seulement une bonne aptitude du processeur à réaliser des opérations arithmétiques et logiques (additions, décalages, ...).

La réalisation du « découpage » (« clipping ») nécessite des calculs et un certain nombre de décisions logiques. La microprogrammation permet d'avoir localement cette fonction. Toutefois, le nombre de vecteurs susceptibles de franchir la zone de découpage doit rester faible (10 à 20 % pour une image qui prend 80 % du temps maximum de rafraîchissement).

Certaines techniques avancées, nécessitant un matériel un peu plus compliqué, permettent d'effectuer le découpage d'une image beaucoup plus importante que celle qui reste à rafraîchir.

3.3. Édition des listes de visualisation

Les fonctions d'éditions des listes de visualisation (création, suppression, insertion, destruction, recherche d'un élément, ...) sont un exemple typique de fonctions qui apparaissent dans tout système graphique, explicitement ou implicitement. Dans la plupart des systèmes, elles ne sont pas mises en œuvre au niveau du processeur graphique, mais dans diverses couches de logiciel.

La microprogrammation permet de les mettre en œuvre dans le processeur graphique. Le contexte à conserver sur l'organisation de ces listes occupe peu de place (< 5 % de la mémoire vive). La souplesse permise par la microprogram-

mation de ces fonctions permet une simplification radicale du logiciel de commande du système graphique.

3.4. Interaction

La microprogrammation permet la mise en œuvre de différentes techniques locales d'interaction :

La désignation (« pointing ») : elle peut être réalisée non plus seulement avec le photostyle, mais avec d'autres moyens d'entrée (clavier, boule, tablette, ...), avec contrôle visuel avant son déclenchement, qui provoque alors l'envoi, au calculateur, d'une information la plus riche possible.

La poursuite (« tracking ») : c'est l'asservissement d'un symbole (dont les coordonnées peuvent être affichées) aux moyens d'entrée (photostyle, clavier, boule, tablette, ...), ce symbole pouvant lui-même asservir un objet (entraînement ou « dragging »).

L'entrée de textes : la microprogrammation permet l'entrée, et l'édition, de textes au clavier avec contrôle visuel sur l'écran.

L'entrée de courbes : il est aussi possible de réaliser cette fonction locale permettant l'entrée, et l'édition, de courbes à l'aide des moyens d'entrée de la console graphique. La microprogrammation permet un filtrage éventuel des points entrés.

3.5. Recopie d'écran

Dans tout système graphique, l'utilisateur éprouve le besoin, à un moment ou à un autre, de posséder un document reproduisant le plus fidèlement possible une image qu'il veut conserver, soit afin de l'archiver, soit pour réfléchir et travailler dessus. Cet algorithme est appelé « recopie d'image », ou « recopie d'écran » (« hard-copy »).

Dans certaines consoles graphiques, un dispositif existe et permet cette recopie en quelques secondes (Tektronix). Ce dispositif est certes pratique, mais a ses limitations (papier spécial, taille de l'image obtenue, ...).

Dans la plupart des autres systèmes graphiques, la recopie nécessite la mise en œuvre, dans le calculateur, d'un logiciel, en général assez lourd, permettant de réaliser cette fonction.

La microprogrammation peut apporter des solutions variées : recopie locale effectuée par le processeur graphique sur divers périphériques ou recopie vers le calculateur.

La recopie locale implique que le logiciel dans le calculateur est inexistant, ainsi que la charge du calculateur pour opérer cette fonction. La microprogrammation n'est ni longue ni compliquée à mettre en œuvre ; par contre, le processeur graphique va être monopolisé durant toute la durée de la recopie, à moins de prévoir la possibilité de déroulement de deux processus en parallèle : la recopie d'une part, sur une image figée au moment de la demande de l'opérateur, la modification d'autre part, de l'image par interaction de l'opérateur et du calculateur.

La microprogrammation de la recopie vers le calculateur est plus simple à réaliser : le processeur graphique va décrire

l'image, de façon linéaire ou non, et envoyer au calculateur une liste graphique formée de positions, vecteurs, caractères, symboles ou formats (couleur, texture, brillance, clignotement, taille ou orientation des caractères, ...). Le calculateur peut traiter cette liste immédiatement et l'envoyer à un traceur de courbes, par exemple. Il peut aussi stocker cette liste dans un ensemble de listes du même genre. Toutes ces images ainsi stockées pourront être traitées ultérieurement de diverses façons (tracé sur papier en différentes tailles, tracé sur film, analyses, ...). Ces images pourront aussi servir à un programme qui les enverra successivement au processeur graphique à des fins d'affichage : on pourra ainsi obtenir un « dessin animé » dont on pourra régler la vitesse dans le calculateur.

On voit ici que ce système, bien que plus contraignant pour l'utilisateur (qui doit programmer le calculateur), offre d'autres avantages insoupçonnés au premier abord.

4. CONCLUSIONS

Dans l'ensemble, on peut dire que le bilan est nettement en faveur de la microprogrammation. Celle-ci offre une souplesse qui peut permettre au périphérique de devenir compatible avec d'autres périphériques (« plug to plug »).

Sans aller jusque là, la programmation et la mise en œuvre d'un système graphique sont rendues plus faciles grâce à la microprogrammation, sans oublier une charge bien plus faible du calculateur (taille mémoire et temps d'exécution minimisés).

RÉSUMÉ

La microprogrammation, réapparue avec les circuits LSI, met en œuvre les fonctions de processeurs universels. Elle permet ainsi de programmer l'unité centrale; la modification des fonctions devient alors plus aisée : de nouveaux algorithmes peuvent être implantés sans les longs, difficiles et onéreux moyens des traditionnelles méthodes matérielles.

Parmi les fonctions que l'on peut maintenant trouver habituellement, il y a :

- Édition de listes (création, suppression, insertion, destruction, recherche, ...),
- Transformations (translation, homothétie, découpage, ...),
- Interaction (désignation, poursuite, entrée de textes ou de courbes, ...),
- Recopie d'écran, ...

Enfin, la microprogrammation réduit la charge du calculateur (mémoire, temps d'exécution, ...).

SUMMARY

Microprogramming contribution in interactive graphic display systems,

by F. SAINMONT (TVT).

Microprogramming, coming back again with LSI, deals with functions from general purpose processors. It allows programming within the CPU; functional modification becomes easier : new algorithms can be implemented without long, difficult and costly means of traditional hardware methods.

Some of the functions that can usually be found now are :

- Display-files editing (creation, deletion, insertion, erasure, request, ...),
- Transformations (translation, zoom, clipping, ...),
- Interaction (pointing, tracking, text-input, curve-input, ...),
- Hard-copy, ...

Microprogramming lessens the load of the host computer (memory, execution-time, ...).

Les besoins actuels en logiciels de visualisation ⁽¹⁾

VISUALISATION

L'onde électrique
1977, vol. 57, n° 12
pp. 758-760



par Yvon LE LOUS,

Ecole Centrale des Arts et Manufactures,
Promotion 1965, Ingénieur à la Direction
des Études et Recherches d'Électricité de
France depuis 1967.

EDF, Direction des Études et Recherches,
Service IMA, 1, avenue du Général-de-
Gaulle, 92140 Clamart (tel. 645.21.61, pos-
te 3634).

1. INTRODUCTION

L'utilisation sur ordinateur de terminaux de visualisation graphiques interactifs entraîne l'existence de logiciels que l'on peut englober sous le nom général de « logiciels de visualisation », servant d'interface en entrée et en sortie entre les programmes d'application et les périphériques graphiques.

Après avoir essayé de dégager l'architecture générale des logiciels de visualisation, conduisant à la distinction entre « système graphique » et « système de visualisation », nous verrons qu'il est possible de définir, près du terminal, un « logiciel de base » et des « outils généraux » apportant à l'utilisateur une aide efficace dans le développement de son application.

2. DIFFÉRENTES COUCHES DE LOGICIELS DE VISUALISATION

2.1. Système graphique et système de visualisation

Etant en relation directe avec le ou les périphériques de visualisation, une première partie des logiciels de visualisation sera fortement dépendante des caractéristiques propres à ce type de matériel : nous appellerons cette partie « *système de visualisation* ». De l'autre côté, étant en relation directe avec l'application, une seconde partie des logiciels dépendra beaucoup du type de cette application (contrôle de processus, CAO...); c'est ce que nous appellerons « *système graphique* ». Cette décomposition est surtout importante dans les applications de type CAO, le système graphique étant implanté avec l'application sur gros calculateur scientifique et assurant des fonctions complexes à destination de plusieurs systèmes de visualisation implantés sur des calculateurs périphériques. L'interface avec l'utilisateur se présente le plus souvent comme une extension du langage de haut niveau de l'application (FORTRAN, ALGOL, APL...). Comme exemple de ces systèmes citons GINO-F (Cambridge), FORTRAN 3D (IRIA), EUDLID (LIMSI), GPGS (Université de Nimègue), IGS (Michigan), etc... Les besoins des utilisateurs en systèmes graphiques sont très variés et

souvent fortement dépendants de l'application, la conception et l'utilisation de systèmes généraux se heurtant encore à de nombreuses difficultés.

Nous nous intéresserons dans ce qui suit au système de visualisation en essayant de dégager les besoins ressentis par les utilisateurs en logiciels de base et en outils généraux pour le développement de leurs applications (conception de systèmes graphiques, problèmes de surveillance et conduite de processus...).

2.2. Essai de décomposition du système de visualisation.

En définissant d'une façon plus précise par « système » l'ensemble ordonné formé par un langage et le processeur de ce langage, un terminal de visualisation graphique interactive peut être décomposé de la façon suivante :

a) le système de composition (langage de description d'images interactives et processeur de ce langage délivrant des ordres au système de visualisation);

b) le système de visualisation proprement dit (langage de visualisation et chargeur graphique envoyant les commandes au processeur graphique);

c) le système de gestion de la liste de visualisation (C-instructions);

d) le système d'affichage (G-instructions);

e) le système d'information-décision (images et processeur humain);

f) le système d'entrée (processeur des entrées graphiques);

g) le système de communication (prétraitement des messages reçus du processeur graphique);

h) le système de dialogue (traitement des interactions et élaboration de messages à destination de l'application ou du système de composition).

a, b, g et h sont généralement implantés dans le calculateur pilote, c, d et f dans le processeur graphique (sous forme câblée ou microprogrammée).

Nous appellerons *logiciel de base*, l'ensemble formé par le système de visualisation et le système de communication. Il a

(1) Article issu d'une journée d'étude de la SEE du 10 février 1977. Reçu le 5 avril 1977, accepté le 5 mai 1977.

pour rôle de compenser le niveau relativement bas du système de gestion de la liste de visualisation et du système d'entrée de beaucoup de terminaux actuels et de créer, pour les systèmes de niveau supérieur (composition, dialogue), une interface suffisamment générale pour pouvoir s'appliquer à l'écriture de diverses applications.

3. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES D'UN LOGICIEL DE BASE

Elles peuvent se résumer en quelques souhaits des utilisateurs :

- a) un tel logiciel doit *permettre à l'utilisateur d'ignorer le plus possible l'organisation physique du terminal* (en particulier la gestion de la mémoire d'entretien);
- b) il doit être *général* c'est-à-dire non orienté vers une application précise;
- c) il doit être *facilement intégrable* à l'application;
- d) il doit être *multiconsoles*;
- e) il doit être *utilisable en temps réel*;
- f) il doit être *transportable* vis-à-vis du calculateur pilote;
- g) il doit assurer à l'utilisateur une *interface indépendante du terminal* : il devrait en effet être possible de normaliser, pour une classe de terminaux, les principales fonctions composant les langages de visualisation et d'interaction. Nous donnerons dans le chapitre suivant un exemple d'une telle interface.

4. SPÉCIFICATIONS DE L'INTERFACE

Notre but n'est pas de dresser le cahier des charges complet d'un logiciel de visualisation, mais de dégager les fonctions essentielles dont souhaiteraient disposer beaucoup d'utilisateurs dans l'écriture d'une application temps réel, interactive.

4.1. Définition des entités composant une image

- Entités sources (calculateur pilote) :
 - atome : suite de codes graphiques translatables;
 - élément : assemblage d'atomes identifiable.
- Entités définies en mémoire d'entretien :
 - sous-programme graphique;
 - objet : résultat de l'implantation en mémoire d'entretien d'un élément graphique auquel on affecte des attributs d'appartenance (numéro d'écran), d'aspect (couleur par exemple), et d'interaction (effet et traitement des actions possibles sur cet objet à partir des moyens d'entrée);
 - zone dialogue : objet particulier permettant l'entrée de messages à partir du clavier alphanumérique.

4.2. Langage de visualisation

- Requêtes de base (démarrage/arrêt. Lecture/Écriture en mémoire d'entretien).
- Requêtes de gestion de la mémoire d'entretien (choix d'un algorithme possible).

— Requêtes de manipulation dynamique des entités graphiques :

- création d'une entité (sous-programme, objet ou zone dialogue);
- modification d'une entité (modification de la couleur, de l'aspect, du contenu, des caractéristiques d'interaction...);
- suppression d'une entité;
- lecture d'une entité;
- définition, sauvegarde et affichage d'une image.

— Requêtes de gestion des moyens d'entrée.

4.3. Langage d'interaction

Les informations fournies par l'utilisateur au moment de la création d'un objet ou d'une zone dialogue doivent permettre au système de communication, après identification de l'entité correspondante (objet désigné au photostyle ou zone dialogue utilisée par le clavier) :

- de connaître l'acquit à envoyer (boucle courte d'interaction),
- de composer le message à destination du système de dialogue.

5. OUTILS GÉNÉRAUX

Des outils généraux doivent permettre à l'utilisateur la génération sous une forme simple des instructions graphiques, la création et l'exploitation de bibliothèques d'atomes et d'éléments, la mise au point des images et les tests de bon fonctionnement des différents matériels de visualisation.

5.1. Génération de codes graphiques

Elle doit être possible hors temps réel et en temps réel.

- assembleur graphique ou bibliothèque de macro-instructions;
- modules de tracés courants (courbes, axes, etc...);
- transformations géométriques simples.

5.2. Outils de mise au point

- Simulateur d'interactions.
- Traducteur.

5.3. Outils de test

Ils doivent permettre à tout moment et indépendamment du logiciel d'application de vérifier le bon fonctionnement du matériel et logiciel de base.

5.4. Dispositif de recopie d'écran

Dans de nombreuses applications, il est fondamental que l'opérateur ait la possibilité de recopier une image affichée sur un support externe, sans bloquer pour cela l'utilisation de l'écran ou du processeur graphique pendant une trop longue période et sans pénaliser l'unité centrale du calculateur pilote.

6. CONCLUSION

Les logiciels de base des calculateurs commercialisés à l'heure actuelle comportent une gamme de plus en plus large de produits, facilitant le travail de l'utilisateur dans le développement de son application : plusieurs processeurs de langage, moniteurs, systèmes de gestion de fichiers, éditeurs, bibliothécaires, aides à la mise au point, utilitaires divers, etc... Ces produits sont considérés depuis longtemps comme faisant partie de la fourniture normale du constructeur et interviennent à juste titre dans le choix du matériel. On observe simultanément une certaine normalisation des fonctions assurées par ces logiciels, par exemple dans les services rendus par les moniteurs.

Il est souhaitable que la même évolution se produise pour les matériels de visualisation, le rôle de l'utilisateur étant, à notre avis, de définir et de créer des images interactives structurées et non d'implanter dans une mémoire d'entretien dont la gestion lui incombe encore souvent des tracés de vecteur ou de caractères.

Comme nous avons essayé de le montrer, les fonctions demandées par l'utilisateur sont suffisamment générales pour qu'un logiciel de base fasse normalement partie de la fourniture du constructeur de matériel de visualisation, ce constructeur étant libre d'implanter tout ou une partie de ce logiciel dans le processeur graphique lui-même (sous forme de microprogrammes) ou de faciliter son insertion dans le logiciel propre au calculateur pilote. Des matériels et

logiciels de ce type commencent à apparaître sur le marché et il reste à souhaiter une certaine normalisation de l'interface avec l'utilisateur et l'assurance de pouvoir les utiliser en temps réel dans beaucoup d'applications où le temps de réponse est un facteur primordial.

RÉSUMÉ

Le logiciel de base d'un système de visualisation doit permettre à l'utilisateur d'ignorer le plus possible l'organisation physique du terminal. Il doit être général, facilement intégrable, multiconsoles, utilisable en temps réel, transportable, et doit pouvoir assurer une certaine normalisation de l'interface avec l'utilisateur. Cet effort de normalisation doit porter sur la définition des entités composant les images, l'utilisation d'un langage de visualisation et d'un langage d'interaction, et la conception d'outils graphiques généraux.

SUMMARY

Present requirements for graphics softwares,
by Y. LE LOUS (EDF, Clamart).

Basic software package for computer graphics applications allows the user to ignore the real display unit hardware. The main goals of this package are : general purpose, easily usable, multi-units, real-time oriented, computer and display free software. It means that we must provide some standards for user's interface. This leads us to define standards for the display files segmentation, the display language commands (input), the interactive language commands (output), and the basic graphics tools.

Générateur d'impulsions pour un banc automatique de réflectométrie ⁽¹⁾

MESURE

L'onde électrique
1977, vol. 57, n° 12
pp. 761-765

par **M. C. DURIX (*)**,
Ingénieur ESE, Docteur-ingénieur.
M. D. LESSELIER (*),
Ingénieur ESE.
M. F. PUPAT,
Ingénieur ECP.
et **Mme D. BRUNOL**,
Ingénieur ESE.

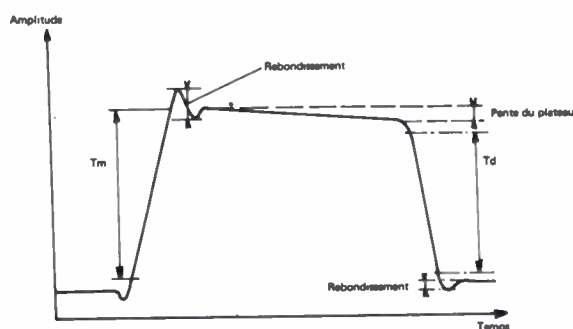
ESE, Plateau du Moulon, 91190 Gif-sur-Yvette (tél. 941.80.40).

Le travail décrit a été effectué dans le cadre d'un stage de fin d'études à l'École Supérieure d'Électricité.

1. INTRODUCTION

L'objet de cet article est de présenter un générateur d'impulsions destiné à un banc automatique de réflectométrie temporelle. Ce banc permet de déterminer le profil d'indice d'un milieu inhomogène en analysant des signaux émis par le générateur et réfléchis par le milieu.

Pour les besoins de l'analyse le signal délivré par le générateur doit être aussi voisin que possible de crêteaux rectangulaires (*fig. 1*) et posséder une amplitude de l'ordre de quelques volts. Les limitations en temps de montée et de descente sont particulièrement étudiées. Par ailleurs, le montage mécanique des composants a une grande influence sur les performances du générateur. Aussi ce montage fait-il l'objet d'une description détaillée.



Tm : temps de montée fini (entre 10 %, 90 %)
Td : temps de descente fini (entre 10 %, 90 %)

Fig. 1. — Défauts d'une impulsion.

2. PRINCIPE DE GÉNÉRATEUR

Les impulsions à faible temps de montée et de descente sont produites à partir d'un signal d'attaque de caractéristi-

ques non critiques, par un dispositif à diodes de temps de transition très faibles. L'ensemble se compose de trois modules : un pré-générateur, un amplificateur, le générateur d'impulsion proprement dit. Les deux premiers modules produisent le signal d'attaque du générateur (amplitude de l'ordre de vingt volts, temps de transition inférieurs à une nanoseconde).

L'amplificateur ne présente pas de difficultés particulières, vu le temps de montée du signal, quant au pré-générateur, il peut être remplacé par tout générateur du commerce.

Dans le but de diminuer l'instabilité sur l'écran de l'oscilloscope, nous avons réalisé un pré-générateur dont la sortie signal et la sortie synchronisation sont pilotées par une même horloge très stable (PLL) et dont le décalage, égal à un multiple de la période d'horloge, est réglable par pas. L'avantage de ce dispositif est de permettre, dans une gamme allant de 10 kHz à 2 MHz une bonne stabilité sur le temps séparant le signal à visionner et le signal de synchronisation tout en permettant de le réduire au minimum.

Seul le module principal c'est-à-dire le générateur proprement dit est décrit dans ce qui suit. Plusieurs solutions sont utilisables pour réaliser des générateurs rapides. Les systèmes à diodes Gunn semblent assez mal adaptés à notre réalisation ; les systèmes à diodes tunnel, performants quant aux temps de transition, sont exclus en raison de la faible amplitude de leur signal de sortie. Les systèmes à transistors en régime d'avalanche ou à relais à mercure sont difficiles à contrôler et limités en fréquence de répétition. Un montage à diodes snap-off semble pouvoir convenir [2].

Ces diodes, [2] à [7], ont une très faible capacité de transition. L'élimination des charges stockées présente des caractères très intéressants (*fig. 2*).

Elles [8] permettent d'obtenir des signaux à très faible temps de montée. La solution qui a été retenue pour le

(1) Article initialement reçu le 8 novembre 1976 et accepté dans sa forme définitive le 27 avril 1977.

(*) Membres SEE.

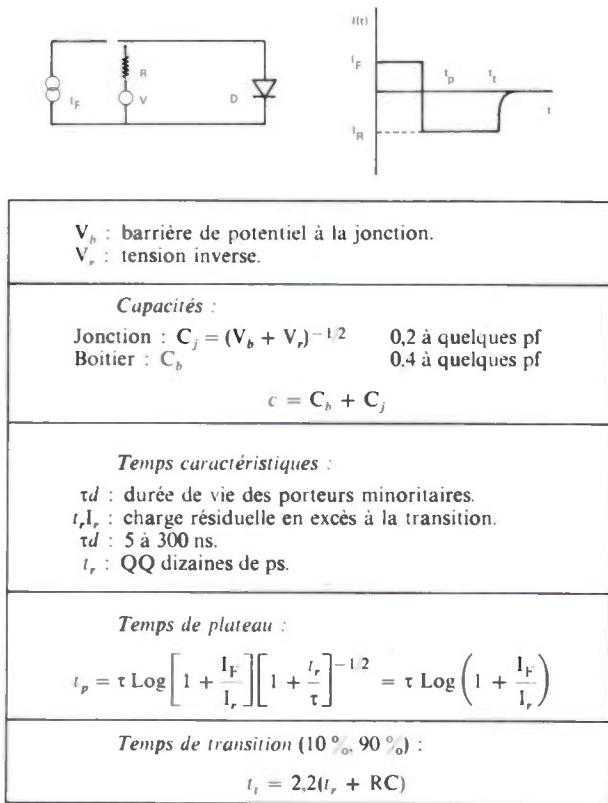


Fig. 2. — Caractéristiques de la commutation des diodes Snap-off.

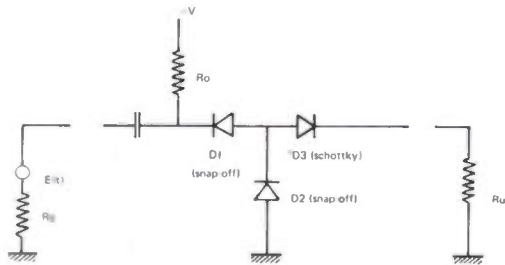


Fig. 3. — Schéma de principe du générateur d'impulsions.

générateur dont le schéma électrique est représenté à la figure 3, permet *a priori* d'obtenir un temps de descente faible.

Pour des raisons de simplicité la diminution du temps de transition par la polarisation de D2 et la dérivation d'une partie du courant dans une diode en parallèle a été exclue.

La figure 4 montre le principe de fonctionnement du générateur.

En l'absence d'impulsion à l'entrée, D 1 et D 2 conduisent en direct, D 3 est bloquée; la tension de sortie est nulle. L'impulsion polarise en inverse D 1 et D 2, qui se comportent comme des court-circuits pendant leurs phases de plateau. Quand D 2 s'ouvre, D 3 se met à conduire d'où le front de montée. Quand D 1 s'ouvre, D 3 se bloque d'où le front de descente : ces deux fronts ont sensiblement comme durée les temps de transition de D 1 et D 2. La durée de plateau de D 1 doit donc être supérieure à celle de D 2.

Le temps de montée de l'impulsion d'attaque doit être le plus faible possible car il influence l'évacuation des charges, donc le temps de transition de D 2. La fin de cette impulsion se produit avant le blocage des diodes. Elle entraîne leur

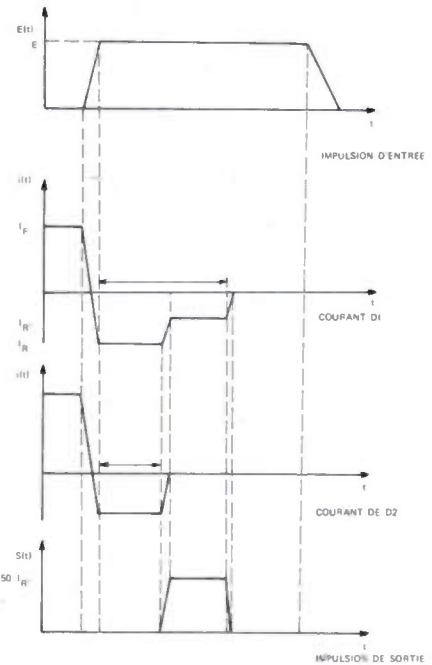


Fig. 4. — Fonctionnement du générateur.

remise en conduction ; le temps de descente n'influence pas le signal de sortie.

3. ÉTUDE QUANTITATIVE

La différence des temps de plateau de D 1 et D 2 fixe la durée de l'impulsion de sortie : $\theta = t_{PD2} - t_{PD1}$. Le temps de plateau de D 2 est sensiblement :

$$t_{PD2} = \tau_2 \text{Log} \left(1 + \frac{I_F}{I_R} \right)$$

où $I_R = \frac{E}{50} - \frac{V_0}{50} \approx \frac{E}{50}$ si $R_0 \gg 50 \Omega$.

(La diode Schottky est bloquée.) Le régime de fonctionnement de D 1 est plus complexe : le courant inverse change de valeur, pendant sa phase de plateau, au blocage de D 2. Le schéma équivalent (fig. 5) permet le calcul de t_{PD1} .

$$t_{PD1} = \tau_1 \text{Log} \left| \frac{I_R + I_F}{I_R} + \left(1 - \frac{I_R}{I_F} \right) \left(1 + \frac{I_F}{I_R} \right)^{\frac{\tau_2}{\tau_1}} \right|$$

d'où

$$\theta = \tau_1 \text{Log} \left| 1 - \frac{I_R}{I_R'} + \frac{I_R + I_F}{I_R'} \left(1 + \frac{I_F}{I_R} \right)^{-\frac{\tau_2}{\tau_1}} \right|$$

$I_R = \frac{E}{50}$ et $I_R' = \frac{E}{100}$ (la diode Schottky conduit)

$$\theta = \tau_1 \text{Log} \left| 2 \left(1 + \frac{I_F}{I_R} \right)^{1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}} - 1 \right|$$

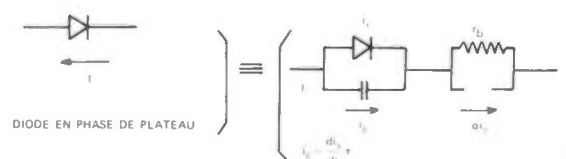


Fig. 5. — Schéma équivalent de D 1 en phase de plateau.

TABLEAU I
Calcul des constantes de temps RC.

Diode 5082	Durée ns	Capacité boîtier Ch pf	Capacité jonction : CJ pf.			Capacité diode pf.		Constante de temps ps.	
			Vr = 10 V	Vrm	Vr	Cm	C	Rm = 25 Rm Cm	RC
335	15	0,2	0,35	25 V 0,24	8 V 0,66	0,44	0,86	11	22 R ~ 25
320	30	0,3	1,3	12,3 V 0,93	4 V 1,67	1,23	1,97	31	197 R ~ 100
310	100	0,5	2,1	12,3 V 1,89	4 V 2,3	2,49	2,8	62	280 R ~ 100
300	250	0,5	3,9	12,3 V 3,5	4 V 4,3	4	4,8	100	480 R ~ 100

L'expression générale du temps de transition (10 %, 90 %) est :

$$t_t = 2,2 |t_\tau(\theta, s) + RC(V_r)|$$

Pour D 1, R = 100 Ω (Ru en série avec Rg).
Pour D 2, R = 25 Ω (décharge dans la résistance Rg du générateur en parallèle sur la résistance Ru de charge).
On se limite à un niveau en sortie de 4 V correspondant à E = 8 V en attaque.

Les tensions inverses sont :
 $V_{RD1} = 8 \text{ V}; V_{RD2} = 4 \text{ V}.$

Les courants sont :
 $I_R = 160 \text{ mA}; I'_R = 80 \text{ mA}.$

Les diodes utilisées sont celles de la série 5082 de HP. Le constructeur mesure les capacités sous une tension inverse de 10 V et le temps de transition (20 %, 80 %) avec une charge équivalente à 25 Ω pour une tension inverse de 12,5 V (25 V pour la diode 335). Ces caractéristiques sont repérées par l'indice m.

Les résultats à prévoir pour le montage s'en déduisent :

$t_{im} = 1,4 (t_\tau + Rm Cm)$
 $t_t = 1,57 t_m + 2,2(RC - Rm Cm)$ [1]

Le tableau I donne les valeurs de RC et Rm Cm pour les valeurs typiques.

Le choix de la diode 335 s'impose pour D 2, τ est le plus faible (temps de plateau très réduit), le temps de transition est minimal, (quelle que soit la charge stockée) Tt en fonction de Qs se déduit à partir de la formule (1) pour la diode D 1 (fig. 6).

Si θ est la largeur du signal de sortie, If a pour expression :

$$I_F = I_R |0,5(e^{\frac{\theta}{\tau_1}} + 1)^{\frac{\tau_2}{\tau_2 - \tau_1}} - 1|$$

Le tableau II donne la charge stockée Qs = τ1 If (diode D 1) et le temps de descente correspondant pour :

$\tau_2 = 15 \text{ ns}, I_R = 160 \text{ mA}$ (niveau : 4 V)

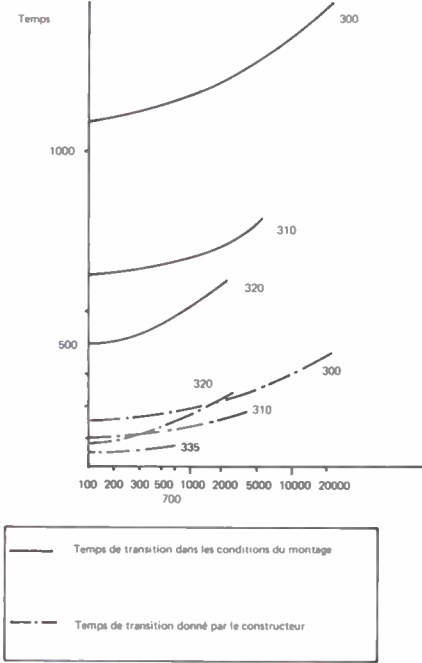


Fig. 6. — Temps de transition en fonction de la charge stockée en direct.

TABLEAU II
Choix entre diode 310 et diode 320.
Temps de descente.

Diode	Durée en ns	10	30	60
	Qs Pc	1 680	11 800	80 000
320	Tf ps	620	Qs Qmax	
	Qs Pc	960	3 400	8 000
310	Tf ps	650	720	800

La diode 0310, au temps de transition sensiblement constant et possédant une large gamme de fonctionnement permet d'obtenir le meilleur temps de descente.

Les temps de transition estimés sont donnés dans le

TABLEAU III

Temps de montée prévisible. Diode 335.

Durée ns	10	30	60
Qs pc	150	500	1 000
Tr ps	110	120	140

tableau III, en fonction de la durée de l'impulsion (θ). Il faut remarquer que la diode schottky coupe une partie du signal, donc peut améliorer légèrement les temps de transition. La durée de l'impulsion pourra atteindre 60 ns et il n'y a pas d'objections théoriques à descendre en dessous de 10 ns.

4. MONTAGE DU GÉNÉRATEUR

La simplicité du montage permet de réaliser une structure coaxiale dans laquelle sont insérées les trois diodes. Vu leur faible action sur le signal, la résistance et le conducteur de liaison sont placés en amont. La ligne réalisée aura une structure en U (fig. 7) d'impédance caractéristique 50 Ω [9].



$$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \log \frac{1078a}{d}$$

$$Z_c = 50 \Omega \quad \epsilon_r = 1$$

$$\frac{a}{d} = 2.13448$$

$$Z'_c = 60 \log \frac{4a \operatorname{th} \left(\frac{\pi h}{d} \right)}{\pi d}$$

$$Z'_c = 50 \Omega \Rightarrow Z'_c = 54.78 \Omega$$

Fig. 7. — Lignes en U.
Impédance caractéristique.

- a) Ligne de section carrée à conducteur central cylindrique (ligne fermée).
b) Ligne en U (ligne ouverte).

La ligne est de faible dimension ; D 1 et D 3 sont placées dans le conducteur central de diamètre extérieur 4 MM D 2 (diode 335) est placée dans une cavité pour diminuer la perturbation qu'elle entraîne.

Des discontinuités apparaissent dans le conducteur central au niveau de chaque diode et des connections d'entrée-sortie. Ces discontinuités modifient l'impédance caractéristique de la ligne et font apparaître des capacités parasites. Au niveau de chaque diode, le diamètre du conducteur central est plus faible. On introduit des cales d'époxy ($\epsilon_r = 5$) qui donnent exactement 50 Ω au niveau de la diode snap-off, et qui compensent partiellement la perturbation ($R_c = 77 \Omega$) au niveau de la Schottky (fig. 8). La valeur approximative de la capacité ainsi introduite est :

$$C_d \sim \epsilon_0 \epsilon_r \frac{M}{C} \left| \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_1}{2} \right)^2 \right| \approx 0.26 \text{ pF}$$

Au niveau des connexions avec les prises OSM il faut réaliser une structure coaxiale adaptée par des terminaisons

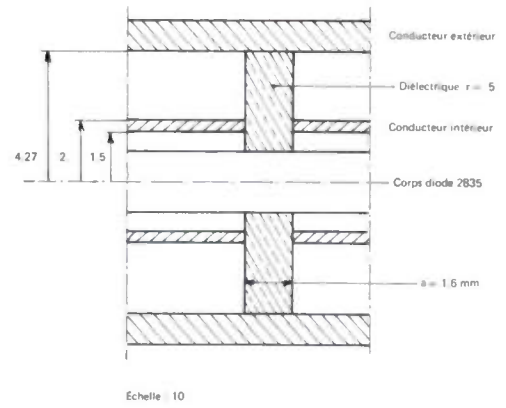


Fig. 8. — Discontinuités au niveau des diodes.
Exemple de la Schottky.

coniques ; les rayons de section droite doivent satisfaire :

$$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_2}} \log \frac{x_2}{x_1} = 50 \Omega \quad (\text{fig. 9a})$$

Cette solution n'a pu être mise en œuvre (diamètre ϕ trop important). La structure réalisée est un peu différente. Le diélectrique (plexiglass, $\epsilon_r = 2.5$) maintient l'ensemble et compense en partie l'augmentation de Z_c entraînée par la diminution du conducteur central (fig. 9b). De telles terminaisons introduisent des capacités $C_{e,s}$:

$$C_{e,s} = \frac{2 M \epsilon_0 \epsilon_r}{\operatorname{ctg} \theta} \left| \frac{d}{2} - \frac{b}{\operatorname{ctg} \theta} \log \left(1 + \frac{d}{2b} \operatorname{ctg} \theta \right) \right| - 0.107 \text{ pF}$$

Les capacités introduites jouent sur la rapidité des transitions. Les capacités C_d en parallèle sur D 1 et D 2 s'ajoutent à leurs capacités. Cette influence peut être négligée dans le cas de la diode Schottky. Pour la snap-off, C_d augmente son temps de transition, donc le temps de descente de : $2.2 R C_d$ soit $\Delta t_{pF} = 60 \text{ ps}$. La capacité C_{es} intervient en parallèle sur la résistance de charge 50 elle introduit un

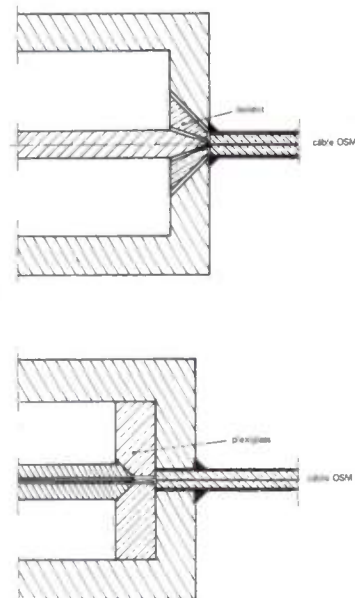


Fig. 9. — Discontinuités au niveau
des prises d'entrée et de sortie.

- a) Adaptation parfaite.
b) Solution adoptée.

temps de l'ordre de 11 ps ($2,2 \times 50 \times Cs$); il s'ajoute quadratiquement au temps de montée déjà calculé, il n'a donc que peu d'influence.

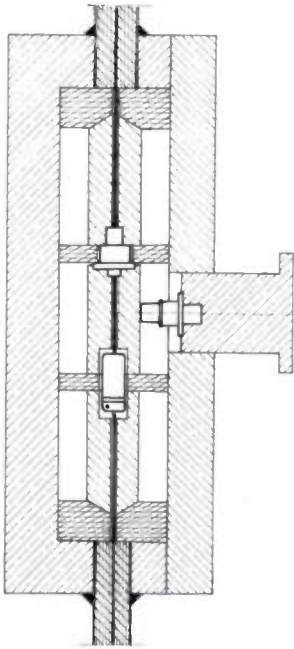


Fig. 10. — Mécanisme d'ensemble du générateur.

Niveau de 1 à 8 V.
Fréquence de répétition de 0,8 à 5 Mhz.
Durée de 3 ns à 30 ns.
Temps de montée de 150 ps.

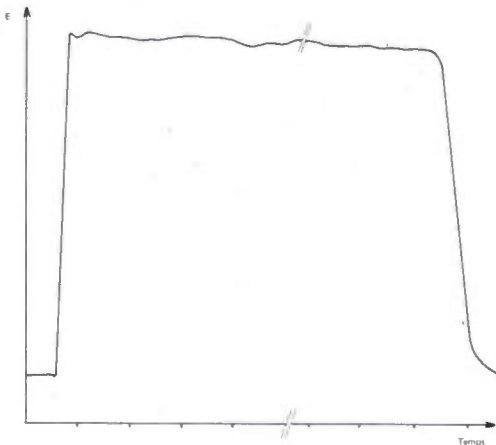


Fig. 11. — Impulsion fournie par le générateur.

5. PERFORMANCES OBTENUES

Le générateur réalisé (fig. 10) a des performances sensiblement identiques à celles prévues. On obtient des impulsions d'amplitude 4 à 5 V, de temps de montée (10 %, 90 %) de 120 ps et de temps de descente inférieur à 600 ps. La durée est réglable de 5 à 30 ns pour une fréquence de répétition de 20 RHz à 3 MHz (fig. 11). Le générateur décrit ci-dessus a été prévu pour des conditions d'utilisation spécifiques. Ses performances sont suffisamment intéressantes pour qu'il présente un intérêt pour d'autres applications nécessitant des impulsions à faible temps de montée et de descente.

RÉSUMÉ

Cet article décrit un générateur d'impulsion à temps de montée (150 ps) et temps de descente (600 ps) courts. Le niveau de sortie est d'environ cinq volts. La fréquence de répétition peut varier entre quelques kilohertz et trois megahertz. L'appareil est réalisé à partir de diodes Snap-off. Le principe et les limitations imposées par les éléments sont étudiés. Les caractéristiques mesurées sont comparées avec celles obtenues à partir d'un modèle théorique.

SUMMARY

Pulse generator for an automatic reflectometry test bench.

by M. C. DURIX, M. D. LESSELIER, M. F. PUPAT and D. BRUNOL (ESE).

This paper describes a pulse generator with short rise time (150 ps) and fall time (600 ps). The output level is about five volts. The repetition frequency can vary between few kilo-hertz and three megahertz. The set is realized with step recovery diodes. The principle and the limits imposed by the elements are examined. The measured characteristics of the generator are compared to those given by a theoretical model.

Bibliographie

- [1] TABBARA W. — *Thèse Doctorat d'État*, Novembre 1976.
- [2] MAILLET J. C. — *Snapp of Diodes*, Utilisation, Note d'application Texas.
- [3] REMBLIER J. P. — *Technique des impulsions*, Cours de l'ESE, n° 2258.
- [4] COAT J. — *Physique Électronique des Solides*, Tome III, Cours de l'ESE, n° 2081/3.
- [5] MOLL J. L. — SA Hamilton. Step Recovery diodes. *Proceedings of IEEE*, 1969 Juillet, pp. 1250-1259.
- [6] Documentation composants Hewlett-Packard.
- [7] MIRAT G. — Composants de l'Électronique rapide. Cours oral, 3^e année, ER, de l'ESE.
- [8] VABRE S. P. — *Électronique des Impulsions*, tome IV « Les générateurs Spéciaux », 1970, Masson édit., Paris.
- [9] ROUBINE E. — *Lignes et Antennes*, tome I, Collection Technique et Scientifique du CNET, 1954.
- [10] COEKEIN J. A. — *High Speed Pulse Techniques*, Pergamon International Library.

Tubes d'émission pour contre-mesures électroniques ⁽¹⁾

(1ère Partie)



COMPOSANTS

L'onde électrique
1977, vol. 57, n° 12
pp. 766-772

par Joseph CARRUBBA,

Diplômé du Lowell Technological Institute de la Northeastern University, de l'University of New Hampshire et du Worcester Polytechnic Institute. Directeur de l'unité Produits Militaires à la division Tubes hyperfréquences à la Société Varian Associates.

*Varian Associates, Division MEO, 317
Brokaw Road, Santa Clara, California
95050.*

Cet article est le fruit d'une étude portant sur environ 5 000 dispositifs hyperfréquence et composants associés actuellement en production. Son objet a été de trouver l'approche optimale nécessaire à la réalisation d'un amplificateur haute fréquence à large bande capable de délivrer une puissance élevée (1 kW) dans les bandes C à J, c'est-à-dire de 0,5 à 20 GHz. Les critères retenus ont été les suivants : le coût, la largeur de bande, le rendement, l'encombrement, le poids, la fiabilité et la maintenabilité.

MÉTHODOLOGIE ET CONCLUSIONS

Les dispositifs ayant fait l'objet de cette étude ont été les suivants : magnétrons, klystrons, amplificateurs à champs croisés (ACC) et tubes à ondes progressives (TOP).

Parmi la gamme très étendue de dispositifs à hyperfréquence disponibles sur le marché, seuls 111 ont été soumis aux critères retenus. L'étude ultérieure a montré que seuls 26 de ces dispositifs étaient utilisables moyennant un certain nombre d'aménagements et que 14 étaient directement utilisables en répondant au cahier des charges.

Les limitations propres à chaque type de dispositifs ont été prises en considération dans notre démarche afin de déterminer quels étaient les dispositifs hyperfréquence actuellement disponibles sur le marché répondant à notre cahier des charges.

Notre conclusion a été qu'aucun des dispositifs hyperfréquence simples ne pouvait satisfaire totalement au cahier des charges.

En tenant compte de la constatation précédente, l'approche mettant en œuvre des TOP en parallèle afin d'obtenir des largeurs de bande de l'octave s'est avérée être la meilleure solution actuelle à notre problème. Cette méthode a été choisie de préférence à une solution faisant appel à un seul TOP ou klystron pour les raisons suivantes :

- elle assure une meilleure couverture en fréquence;
- actuellement, aucun dispositif simple capable de cou-

vrir les plages de fréquence comprises entre 11-13 et 14-15,3 GHz n'est disponible sur le marché;

— elle permet un gain de la puissance consommée de 71 kW environ.

Il faut également remarquer que cette solution a pour conséquence de doubler l'encombrement de l'équipement, mais ce dernier inconvénient est compensé par un prix et un poids inférieurs.

Par ailleurs, sur la base d'un certain nombre de compromis, des comparaisons ont été effectuées entre les solutions mettant en œuvre un unique dispositif de puissance et celles faisant appel à des composants de puissance plus réduite associés en parallèle. Les éléments de cette comparaison ont été les suivants : la fréquence, le refroidissement, les pertes, l'alimentation, la taille, le coût total et le volume.

Ces caractéristiques ont été relevées :

1° sur un amplificateur à un seul dispositif de puissance comportant sa propre alimentation;

2° sur des amplificateurs utilisant des TOP de grande puissance associés en parallèle;

3° sur des amplificateurs utilisant des TOP de basse puissance associés en parallèle;

4° sur un amplificateur utilisant des TOP de basse puissance associés en parallèle mais équipé cette fois d'une alimentation convenant pour 4 tubes.

Notre conclusion est que l'amplificateur dont les spécifications générales sont données plus haut peut être réalisé en associant en parallèle des groupes de 2 TOP mis en parallèle jusqu'à ce que la puissance désirée soit obtenue. Il a été également constaté que l'on pouvait couvrir chacune des 5 bandes d'octave (0,5-1 GHz, 1-2 GHz, 2-4 GHz, 4-8 GHz, 8-16 GHz) avec un seul amplificateur d'attaque à condition que la puissance fût convenablement répartie sur les TOP. De tels modules peuvent être associés afin d'obtenir des puissances jusqu'à 10 kW.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DISPOSITIFS HYPERFRÉQUENCE ÉTUDIÉS

Dans cette partie, la discussion est volontairement restreinte au magnétron, à l'ACC, au klystron et au TOP et

(1) Article de l'International Countermeasures Handbook, première édition 1975-1976, reproduit avec l'aimable autorisation de EW Communications, Inc, Palo Alto, CA 94303, USA.

Reprinted from the International Countermeasures Handbook, first edition 1975-1976, EW Communications, Inc, Palo Alto, CA 94303, USA.

orientée vers la présentation des limitations et des caractéristiques techniques de chacun des dispositifs.

L'étude et la comparaison ont porté sur les caractéristiques suivantes :

- *bande passante* : nombre de dispositifs nécessaires pour assurer la couverture du spectre de fréquence désirée de manière instantanée ou rapidité d'accord en cas de nécessité de changement de gamme;
- *puissance de sortie* : puissance délivrée en onde entretenue par un dispositif dans les bandes de fréquence désirées;
- *facteur de bruit* : bruit intrinsèque des tubes affectant le rapport signal à bruit et puissance de bruit à puissance de sortie;
- *aptitude à la modulation* : aptitude de l'amplificateur à être déclenché pour le fonctionnement en mode transparent, en agissant au niveau de l'amplificateur lui-même ou de son entrée hyperfréquence;
- *gain* : puissance d'attaque nécessaire et conséquence sur l'utilisation;
- *rendement* : puissance continue d'alimentation nécessaire à l'obtention de la puissance hyperfréquence totale de sortie;
- *traitement des signaux multiples* : effet sur l'amplification de la présence de plusieurs signaux en même temps.

Pour chaque type d'applications, tout dispositif présente un certain nombre d'inconvénients. Un bilan détaillé s'avère difficile et compliqué à réaliser; aussi, la discussion ne portera-t-elle que sur les avantages et les inconvénients majeurs.

La liste des caractéristiques donnée plus haut, importante pour un système de contre-mesure électronique, sera analysée point par point, puis une analyse des compromis sera effectuée.

La couverture totale de la bande de fréquence s'étendant de 0,7 à 18 GHz ne peut être réalisée par un dispositif unique. Ceci implique la présence de plusieurs antennes et équipements auxiliaires dans le système. Il faut remarquer que les composants de base actuellement disponibles sur le marché ont une bande passante généralement limitée à l'octave.

Le TOP présente un avantage particulier dû à sa caractéristique large bande de la structure propagation lente de l'hélice qui autorise une bande passante d'une octave et parfois même de plusieurs octaves. De ce fait, il est couramment utilisé pour des applications de guerre électronique.

Les TOP à structure en hélice actuellement existants peuvent couvrir la totalité du spectre de fréquence. En raison de leur large bande passante, la bande de fréquence s'étendant de 0,5 à 20 GHz peut être intégralement couverte par six amplificateurs de grande puissance. Il est important de remarquer qu'il s'agit de bande passante instantanée et non pas de bande accordable.

Les amplificateurs à klystrons ont une bande passante instantanée généralement limitée à 1 % de l'octave. Cette bande passante peut être portée à 33 % en utilisant un dispositif d'accord mécanique. Des systèmes d'accord méca-

nique possédant des positions présélectionnées sont parfois utilisés afin de permettre un accord rapide sur la totalité de la bande. Malgré tout, l'accord demeure relativement lent et de nombreux dispositifs s'avèrent nécessaires pour la couverture du spectre de fréquences désiré. Même avec cette possibilité d'accord, l'amplificateur à klystron présente des trous dans la bande de fréquence retenue.

Avec une bande passante instantanée couvrant 67 % de l'octave, l'ACC constitue une autre famille de dispositifs qui peut être utilisée pour les applications à bande passante relativement large.

Il peut être accordé sur une largeur de bande de plus d'une octave en utilisant une électrode sole à faible courant et en effectuant approximativement trois commutations sur la tension de sole. Toutefois, les ACC à onde entretenue actuellement disponibles ne couvrent que la partie centrale du spectre de fréquence compris entre les bandes C et J.

Tous les dispositifs étudiés sans exception présentent des limitations de la puissance de sortie et en onde entretenue en certains points du spectre de fréquence. La puissance désirée (1 kW) peut être obtenue par différents dispositifs en divers points du spectre, mais en réalité il n'existe pas de famille de tubes capable de couvrir la totalité du spectre de fréquence en fournissant toute la puissance désirée.

Le TOP présente des limitations de la puissance de sortie en onde entretenue d'autant plus grande que la fréquence augmente. A la limite inférieure de la bande, des puissances de sortie atteignant 2 kW peuvent être obtenues, mais ce chiffre s'effondre à 200 W environ à l'autre extrémité de la bande. Au cours de ces dernières années, des TOP ont été associés en parallèle afin d'augmenter la puissance de sortie disponible sur des largeurs de bande supérieures à l'octave.

Il existe également des amplificateurs à klystrons capables de délivrer des puissances de 20 kW; mais, ces dispositifs présentent des variations brutales de la puissance de sortie en certains points de la bande choisie, bande qu'ils ne couvrent pas, par ailleurs, en totalité.

L'ACC peut fournir des puissances continues de 1 kW en certains points de la bande choisie et des puissances plus faibles en d'autres points; toutefois, la couverture totale en fréquence ou en puissance de la bande choisie s'avère impossible à obtenir.

FACTEUR DE BRUIT

Le facteur de bruit qui nous intéresse est le rapport signal à bruit à l'entrée et celui à la sortie. Cette caractéristique est généralement calculée en dB et donne la contribution propre du tube au bruit total. Il existe une relation entre la puissance de bruit d'un tube, son gain, sa bande passante et son facteur de bruit. Puisque tout système fait appel à un amplificateur de commande, le bruit de celui-ci peut être considéré comme prépondérant dans la puissance de bruit de sortie, les étages suivants jouant le rôle d'amplificateurs purs. Si le gain de l'étage de sortie peut être réduit en coupant ou en retardant le faisceau d'électrons, la puissance de bruit en sortie peut être diminuée de façon substantielle en mode transparent.

Les TOP présentent des facteurs de bruit de l'ordre de 30 dB comparables à ceux des autres dispositifs. Leurs caractéristiques de gain et leur bande passante large vont augmenter leur puissance de bruit; mais si l'on se place du point de vue du bruit par MHz, la caractéristique de bruit est relativement favorable.

Les klystrons ont également des facteurs de bruit voisins de 30 dB. Leur caractéristique de gain et leur bande passante étroite donnent des puissances de bruit inférieures à celle que l'on rencontre avec les TOP; néanmoins, les puissances de bruit par MHz sont comparables.

Les ACC présentent des facteurs de bruit voisins de 60 dB. Leur caractéristique de gain et leur bande passante plus étroite tendent à réduire la puissance de bruit totale. En se plaçant une nouvelle fois du point de vue du bruit par MHz, la puissance de bruit en sortie semble être largement supérieure à celle des TOP ou des klystrons; toutefois, lorsque les gains de ces deux derniers dispositifs sont élevés, ces chiffres deviennent voisins.

On ne peut parler de facteur de bruit pour un magnétron puisqu'il s'agit d'un oscillateur et non d'un amplificateur.

MODULATION

En guerre électronique, l'aptitude pour un tube, à être modulé en tout ou rien est exigée pour le fonctionnement en mode transparent et également pour la réduction de la puissance de bruit en sortie dans ce mode. Une transition non brutale entre les modes « passant » et « bloqué » est souhaitable et plus la vitesse de modulation est élevée, meilleures sont les performances du système. Aussi, est-il préférable de moduler électroniquement le dispositif. C'est pourquoi l'amplificateur de commande peut ou doit être modulé tout comme l'étage de sortie, mais cela n'élimine pas la nécessité d'une modulation de l'étage de sortie.

Les TOP comportent pour la plupart des électrodes à faible courant qui peuvent être utilisées pour la modulation. Alors que l'anode de modulation demande généralement une importante excursion en tension, la grille « masque » et l'électrode de focalisation nécessitent des variations de tension relativement faibles par rapport à la tension de la cathode. L'anode de modulation et la grille « masque » interrompant le faisceau électronique permettent d'obtenir des niveaux d'atténuation de 100 dB. Bien que l'électrode de focalisation du tube ne coupe pas totalement le faisceau d'électrons, elle atténue le signal du même ordre de grandeur que le gain du tube (40 dB).

Le TOP s'avère donc être un dispositif intéressant dans notre cas car il demande des puissances de modulation relativement faibles en mode transparent.

Les klystrons sont des dispositifs souvent modulés par la cathode ce qui signifie que la puissance totale du faisceau doit être commutée afin de moduler l'étage de sortie. Ce type de modulateur est relativement coûteux et encombrant. Si le klystron n'est pas lui-même modulé, le fonctionnement en mode transparent est obtenu en modulant l'entrée ou l'amplificateur de commande, ce qui a pour conséquence d'augmenter la puissance de bruit du système en raison du bruit propre du klystron et de l'amplification des bruits par celui-ci.

Les ACC comportent des grilles à faible courant qui peuvent être utilisées pour la modulation. Leurs performances sont analogues à celles des TOP et par conséquent les ACC constituent une famille de dispositifs intéressante pour le fonctionnement en mode transparent.

Le gain d'un dispositif hyperfréquence de sortie a une large influence sur la constitution du système tout entier. Si le dispositif présente un gain relativement élevé, il ne nécessitera qu'une faible puissance de commande, de ce fait, l'encombrement du système sera diminué et le rendement global amélioré. Des dispositifs présentant un gain élevé ne sont pas actuellement disponibles sur le marché avec les puissances désirées dans la bande de fréquence qui nous intéresse; aussi un compromis doit-il être recherché.

Les gains des TOP sont généralement compris entre 30 et 60 dB, ceux des TOP de grande puissance sont situés dans la partie inférieure et médiane de cette plage de gain. Afin d'obtenir une puissance de sortie de 1 kW (60 dBm), il est nécessaire de disposer d'une puissance d'excitation de 1 W (30 dBm) ou moins. Par ailleurs, les courbes de gain et de puissance ne sont pas plates tout au long de la bande et font apparaître un maximum de gain et de puissance dans la partie médiane de cette bande.

Les klystrons présentent couramment des gains compris entre 40 et 60 dB donc largement supérieurs à ceux des TOP. Naturellement, les klystrons sont accordés pour présenter une puissance de sortie bien déterminée dans une plage particulière de la bande et par conséquent, leur gain se trouve optimisé. Ainsi, un klystron peut délivrer une puissance de sortie du kW en étant excité par une puissance inférieure au W.

Les ACC présentent des valeurs de gain inférieures à celles des TOP ou des klystrons, en général comprises entre 15 et 20 dB. En utilisant la même analyse que précédemment, pour obtenir une puissance de 1 kW en sortie, il sera nécessaire d'appliquer une puissance à l'entrée comprise entre 10 et 32 W (respectivement 40 et 45 dBm). La puissance d'attaque nécessaire, nettement plus élevée que celle demandée par les TOP et les klystrons, a des conséquences défavorables au niveau du tube d'attaque et de l'alimentation.

RENDEMENT

La section haute puissance est celle qui dissipe le plus d'énergie dans tous les équipements radar et de guerre électronique. Puisque le tube hyperfréquence constitue le cœur de cette section, son rendement électrique joue un rôle très important dans la détermination du rendement du système et par conséquent dans le calcul des caractéristiques globales du système.

Il est inutile de préciser qu'un système présentant un rendement élevé et ne répondant pas de manière satisfaisante aux autres spécifications, ne peut s'avérer très intéressant.

D'une manière générale, les TOP présentent des rendements moyens compris entre 20 et 25 %. Ces chiffres ont été obtenus sur une bande relativement large grâce à l'utilisation des techniques de dépression du collecteur. Parallèlement, le fonctionnement en dépression du collecteur simplifie la conception du système et permet l'emploi d'une alimenta-

tion principale non régulée, l'alimentation de la cathode étant du type réglé basse puissance.

Des rendements électriques compris entre 40 et 60 % auxquels il faut ajouter d'autres caractéristiques intéressantes, font du klystron un dispositif de puissance particulièrement adapté aux applications à bande étroite. Comme il faut environ 3 klystrons accordables pour couvrir la même bande de fréquence qu'avec un TOP unique ou deux TOP en parallèle, le rendement électrique du klystron se trouve donc en réalité divisé par un facteur pouvant atteindre trois. Ainsi, sur une octave le rendement d'un klystron se situe guère au-delà de 15 à 20 %.

La valeur élevée du rendement électrique des ACC (40 à 60 %) est voisine de celle obtenue en bande étroite avec un klystron; néanmoins, les ACC fonctionnent dans des bandes plus larges. La valeur intéressante du rendement des ACC est contrebalancée par une caractéristique de gain défavorable qui implique l'utilisation d'un amplificateur de commande de plus forte puissance affectant le rendement global de la chaîne.

TRAITEMENT DES SIGNAUX MULTIPLES

En guerre électronique, un dispositif se trouve souvent avoir à traiter plusieurs signaux différents. Ces signaux diffèrent généralement en amplitude et en fréquence. Tous les dispositifs hyperfréquence présentent des lacunes à ce niveau. Ils peuvent amplifier plusieurs signaux à la fois mais pas d'une manière uniforme. Les TOP et les ACC qui sont des dispositifs à large bande, amplifient d'autant mieux deux signaux que leurs fréquences sont rapprochées. Le klystron, qui ne peut amplifier simultanément deux signaux de fréquences assez distinctes en raison de sa caractéristique de bande étroite, ne convient pas dans ce cas; toutefois, son comportement est analogue à celui des TOP et lorsque les fréquences des signaux sont suffisamment proches. Bien que non parfaits pour le traitement de signaux multiples, tous ces dispositifs sont relativement équivalents.

L'objet de cette étude étant de sélectionner un système de puissance qui incorpore un dispositif à large bande, on constate qu'aucun dispositif hyperfréquence simple ne satisfait à notre cahier des charges.

Les caractéristiques spécifiques de chaque dispositif sont données au Tableau I. La nature des compromis techniques

mis en œuvre dépend essentiellement de l'application finale et du type de compromis désiré.

Par exemple, les klystrons qui sont des dispositifs de grande puissance, à bande étroite, à rendement électrique et à gain élevés doivent être associés en sortie afin de couvrir une bande de fréquence plus large ce qui réduit d'autant plus le rendement électrique global. Ils nécessitent également la présence d'un volumineux modulateur afin d'obtenir le fonctionnement en mode transparent. De plus, le besoin d'un accord mécanique fait que le système réagit plus lentement.

Les ACC peuvent être accordés électriquement sur une octave bien que tout dispositif d'accord complique le système tout entier. Ils peuvent être facilement modulés en mode transparent. Leur puissance de sortie est relativement importante dans les quelques bandes de fréquence lesquelles sont disponibles et leur rendement est assez élevé. Toutefois, compte tenu de leur faible gain, il est nécessaire de disposer de puissance d'attaque plus importante ce qui réduit d'autant le rendement global.

Les magnétrons qui sont des oscillateurs et non des amplificateurs, doivent être accordés de façon continue dans la bande et de nombreux dispositifs sont nécessaires pour couvrir la totalité du spectre de fréquence désiré. Leur emploi est limité aux applications à faible puissance et ils ne constituent pas une famille de dispositifs particulièrement adaptée aux systèmes de guerre électronique.

Les TOP couvrent au moins des bandes de fréquence de l'octave en bande passante instantanée. Ils présentent de bonnes caractéristiques de modulation et leur gain est supérieur à celui des ACC. Leur rendement est satisfaisant et les TOP couvrant la bande de fréquence qui nous intéresse sont disponibles sur le marché.

Au premier abord, les TOP présentent des limitations en puissance sur toute la gamme. Cela est vrai lorsqu'un tube est utilisé seul, mais au cours de ces dernières années des TOP ont été associés en parallèle afin d'obtenir des puissances de sortie plus élevées. Cette mise en parallèle de tubes s'avère plus satisfaisante sur le plan du rendement que l'utilisation de plusieurs tubes de grande puissance.

Il apparaît donc, dès à présent, que cette technique constitue la meilleure approche à notre problème.

L'objet de cette partie est de familiariser le lecteur avec les connaissances de base nécessaires à la compréhension de la

TABLEAU I
Tableau résumé des compromis puissance d'alimentation-types de dispositifs à associer en parallèle.

* Figures n°	25a	25b	25c	25d	25e	25f	Totaux
Fréquence (GHz)	0,7 à 1,46	1 à 2	2 à 4	4 à 8,2	8 à 12,4	12 à 18	
Puissance d'alimentation Po.....	2,2 kW	2,2 kW	2,2 kW	1 kW	1 kW	0,6 kW	
Refroidissement							par circulation forcée d'air
Poids unitaire (kg)	10	10	10	9	9	8,2	
Nombre d'alimentations	2	2	2	4	4	8	= 22
Poids total (kg)	20	20	20	36	36	65	
Volume unitaire (dm ³)	1,16	1,16	1,16	1,04	1,04	0,73	
Volume total (dm ³)	2,32	2,32	2,32	2,08	2,08	1,46	
Prix unitaire par quantités (\$)	12-15 K	12-15 K	12-15 K	20-25 K	20-25 K	28-33 K	= 105-135 K

* Les figures 25a à 25f seront publiées dans la 3^e partie de l'article.

partie technique de cet article en donnant les caractéristiques prévisionnelles et les limitations présentées par l'approche mettant en œuvre des TOP associés en parallèle.

Cette partie comportera :

1° un exemple de conception pour la mise en parallèle de 4 TOP délivrant chacun 1,5 kW en régime impulsionnel, et ayant permis d'obtenir 5 kW en sortie;

2° une description des effets de l'intermodulation et du mélange de signaux de fréquences voisines, effets dont il faut particulièrement tenir compte lors de la mise en parallèle de TOP;

3° les méthodes de suppression de l'harmonique 2 dans les TOP associés en parallèle;

4° le contrôle de la caractéristique de phase des TOP au moyen de système de contre-réaction à boucle ouverte.

EXEMPLE D'ASSOCIATION DE TOP EN PARALLELE

Au cours de ces dernières années, une attention toute particulière a été portée, en matière de développement de tubes hyperfréquence, sur l'augmentation de la puissance de sortie des systèmes présentant des bandes passantes d'une octave ou plus. Tous les efforts ont donc été concentrés vers la mise au point d'un dispositif unique capable de couvrir une bande d'une octave : le TOP à hélice.

TABLEAU II

*État de l'art en matière de TOP à hélice
et à focalisation alternée
(il s'agit de tubes disponibles sur le marché
et non de tubes produits en laboratoire).*

Fréquence (GHz)	Tube à onde entretenue. Puissance continue en sortie (W) *	Tube pour impulsions. Puissance de crête (kW) *
1 à 2	600	2,5
2 à 4	600	2,5
4 à 8	500	2
8 à 16	200	2

* Ces chiffres donnent la puissance minimale sur une octave; les puissances à mi-bande peuvent être à 2 dB au-dessus de celles qui sont données dans ce tableau.

L'état de l'art en matière de TOP est illustré au tableau II. On peut obtenir des puissances de sortie plus élevées en augmentant la tension et le courant anodiques, mais ceci conduit à des instabilités en fréquence. Une manière d'accroître la puissance de sortie sans dégrader la bande passante, consiste à associer en parallèle les puissances de sortie des tubes. L'avantage de cette méthode est que la défaillance d'un des tubes ne conduit pas à la mise hors service de tout le système. Ainsi, lorsqu'un tube tombe en panne dans un système à 4 tubes en parallèle, la baisse de la puissance de sortie n'est que de 2 dB. Il faut cependant tenir compte de deux importants problèmes inhérents à cette méthode : les changements relatifs de phase entre les tubes et la compatibilité des composants.

En évaluant de manière judicieuse les effets des variations de la tension de grille, du déphasage en régime impulsionnel et d'autres facteurs de cette nature, il est possible d'associer

4 tubes délivrant chacun des impulsions de 1,5 kW afin d'obtenir 5 kW en sortie sur l'octave 8-16 GHz des bandes I-J.

Bien que la longueur physique de l'hélice utilisée dans les TOP de puissance soit généralement de 30 à 60 longueurs d'onde (10 000 à 20 000°), il est toujours possible de réduire l'erreur de phase totale à 25°; ce qui aboutit à une réduction de 0,2 dB seulement du rendement de l'association.

Des performances analogues peuvent être obtenues en associant en parallèle des tubes fonctionnant en onde entretenue. Dans l'exemple qui suit, un système de mise en parallèle de 2 tubes de 600 W permettant d'obtenir une puissance de 1 kW dans la bande 5-6,4 GHz est décrit. Les tubes examinés dans ces exemples sont des tubes fonctionnant en monomode; cependant, les principes de mise en œuvre et de conception demeurent valables pour les tubes à deux modes.

CONDITIONS A SATISFAIRE POUR RÉALISER UNE COMBINAISON A FAIBLES PERTES

Les guides d'ondes en « T magique » et les « combineurs hybrides » (CH) ont la faculté de pouvoir combiner avec de très faibles pertes deux signaux HF. Les conditions nécessaires et suffisantes pour assurer un fonctionnement avec de faibles pertes sont les suivantes :

- les deux signaux doivent être à la même fréquence, présenter un rapport de phase approprié et avoir la même amplitude,
- les éléments assurant la combinaison doivent présenter de très faibles pertes d'insertion et être parfaitement adaptés.

Le nombre de tubes à associer dans un système où des « combineurs hybrides » ou bien des « T magiques » sont employés, est une fonction binaire. Le plus petit élément du système comprend deux tubes et peut être utilisé comme module pour la réalisation des systèmes plus puissants. Il est intéressant d'appliquer chacun des critères énumérés plus haut au système à 2 tubes (fig. 1).

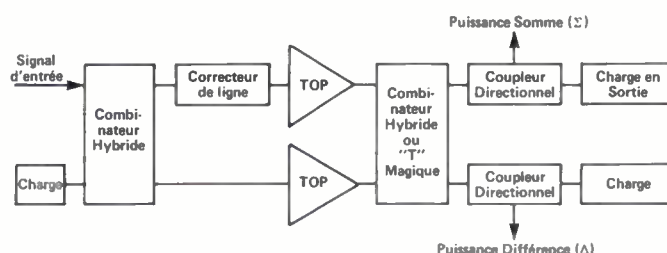


Fig. 1. — L'unité à deux tubes peut être utilisée comme bloc élémentaire pour la construction de systèmes plus importants.

En utilisant une entrée unique et en scindant le signal en deux, grâce à un dispositif courant comme le diviseur de puissance, on obtient deux signaux à la même fréquence. Une caractéristique de transfert indépendante de la fréquence, constitue le critère de choix principal pour un diviseur de puissance.

Les signaux associés doivent présenter un rapport de phase approprié. Pour un « T magique » (fig. 2a), cela signifie

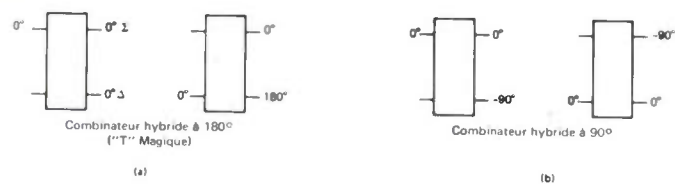


Fig. 2. — L'obtention de faibles pertes de combinaison nécessite l'application de signaux ayant des rapports de phase appropriés aux entrées des combinateurs hybrides.

que les signaux doivent être en phase afin de pouvoir se combiner dans la branche somme (Σ), et être déphasés de 180° afin de pouvoir se combiner dans la branche différence (Δ). Dans les jonctions hybrides à 90° (fig. 2b), lorsque la phase du signal appliqué sur la porte d'entrée du haut est à 90° par rapport au signal appliqué à la porte d'entrée bas arrière, la puissance combinée se retrouve à la porte de sortie du bas. D'une manière analogue, lorsque la phase du signal appliqué à la porte d'entrée bas est à + 90° par rapport au signal de la porte d'entrée du haut, la puissance se retrouve à la porte de sortie du haut.

Pertes d'Association

Les courbes de la figure 3 donnent les pertes d'association en fonction de la différence de phase entre les signaux. On voit sur la courbe qu'un déphasage de 40° conduit à une perte d'association de 0,5 dB. Dans un système réel, ces dispersions de déphasage entre les tubes sont limitées à 25° par l'utilisation d'un simple correcteur de longueur de ligne destiné à égaliser les longueurs électriques entre le diviseur de puissance et le « T magique », pour chacun des canaux. Le correcteur de longueur étant dispositif linéaire, il n'altère pratiquement pas la bande passante.

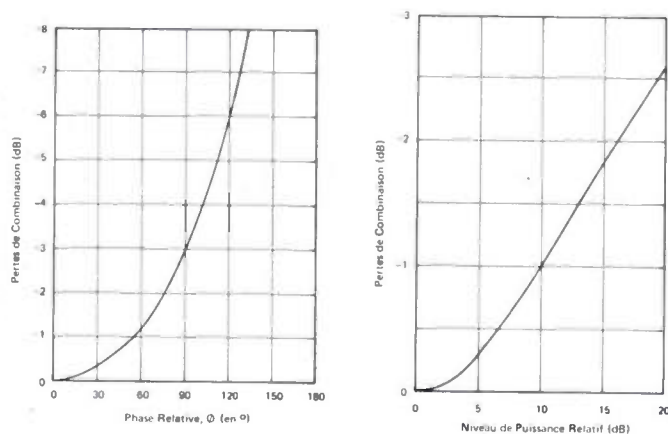


Fig. 3. — Les pertes de combinaison peuvent se produire lorsqu'il y a des différences de phase (fig. 3a) ou des différences d'amplitude (fig. 3b). Les pertes maximales atteignent 3 dB et se produisent lorsque le signal est appliqué sur un seul canal.

Effets d'un Déséquilibre en Amplitude

La figure 3b donne les effets d'un déséquilibre en amplitude sur les pertes d'association. La perte d'association maximale atteint alors 3 dB et se produit lorsque le signal est appliqué sur un seul canal. Dans ce cas, le signal se scinde en deux, la moitié sortant sur la porte somme, l'autre sur la porte différence. Une différence d'amplitude pouvant atteindre 2,5 dB ne provoque qu'une perte d'association de 0,1 dB.

Pertes d'Association en Puissance

La majeure partie des pertes dans les réseaux d'association en puissance, est due aux composants eux-mêmes. Pour le circuit expérimental à 4 tubes délivrant des impulsions dans une bande d'une octave, les pertes moyennes d'association dues aux pertes d'insertion et aux TOS des « T magiques », ont atteint 0,5 dB, tandis que les pertes d'association moyennes dues aux différences de phase et d'amplitude à la sortie des TOP n'ont été que de 0,2 dB. Il est donc important de sélectionner des composants qui soient capables de tenir non seulement des niveaux de puissance crête désirés, mais qui présentent également des caractéristiques de transfert indépendantes de la fréquence. Des « T magiques » à parois d'épaisseur double, et présentant des pertes moyennes d'insertion et de TOS comprises entre 0,3 et 0,4 dB, confèrent des performances intéressantes au système. Bien que les CH à faible puissance s'avèrent suffisants pour diviser la puissance à l'entrée, ils doivent absolument présenter les mêmes performances que les hybrides de haute puissance. Toutefois, et en raison des spécifications en puissance beaucoup moins rigoureuses, ils peuvent être miniaturisés de manière économique, par l'utilisation des techniques microbande.

En dépit d'une sélection soignée des composants, un réglage fin, ou une procédure d'équilibrage de phase s'avère nécessaire afin de réduire les pertes d'association. Durant la procédure d'équilibrage, le signal est contrôlé au niveau du bras Δ du dernier « T magique » (fig. 1). La présence d'un signal de sortie à ce niveau résulte de différences de phase et donne ainsi une indication sur l'équilibrage en phase du système. La clé de la réduction des pertes dues à une différence de phase réside dans la minimisation de la puissance en Δ . La puissance de sortie utile est délivrée au niveau de la porte Σ du réseau final d'association.

Exemples à 4 Tubes

Un système à 4 tubes (fig. 4a) est réalisé à partir de la cellule à 2 tubes précédemment étudiée. Dans le circuit à

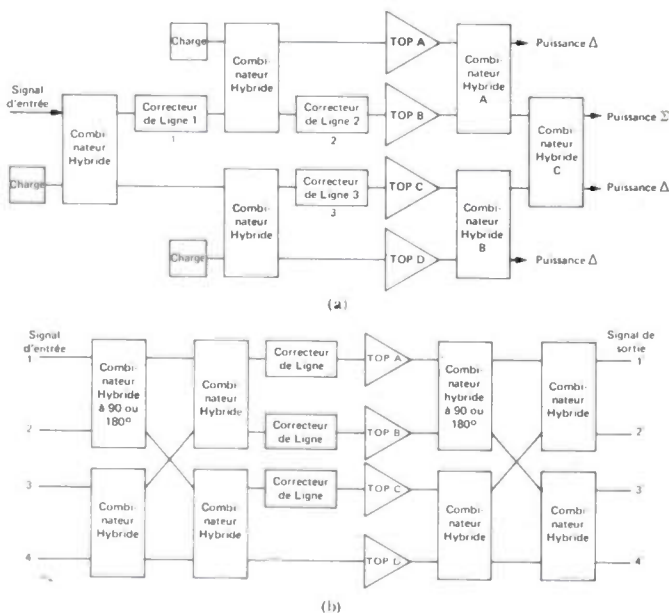


Fig. 4. — Une combinaison de 4 tubes est obtenue en utilisant 2 modules à tubes (fig. 4a). Une autre méthode (fig. 4b) utilise les matrices de Butler et présente l'avantage de permettre la commutation à haute puissance.

4 tubes, les TOP A et B et les hybrides A constituent une unité, les TOP C et D et l'hybride B constituent la seconde unité. Les correcteurs de ligne 2 et 3 assurent la mise en phase appropriée des signaux de puissance respectivement appliqués sur les hybrides A et B. Les puissances de sortie des CH A et B sont associées par CH C. Le correcteur de ligne 1 est réglé de manière à minimiser la puissance provenant du bras du CH C. Lorsque tous les composants sont convenablement réglés, la puissance combinée des 4 TOP est disponible au niveau du bras Σ de l'hybride C. Chaque porte Δ doit comporter une charge à faible TOS capable de supporter la puissance totale d'un TOP.

AUTRE POSSIBILITÉ D'ASSOCIATION DE 4 TUBES

La figure 4b montre un circuit à 4 tubes faisant appel à des matrices de Butler. Ce circuit présente la particularité suivante : lorsqu'un signal est appliqué sur le bras d'entrée 1, 2, 3 ou 4, la puissance combinée des 4 TOP est respectivement disponible sur les bras 1', 2', 3' ou 4'. Les matrices de Butler permettent le raccordement simultané de 4 antennes et la commutation rapide d'antenne, sans avoir à faire appel à des commutateurs de puissance.

ALIMENTATION COMMUNE

Une alimentation de puissance et un modulateur communs peuvent être utilisés lors de la mise en parallèle de tubes. Néanmoins, les tubes choisis pour l'association doivent être adaptés de manière à fonctionner avec les tensions de cathode et de grille conférant les meilleures performances globales au système. Ainsi, le système à 4 tubes décrit plus haut fait appel à des tubes ayant des tensions de cathode comprises entre 11 et 11,3 kV (soit une variation de 2,7 %). Bien qu'un strict contrôle en production s'avère nécessaire afin d'obtenir cette tolérance, le choix de tubes ayant des tensions de cathode voisines revêt une importance particulière.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX DE L'ALIMENTATION DE PUISSANCE

On a fait varier la tension de cathode du système expérimental à 4 tubes de ± 250 V. Les faibles changements relatifs de phase relevés, n'ont pas conduit à des changements d'amplitude importants. Le déphasage dû à la tension de cathode est de l'ordre de $0,6^\circ/\text{V}$ à 8 GHz, et $1,2^\circ/\text{V}$ à

16 GHz. La dispersion de ce paramètre étant très faible et tous les tubes ayant le même déphasage, il n'y a pas de différence dans les pertes d'association.

Les niveaux d'attaque des grilles doivent être déterminés séparément, car il n'est pas possible d'utiliser un couplage direct. On utilise une résistance chutrice placée en série dans les connexions de grille, la tension de grille étant réglée à une valeur supérieure à celle nécessaire pour le fonctionnement d'un tube quelconque. Puisque les tensions de grille sont dérivées de la même source, tous les niveaux de grille sont modifiés de la même valeur. Les résultats expérimentaux montrent que 4 tubes présentant des sensibilités spécifiques de la puissance de sortie par rapport aux variations du niveau de grille comprises entre 0,02 et 0,008 dB/V, peuvent être associés afin d'obtenir un système ayant une sensibilité de 0,04 dB/V à 8 GHz, et 0,05 dB/V à 16,0 GHz.

La 2^e partie de cet article paraîtra dans le n° 1 de 1978 et la 3^e partie dans le n° 2.

RÉSUMÉ (1^{ère} partie)

La première partie de cet article a pour objet l'étude et la réalisation d'une série d'amplificateurs haute fréquence de grande puissance (1 kW) couvrant chacun une octave ou plus dans la bande 0,5-20 GHz et dont la fabrication peut être industrialisée. L'auteur décrit et commente le cahier des charges. Compte tenu des problèmes de conception, de maintenance et des considérations économiques, il s'avère indispensable de faire appel à une seule famille de tubes de puissance. L'auteur analyse en détail les différentes familles de tubes susceptibles de satisfaire globalement au cahier des charges. Il apparaît que seul le tube à ondes progressives à hélice est capable de couvrir la totalité de la bande par bonds d'une octave avec des performances satisfaisantes; toutefois, la puissance délivrée se révèle insuffisante. Aussi, l'auteur propose-t-il d'associer des tubes en parallèle en prenant un certain nombre de précautions; cette solution présente un avantage supplémentaire appréciable car la défaillance d'un des tubes n'aboutit pas à la mise hors service du système. L'auteur examine ensuite les problèmes inhérents à cette méthode.

SUMMARY (Part I)

ECM transmit tubes

by J. CARRUBBA (Varian Associates).

The first section of this paper deals with the design and the construction of broadband RF power amplifier covering the C to J bands (0,5-20 GHz) and the production of which can be assumed. The author comments the specifications of the system. Design, maintenance and economic considerations lead to the use of a unique power tube family. The author investigates different devices. It appears that only the helix type TWT can cover the whole frequency range with one octave bandwidths, but the power is too low and it is necessary to parallel TWT. The advantage of this solution is that the failure of one tube does not end the usefulness of the system. Then the author analyzes the problem of paralleling TWT.

Le bruit électrique : (2^e partie) aspects physiques ⁽¹⁾

FORMATION CONTINUE

L'onde électrique

1977, vol. 57, n° 12

pp. 773-783



par A. CHOVET,

Docteur-Ingénieur,
Maître-Assistant INP Grenoble.

et P. VIKTOROVITCH,

Docteur-ès sciences,
Chargé de Recherche CNRS.

Laboratoire d'Électronique, Groupe
« Physique des Composants Électroni-
ques », ENSERG, Institut National Poly-
technique, 23, rue des Martyrs, 38031
Grenoble-Cedex (tél. (76) 44.99.10).

Nous nous intéressons plus particulièrement dans cette deuxième partie * au bruit dans les solides. Nous présentons tout d'abord les principales méthodes de calcul de la densité

* La 1^{ère} partie : Le bruit électrique : processus aléatoires est parue dans l'Onde électrique 1977, n° 11, p. 699.

spectrale de puissance et de la puissance totale (variance) du bruit. Nous passons ensuite en revue les principaux bruits physiques que l'on rencontre, en particulier dans les semiconducteurs.

PRINCIPAUX SYMBOLES ET NOTATIONS

$N(t)$:	nombre total de porteurs de charge électrique présents dans le milieu considéré à l'instant t .
q :	charge électrique élémentaire.
h :	constante de Planck.
k :	constante de Boltzmann.
T :	température absolue.
ω :	pulsation ($2\pi f$).
m :	masse d'un porteur de charge électrique.
u ou v :	vitesse d'une particule ou d'un porteur.
n, p :	densité volumique d'électrons et de trous dans un semiconducteur.
$\mu(\mu_n, \mu_p)$:	mobilité des porteurs (électrons, trous).
$D(D_n, D_p)$:	coefficient de diffusion (des électrons, des trous).
$\sigma(\sigma_n, \sigma_p)$:	conductivité d'un matériau semiconducteur (de type n , de type p).
τ :	durée de vie des porteurs (sauf indication particulière du § II.2.1.1).
τ_r :	un temps de relaxation d'un système perturbé par rapport à son équilibre.
R :	résistance interélectrodes d'un dispositif.
$\vec{E}, \vec{E} $:	champ électrique.
E :	énergie d'un système.
$f_X(x)$:	densité de probabilité d'une variable aléatoire X .
ΔX :	écart de la grandeur X par rapport à sa valeur moyenne X_0 .
$\Delta X^2, \Delta X^2(t)$:	écart quadratique moyen de la fonction aléatoire (f.a.) $X(t)$, égal à la variance de X si $X(t)$ est ergodique.
$R_X(\theta)$:	autocorrélation de la f.a. $X(t)$.
$S_X(f)$:	densité spectrale de puissance de la f.a. $X(t)$.
S, L :	section et longueur du dispositif considéré.
S :	entropie d'un système.
$I, I(t)$:	courant électrique.
$V, V(t)$:	tension électrique (sauf au § II.1.2.1, où V désigne exclusivement le volume d'un système).

$\delta V, \delta I, \delta N, \delta S$:

fluctuations (en un point, ou entre les extrémités d'un dispositif selon le cas) de tension (ou de volume), de courant, d'un nombre de porteurs, d'une entropie.

$\Delta \tilde{V}$:

tension induite à une extrémité d'un dispositif par une fluctuation ($\delta V, \delta I, \delta N$) se produisant en un point à l'intérieur du dispositif.

Toute grandeur physique présente, même en régime d'équilibre, des fluctuations autour de sa valeur moyenne, qui peuvent être considérées comme un processus aléatoire ; elles seront décrites à l'aide des concepts et définitions présentés dans la première partie [6].

Nous nous intéresserons en particulier au spectre de puissance des fluctuations, pour lequel nous avons signalé [6 § I.1.2.2] que la « largeur » renseigne directement sur le « degré » d'autocorrélation des fluctuations. Cette largeur du spectre est liée à un temps caractéristique, ou temps de relaxation τ_r , qui représente le temps moyen « d'existence » d'une telle fluctuation : ainsi, les valeurs d'une grandeur physique mesurées à deux instants séparés par un intervalle de temps T ne sont corrélées que si le temps T n'est pas trop grand devant τ_r . En d'autres termes, la fonction d'autocorrélation $R(\theta)$ associée à cette grandeur devient négligeable pour $\theta > \tau_r$.

L'existence d'une telle constante de temps signifie, d'autre part, qu'aucune structure physique ne saurait être purement dissipative, c'est-à-dire qu'une perturbation d'une grandeur physique de cette structure, provoquée par exemple par un apport d'énergie, ne saurait disparaître instantanément : autrement dit l'énergie apportée ne peut être dissipée instantanément par la structure qui l'emmagasine pendant un temps moyen τ_r , et présente ainsi toujours un caractère réactif.

(1) Article reçu initialement le 7 mai 1976, et accepté dans sa forme définitive le 23 mai 1977.

II.1. MÉTHODES DE CALCUL DU BRUIT

II.1.1. Densité spectrale de puissance

II.1.1.1. MÉTHODE DE LANGEVIN

Soit X une grandeur physique fluctuant autour de sa valeur moyenne d'équilibre X_0 ; la méthode de Langevin consiste à écrire l'équation différentielle macroscopique à laquelle obéit la grandeur X et à ajouter dans le second membre de cette équation une fonction aléatoire $L(t)$, supposée dotée d'un *spectre blanc* [1, p. 17 et 31] [2, p. 16] [3, p. 280] [4] : cette fonction décrit les *fluctuations* du système, qui peuvent donc être interprétées comme un train poissonnien d'impulsions microscopiques (dues par ex. à la création, à la disparition, à l'échange de particules). Bien que cette technique puisse, légitimement, laisser sceptique, son efficacité a été amplement démontrée.

Dans le cas où la grandeur physique est caractérisée par un temps de relaxation τ_r , l'équation différentielle macroscopique est du premier ordre et l'équation de Langevin s'écrit :

$$\frac{dX}{dt} + \frac{\Delta X}{\tau_r} = L(t) \quad \text{avec} \quad \Delta X = X - X_0; \quad (1)$$

on en déduit (première partie [6, § I.1.3 et § I.2.5]) :

$$S_X(\omega) = \frac{\tau_r^2 S_L(\omega)}{1 + \tau_r^2 \omega^2} = \frac{\tau_r^2 S_L(0)}{1 + \tau_r^2 \omega^2}.$$

On a d'autre part, en ne considérant que les fréquences positives (voir première partie [6, § I.1.2.2 et § I.1.5]) :

$$\overline{\Delta X^2} = \int_0^\infty S_X(f) \cdot df = \frac{S_L(0)\tau_r}{4};$$

Il vient :

$$S_X(\omega) = 4\overline{\Delta X^2} \frac{\tau_r}{1 + \tau_r^2 \omega^2}.$$

Il restera à calculer $\overline{\Delta X^2}$ (la variance de X). A titre d'exemple X peut représenter le nombre total d'électrons libres N dans un barreau de semiconducteur, auquel cas τ_r représente la durée de vie de ces électrons. La densité spectrale de puissance présente donc un plateau en basse fréquence ($\omega \ll 1/\tau_r$) et une décroissance en f^{-2} pour $f \gg 1/2\pi\tau_r = f_c$ (« fréquence de coupure »).

Il n'est malheureusement pas toujours possible de décrire l'évolution temporelle du nombre d'électrons avec une équation différentielle aussi simple que l'équation (1); c'est en particulier le cas lorsque la cinétique des électrons et des trous est régie par la statistique de Shockley-Read (processus de génération-recombinaison) : alors, interviennent plusieurs constantes de temps associées à plusieurs grandeurs fluctuantes (nombre d'électrons, de trous, d'impuretés, ...); l'équation différentielle scalaire (1) est alors remplacée par une équation différentielle tensorielle [3, p. 280] [5, p. 119]; un traitement analogue fait alors apparaître les différentes constantes de temps dans les spectres associés aux diverses grandeurs qui sont d'ailleurs intercorrélées [3, p. 306].

Dans la suite du développement, nous prendrons régulièrement comme exemple de grandeur fluctuante le nombre de porteurs (électrons ou trous) : nous verrons en effet que la fluctuation du nombre de porteurs est à l'origine de certains bruits caractéristiques des matériaux semiconducteurs, en

particulier du bruit de génération-recombinaison (voir § II.2.3).

II.1.1.2. MÉTHODE DES FONCTIONS DE GREEN

Les fluctuations du nombre de porteurs dans un barreau de semiconducteur ne peuvent être en général décrites en faisant appel au seul processus de génération-recombinaison volumique, c'est-à-dire en utilisant seulement l'équation de Langevin.

On doit tenir compte aussi du *transport* des porteurs par conduction ou diffusion : en effet, le nombre de particules dans un élément de volume fluctue aussi en raison de l'échange de particules qui se fait entre cet élément et le reste du matériau. Il faut aussi considérer les *conditions aux limites* de ce matériau (contacts, surfaces).

Dans ces divers cas, la méthode utilisant des fonctions de Green s'est révélée très utile. Elle consiste à diviser le volume du semiconducteur en un grand nombre de volumes élémentaires $i, \dots, j, \dots$: on étudie alors les fluctuations du nombre de porteurs $N_i(t)$ et $N_j(t)$ présents dans ces volumes élémentaires à l'instant t , compte tenu des équations de transport, des recombinaisons en volume et des conditions aux limites (en particulier : recombinaison en surface).

La solution mathématique des équations utilise des fonctions de Green, et a été initialement obtenue, sous sa forme la plus manipulable, par Lax et Mengert [7] et Van Vliet et Fassett [3, p. 322], auxquels on pourra se reporter pour les calculs détaillés.

Nous nous contenterons de signaler ici un des résultats intéressants obtenu par cette méthode et vérifié par l'expérience : les effets de recombinaison en surface font apparaître une infinité de constantes de temps (associées à des *modes propres*), correspondant sur la densité spectrale de puissance du bruit à des fréquences de coupure, qu'on ne mettra en évidence expérimentalement que sur une gamme de fréquences limitée; dans cette gamme le spectre présente une décroissance en $f^{-3/2}$ entre le plateau observable en basse fréquence et la décroissance en f^{-2} apparaissant aux fréquences élevées. Les surfaces jouent un rôle d'autant plus important que leurs vitesses de recombinaison sont plus grandes [8]; avec des vitesses nulles, on retrouverait le spectre caractéristique du volume.

Remarquons que l'on observe, similairement, des *modes propres* sur la décroissance de la photoconductivité d'un barreau semiconducteur, résultant des recombinaisons en surface [9, p. 318], [10, p. 320], [11].

II.1.1.3. MÉTHODE DU CHAMP D'IMPÉDANCE [12]

Si l'on suppose que les phénomènes microscopiques à l'origine du bruit agissent indépendamment dans chaque élément de volume, on peut alors considérer que chaque volume élémentaire contient une source de bruit (de densité spectrale dS) qui est à l'origine d'un signal indépendant de celui créé par les autres sources.

La méthode du champ d'impédance consistera donc à trouver :

1° la densité spectrale (d.s.) en chaque point, d'après les propriétés physiques et statistiques du dispositif étudié;

2° comment chaque signal *élémentaire* de bruit est transmis aux extrémités du dispositif sur lequel on fait la mesure. Si T est la fonction de transfert décrivant l'effet de la fluctuation dS aux extrémités, la densité spectrale de puissance S mesurée sera alors :

$$S = \int_{\text{vol.}} T dS.$$

Méthode de calcul [13] [14] [15].

Dans de très nombreux cas, les fluctuations à l'origine du bruit correspondent à des *fluctuations de vitesse* $\delta \vec{u}$ d'un porteur (fluctuation $\delta \vec{u}$ par rapport à la vitesse moyenne d'entraînement $\vec{u}_0$). Ces fluctuations peuvent être traduites en fluctuations de courants dipolaires : on considère que le mouvement d'un porteur entre deux points voisins distants de $d\vec{r}$ correspond à un courant dipolaire $\Delta I d\vec{r} = q \delta \vec{u}$, soit pour les quantités fluctuantes :

$$\Delta I d\vec{r} = q \delta \vec{u}.$$

Si

- $S_{\delta \vec{u}}(f)$ = d.s. des fluctuations de vitesse d'un porteur,
- $n(\vec{r})$ = concentration moyenne de porteurs en $\vec{r}$.
- les fluctuations dues aux divers porteurs ne sont pas corrélées,

alors pour un élément de volume dU :

$$dS_{\Delta I d\vec{r}}(f) = q^2 S_{\delta \vec{u}}(f) n(\vec{r}) dU.$$

On cherche à exprimer la d.s. $S_{\delta V}(f)$ des fluctuations de tension δV du dispositif (en circuit ouvert).

Pour cela on est amené à définir un *champ d'impédance* de la façon suivante : si, dans le dispositif en circuit ouvert on introduit un *petit* courant $\vec{I}(\vec{r}, \omega) = \vec{I}^0(\vec{r}) \exp(j\omega t)$ entre les points $\vec{r}$ et $\vec{r} + \Delta \vec{r}$ (cf. fig. 1), on va alors induire une tension $\Delta \vec{V}$ à l'extrémité 0 du dispositif et

$$\begin{aligned} \Delta \vec{V}_{I \text{ en } \Delta \vec{r}} &= Z(\vec{r}, \omega) \cdot \vec{I}(\vec{r}, \omega) \\ &= - \overrightarrow{\text{grad } Z}(\vec{r}, \omega) \cdot \Delta \vec{r} \cdot \vec{I}(\vec{r}, \omega) \end{aligned}$$

où $\overrightarrow{\text{grad } Z}(\vec{r}, \omega)$ est le champ d'impédance du dispositif.

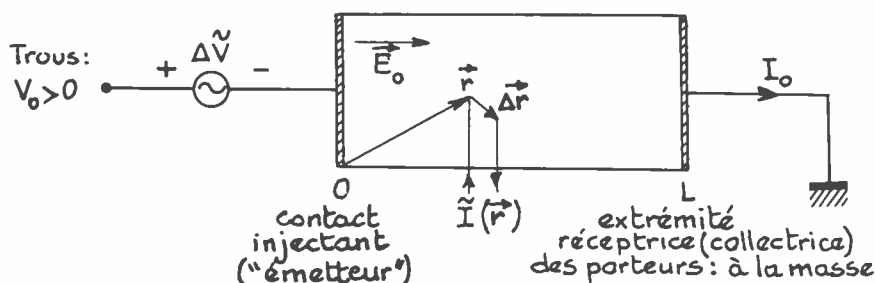


Fig. 1.

Si on introduisait un courant $\vec{I}$ entre une position l et la masse, la tension induite serait :

$$\begin{aligned} \vec{V}_{I \text{ de } l \text{ à } L} &= - \vec{I} \int_l^L \overrightarrow{\text{grad } Z}(\vec{r}, \omega) d\vec{r} \\ &= \vec{I} Z(l, \omega), \quad \text{avec} \quad Z(L, \omega) = 0. \end{aligned}$$

D'autre part, avec les conventions choisies sur la figure, les porteurs se dirigent vers la droite, et donc la tension induite en 0 est égale à la tension $\vec{V}(l)$ développée sur la région (l, L) ; on remarque donc que $Z(l, \omega)$ est aussi l'impédance en l ; l'impédance du dispositif est $Z(\omega) = Z(0, \omega)$.

On obtient alors la d.s. des fluctuations de tension du dispositif en circuit ouvert par (voir première partie [6, § I.1.3]) :

$$S_{\delta V}(f) = \int_{\text{Vol.}} |\overrightarrow{\text{grad } Z}(\vec{r}, f)|^2 dS_{\Delta I d\vec{r}}(f).$$

Soit pour une seule variable spatiale,

$$S_{\delta V}(f) = \int_0^L q^2 \left| \frac{\partial}{\partial x} Z(x, f) \right|^2 S_{\delta u}(f) n(x) dx$$

(dispositif de section $\S$ et de longueur L).

$S_{\delta u}(f)$ s'obtient à l'aide du théorème de Wiener-Khinchine (voir première partie [6, § I.1.2.2 et I.1.5]) :

$$S_{\delta u}(f) = 4 \int_0^\infty \cos 2\pi f \theta R_{\delta u}(\theta) d\theta = 4 D_{\delta u}(f)$$

où $R_{\delta u}(\theta)$ est l'autocorrélation des fluctuations de vitesse que l'on calculera d'après les propriétés physiques du dispositif étudié, de même que le champ d'impédance $\overrightarrow{\text{grad } Z}(\vec{r}, f)$.

Cette méthode, d'utilisation générale, pour tout bruit dont l'origine est une fluctuation de vitesse des porteurs, s'est révélée particulièrement utile et pratique dans l'étude des phénomènes d'injection et des résistances non linéaires [13, 14, 15, 16].

L'équivalence entre les méthodes de Langevin et du champ d'impédance a été analysée et démontrée récemment [17].

II.1.2. Variance

Aussi bien par la méthode des fonctions de Green que par celle de Langevin apparaît la variance (ou valeur quadratique moyenne) du nombre de particules. Nous allons en présenter deux méthodes de calcul.

II.1.2.1. MÉTHODE THERMODYNAMIQUE [3, p. 287] [18, p. 102] [5, p. 122]

Elle est fondée sur la formule d'Einstein qui exprime la distribution de probabilité des écarts (fluctuations) des grandeurs physiques caractérisant un système isolé par rapport à leur valeur moyenne.

Si δS est la variation de l'entropie du système résultant des fluctuations d'une grandeur X ($\delta S < 0$ si la fluctuation s'effectue à partir de l'équilibre thermodynamique), la densité de probabilité s'écrit :

$$f_X(x) \propto \exp \frac{\delta S(x)}{k}; \quad (2)$$

où k est la constante de Boltzmann (le symbole $\propto$ indique une proportionnalité). Développons l'entropie autour de sa valeur d'équilibre jusqu'au deuxième ordre :

$$S = S_0 + (\delta S)_0 + \frac{1}{2} (\delta^2 S)_0.$$

Autour de l'équilibre thermodynamique on a : $(\delta S)_0 = 0$ (entropie maximale) et (2) peut s'écrire :

$$f_X(x) \propto \exp \left[\frac{1}{2k} \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} \Big|_{x_0} \delta x^2 \right]. \quad (3)$$

Prigogine et al. ont pu montrer la validité de la relation (3) autour d'un état de non équilibre dans certains cas particuliers [18, p. 103].

Appliquons la relation (3) au cas simple d'une réaction chimique [19, 20, 21] et en particulier à celle décrivant le processus de génération-recombinaison direct (ou radiatif) des porteurs dans un semiconducteur. La relation de Gibbs nous donne tout d'abord l'expression de la différentielle totale de l'entropie [18, p. 28] d'un système :

$$T\delta S = \delta E + p\delta V - \sum_i \mu_i \delta N_i;$$

δE et δV étant respectivement les variations d'énergie et de volume du système; p est la pression; N_i est le nombre de particules i ; μ_i est le potentiel chimique de l'élément i du système : c'est l'énergie nécessaire pour introduire dans le système (à volume, entropie et N_i constants) une particule i . Si les particules i constituent un « gaz parfait » on peut écrire :

$$\mu_i = \mu_{i_0} + kT \ln N_i \quad (\text{cf. [22, p. 52]});$$

μ_{i_0} ne dépendant que de la température.

On peut considérer que les électrons et les trous constituent, dans un semiconducteur non dégénéré, des gaz parfaits et de la sorte :

$$\begin{aligned} \mu_e &= \mu_{e_0} + kT \ln N, \\ \mu_t &= \mu_{t_0} + kT \ln P, \end{aligned}$$

mais, si on néglige l'influence des niveaux électroniques dans la bande interdite, on a :

$$\delta N = \delta P = N - N_0 = P - P_0;$$

N_0 et P_0 étant les valeurs moyennes d'équilibre de N et P , et

$$T\delta S = \delta E + p\delta V - \delta N(\mu_e + \mu_t - \mu_G);$$

où μ_G est le potentiel chimique d'un atome neutre G du semiconducteur; chaque fois qu'une paire électron-trou est créée, un atome neutre disparaît et on peut écrire : $\delta G = -\delta N$; μ_G peut être considéré comme constant étant donnée la grande densité de G [19]. A l'équilibre on a :

$$A = \mu_e + \mu_t - \mu_G = 0;$$

c'est la loi d'action de masse qui s'écrit encore :

$$N_0 P_0 = \text{Cte.}$$

Ainsi l'accroissement d'entropie résultant de la fluctuation δN autour de l'équilibre s'écrit :

$$\begin{aligned} \delta^2 S \Big|_0 &= \frac{\partial^2 S}{\partial N^2} \Big|_{N_0} (\delta N)^2 = -\frac{1}{T} \left(\frac{\partial A}{\partial \delta N} \right)_{N_0} (\delta N)^2 \\ &= -k \frac{N_0 + P_0}{N_0 P_0} (\delta N)^2 \end{aligned}$$

et

$$f_N(N) \propto \exp \left(-\frac{(\delta N)^2}{2N_0 P_0 / (N_0 + P_0)} \right);$$

on a donc, puisque $\delta N = \delta P$:

$$\overline{\delta N^2} = \overline{\delta P^2} = \overline{\delta N \cdot \delta P} = \frac{N_0 P_0}{N_0 + P_0}$$

(répartition gaussienne).

Si l'influence des niveaux d'énergie situés dans la bande interdite ne peut plus être négligée, alors $\delta N \neq \delta P$ et :

$$\overline{\delta N^2} \neq \overline{\delta P^2} \neq \overline{\delta N \delta P};$$

il est néanmoins aisé de calculer ces quantités en adoptant une démarche analogue. Leur expression est donnée par ailleurs [3, p. 306], [2, p. 20].

Remarque : Notons que la variation d'entropie est toujours exprimée par la somme de produits d'une grandeur *intensive* (c'est-à-dire non additive) par une grandeur *extensive* (c'est-à-dire additive); en effet :

$$T\delta S = C_V \delta T + p\delta V - A\delta N$$

$C_V, \delta V$ et δN sont les grandeurs extensives; $\delta T, p$ et A sont les grandeurs intensives (C_V est le pouvoir calorifique du système à volume et nombre de particules constants).

La méthode thermodynamique peut être étendue à la détermination du spectre des fluctuations (voir à ce propos [3, p. 291]); dans le calcul de la variance par la méthode thermodynamique, nous avons introduit les variables intensives et extensives sans considérer de lien *cinétique* entre elles. La *thermodynamique des processus irréversibles* introduit une telle *connection cinétique* (voir par exemple les relations d'Onsager [5, p. 30] [18, p. 41]). Il est alors possible, en appliquant le théorème de *fluctuation-dissipation* de Callen [23, 5], qui est une généralisation du théorème de Nyquist, de calculer la densité spectrale de puissance des fluctuations.

En résumé, la thermodynamique classique est suffisante pour calculer la variance des fluctuations; la détermination du spectre, qui exige la connaissance de la *cinétique*, fait appel à la thermodynamique des processus irréversibles.

II.1.2.2. L'ÉQUATION FONDAMENTALE DES ÉCHANGES (« MASTER EQUATION »)

Elle est utilisée dans l'étude des fluctuations des nombres de particules appartenant à deux « réservoirs » situés à deux niveaux énergétiques différents et susceptibles d'échanger aléatoirement entre eux des particules [3, p. 270].

A titre d'exemple nous étudierons les fluctuations du nombre d'électrons de la bande de conduction d'un semiconducteur, ces derniers interagissant avec les trous de la bande de valence selon un processus de génération-recombinaison [2, p. 18].

Soit $P(N, t)$ la probabilité de trouver N électrons à l'instant t dans la bande de conduction ; soit encore $g(N) \cdot dt$ la probabilité de génération d'un électron pendant l'intervalle de temps dt (sachant qu'il en existe N dans la bande de conduction) et $r(N) \cdot dt$ la probabilité de recombinaison d'un électron pendant dt (on exclut, comme étant peu probables, les possibilités d'avoir plus d'un électron créés ou recombinaison pendant dt) ; on a alors :

$$P(N, t + dt) \simeq [1 - g(N) dt - r(N) dt] P(N, t) + r(N + 1) P(N + 1, t) dt + g(N - 1) P(N - 1, t) dt,$$

d'où il vient :

$$\frac{dP(N, t)}{dt} = r(N + 1) P(N + 1, t) + g(N - 1) P(N - 1, t) - P(N, t) g(N) - P(N, t) r(N).$$

En régime permanent :

$$\frac{dP(N, t)}{dt} = 0.$$

On en déduit :

$$P(N) = P(0) \frac{\prod_{n=0}^{N-1} g(n)}{\prod_{n=1}^N r(n)}.$$

La valeur moyenne de N correspond au maximum de $P(N)$, c'est-à-dire pour :

$$0 = \frac{d \ln P(N)}{dN} = \frac{\ln P(N + 1) - \ln P(N)}{1} = \ln g(N) - \ln r(N + 1) \quad (4)$$

soit pour $N = N_0$ tel que :

$$g(N_0) \simeq r(N_0) \quad (N_0 \gg 1).$$

On peut maintenant calculer $\overline{(N - N_0)^2}$ en remarquant que l'on peut approcher la fonction $P(N)$ par une loi normale autour de $P(N_0)$, soit :

$$P(N) = P(N_0) \exp \left(- \frac{(N - N_0)^2}{2(N - N_0)^2} \right); \quad (5)$$

de (4) et (5) on déduit :

$$\left. \frac{d^2}{dN^2} \ln P(N) \right|_{N=N_0} = - \frac{1}{(N - N_0)^2} = \frac{g'(N_0) - r'(N_0)}{g(N_0)},$$

g' et r' exprimant les dérivées par rapport à N .

$$\overline{\Delta N^2} = \frac{g(N_0)}{r'(N_0) - g'(N_0)} = \frac{r(N_0)}{r'(N_0) - g'(N_0)}.$$

Dans le cas d'une interaction directe entre les électrons et

les trous dans un semiconducteur, le taux de génération $g(N)$ est indépendant de N alors que $r(N)$ est proportionnel au produit $N \cdot P$, soit :

$$r(N) = \chi \cdot N \cdot P = \chi(N_0 + \Delta N) \cdot (P_0 + \Delta N);$$

d'où :

$$r'(N)_{N=N_0} = \chi(N_0 + P_0);$$

d'où :

$$\overline{\Delta N^2} = \frac{N_0 \cdot P_0}{N_0 + P_0}.$$

Remarques :

1° On peut relier les grandeurs r et g à la durée de vie des électrons ; en effet, l'équation différentielle régissant l'évolution de ΔN s'écrit :

$$\frac{d(\Delta N)}{dt} = - \frac{\Delta N}{\tau} = g(N) - r(N) = - [r'(N_0) - g'(N_0)] \Delta N;$$

d'où :

$$\tau = \frac{1}{r'(N_0) - g'(N_0)};$$

et l'on a :

$$\overline{\Delta N^2} = g(N_0) \cdot \tau.$$

2° La méthode utilisant « l'équation fondamentale » permet aussi de calculer directement la fonction d'autocorrélation de N et de déduire ainsi le spectre de N [3, p. 274].

II.2. LES PRINCIPAUX TYPES DE BRUIT ET LEURS MANIFESTATIONS DANS DIVERS DISPOSITIFS

II.2.1. Bruit de diffusion : bruit thermique (ou bruit Johnson ou bruit de Nyquist)

Au-dessus du zéro absolu, chacun des électrons libres d'un conducteur est soumis en permanence à la multitude des interactions des particules qui l'entourent (interactions du type électron-phonon entre l'électron et les atomes du réseau). Il en résulte pour le mouvement des électrons, des fluctuations aléatoires. Le bruit de diffusion provient des perturbations affectant les trajectoires des porteurs de charge (électrons et trous dans un semiconducteur) et dues aux interactions, aux chocs de ces porteurs avec le réseau. On comprend donc que ce type de bruit existe même en l'absence de tout champ électrique appliqué.

Le temps de relaxation associé à ces fluctuations est le temps moyen entre deux collisions, soit τ_r .

II.2.1.1. UN MODÈLE MICROSCOPIQUE POSSIBLE [24, p. 130]

Il consiste à étudier les fluctuations de la vitesse d'un électron soumis à des chocs avec le réseau. On suppose que la suite des instants t_j des collisions affectant cet électron est poissonnienne de densité $\lambda = 1/\tau_r$; l'intervalle de temps τ aléatoire séparant deux chocs successifs a une densité de probabilité :

$$f_1(t) = \frac{1}{\tau_r} \exp - \frac{t}{\tau_r}$$

(voir première partie [6, § I.1.7.3]) ;

— à chaque choc, la direction du vecteur vitesse, repérée par l'angle Φ qu'elle fait avec la direction d'étude $O\vec{x}$, change aléatoirement avec équiprobabilité sur la sphère, c'est-à-dire que la densité de probabilité $P_\Phi(\varphi)$ associée à Φ est égale à :

$$P_\Phi(\varphi) = \frac{1}{2} \sin \varphi; \quad 0 \leq \varphi < \pi;$$

— à chaque choc, le module de la vitesse V change aussi aléatoirement : sa répartition obéit à la statistique de Boltzmann :

$$P_V(v) \propto \left[\exp \left(-\frac{1/2 mv^2}{kT} \right) \right] \cdot 4\pi v^2;$$

où m est la masse de l'électron.

— *Bruit de diffusion associé à un électron :*

Si la direction de la vitesse d'un électron est repérée par φ à l'instant t , l'intensité de courant instantané $i_e(t)$ correspondant est :

$$i_e = q \frac{v_x}{L} = \frac{1}{L} qv \cos \varphi;$$

q étant la charge de l'électron et L la longueur de l'échantillon étudié.

On peut écrire :

$$I_e(t) = \frac{q}{L} \sum_j H(t - t_j),$$

avec

$$H(t) = \begin{cases} V \cos \Phi & \text{si } 0 < t < \tau \\ 0 & \text{ailleurs.} \end{cases}$$

Or, les modules et directions de la vitesse de l'électron ne sont pas corrélés avant et après un choc quelconque avec le réseau. Ainsi la fonction d'autocorrélation de $I_e(t)$, $R_{I_e}(\theta)$ n'est différente de 0 que si, pendant l'intervalle de temps θ , aucune collision n'a eu lieu.

Ainsi :

$$\begin{aligned} R_{I_e}(\theta) &= \frac{q^2}{L^2} \text{Prob} [\text{aucun choc pendant } \theta] \times \overline{V^2 \cos^2 \Phi}; \\ &= \frac{q^2}{L^2} e^{-|\theta|/\tau} \overline{V^2 \cos^2 \Phi}; \\ &= \frac{q^2}{L^2} e^{-|\theta|/\tau} \overline{V^2} \cdot \overline{\cos^2 \Phi}, \end{aligned}$$

car les variables aléatoires V et Φ sont indépendantes.

Or :

$$\overline{V^2} = \frac{3kT}{m} \quad (\text{équipartition de l'énergie});$$

$$\overline{\cos^2 \Phi} = \frac{1}{2} \int_0^\pi \cos^2 \varphi \sin \varphi d\varphi = \frac{1}{3};$$

$$R_{I_e}(\theta) = \frac{q^2}{L^2} \frac{kT}{m} e^{-|\theta|/\tau}.$$

Il vient :

$$S_{I_e}(\omega) = \frac{q^2}{L^2} \frac{kT}{m} \frac{2\tau_r}{1 + \tau_r^2 \omega^2} \quad (\text{cf. première partie [6, § 1.2.1]});$$

si on ne considère que les fréquences positives :

$$S_{I_e}(\omega) = \frac{4q^2 \tau_r}{m} \cdot \frac{kT}{L^2} \cdot \frac{1}{1 + \tau_r^2 \omega^2}.$$

— *Densité spectrale $S_I(\omega)$ du courant total $I(t)$:*

Pour l'ensemble des $n\delta L$ électrons de l'échantillon de section δ , elle s'écrit :

$$S_I(\omega) = 4kT \cdot \frac{nq^2 \tau_r}{m} \frac{\delta}{L} \frac{1}{1 + \tau_r^2 \omega^2},$$

$$S_I(\omega) = \frac{4kT}{R} \cdot \frac{1}{1 + \tau_r^2 \omega^2},$$

R étant la résistance interélectrode, puisque :

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{\delta}$$

où σ est la conductivité, $\sigma = nq^2 \tau_r / m$.

Le temps de relaxation τ_r , traduisant le caractère non purement dissipatif du système, introduit une fréquence de coupure dans le spectre de l'ordre de $1/\tau_r$.

Le bruit de diffusion présente un spectre blanc pour des fréquences inférieures à $1/\tau_r$ et se confond avec le *bruit thermique* bien connu, ou *bruit de Nyquist*; dans son traitement initial du bruit thermique Nyquist avait négligé l'existence d'un temps de relaxation τ_r et avait raisonné sur des structures purement dissipatives et à l'aide d'un schéma équivalent comportant une ligne de transmission [2, p. 63].

Pour des fréquences inférieures à $1/\tau_r$, les spectres sont identiques et blancs de densité $4kT/R$; la coupure haute du bruit thermique de Nyquist est liée à des considérations quantiques (« catastrophe de l'infrarouge ») non étrangères d'ailleurs à la relation d'incertitude de Heisenberg. Le spectre de Nyquist s'écrit alors :

$$S_I(f) = \frac{4}{R} \frac{hf}{e^{hf/kT} - 1} \simeq \frac{4kT}{R} \quad \text{pour } f \ll \frac{kT}{h}.$$

Le traitement de Nyquist revient aussi à supposer que la température des porteurs et celle du réseau sont identiques, même en présence d'un champ extérieur accélérateur, ce qui est évidemment incorrect : c'est pourquoi la connexion entre le bruit thermique de Nyquist et le bruit de diffusion ne peut se faire à hauts champs (pour lesquels la relation d'Einstein $D = (kT/q)\mu$, reliant le coefficient de diffusion D à la mobilité μ , n'est plus valable [2, p. 66]), comme elle ne peut plus se faire pour des fréquences supérieures à $1/\tau_r$. Le bruit thermique apparaît donc comme un cas particulier du bruit de diffusion.

II.2.1.2. APPLICATION DE LA MÉTHODE DU CHAMP D'IMPÉDANCE (cf. § II.1.1.3)

$D_{\delta u}(f) = \frac{1}{4} S_{\delta u}(f)$ est constante, tout au moins jusqu'aux très hautes fréquences (fluctuations d'origine thermique).

Donc $D_{\delta u}(f) = D_{\delta u}(0)$ qui est par définition la constante D de diffusion des porteurs, avec (relation d'Einstein)

$$D = \mu \frac{kT}{q} \quad (*)$$

Alors :

$$\begin{aligned} S_{\delta v}(f) &= \oint q^2 \int_0^L \left| \frac{\partial}{\partial x} Z(x, f) \right|^2 S_{\delta u}(f) n(x) dx ; \\ &= 4kT \oint \int_0^L \left| \frac{\partial}{\partial x} Z(x) \right|^2 q \mu n(x) dx ; \\ &= 4kT \oint_0^L \left| \frac{\partial}{\partial x} Z(x) \right|^2 \cdot \frac{1}{E_0(x)} \cdot dx. \end{aligned}$$

Pour un échantillon homogène : $n(x) = n_0 = \text{Cte}$,

$$\left| \frac{\partial}{\partial x} Z(x) \right| = \frac{R}{L}; \quad R = \frac{L}{qn_0 \mu \oint}$$

d'où

$$S_{\delta v}(f)_{\text{therm.}} = \overline{e^2}_{\text{th}}(f) = 4kTR.$$

La densité spectrale de puissance du bruit de diffusion peut aussi se calculer à l'aide de la méthode de Langevin associée au théorème de l'équipartition de l'énergie [2, p. 17], [25, p. 32], [26, p. 64]. On peut aussi utiliser la méthode thermodynamique qui s'appuie sur le théorème de fluctuation-dissipation (généralisant le théorème de Nyquist) [3, p. 291], [5, p. 155].

Remarque : Généralisation de la formule de Nyquist.

On montre, de même, que la densité spectrale des fluctuations sur une impédance $Z = R + jX = Y^{-1}$ à l'équilibre thermodynamique et à la température T s'écrit [26, p. 69] :

$$S_E(f) = \overline{E^2}(f) = 4kT \text{Re}(Z) = 4kTR;$$

et

$$S_I(f) = \overline{I^2}(f) = 4kT \text{Re}(Y) = 4kTG,$$

où

$$G = \text{Re}(Y) = \frac{R}{|Z|^2} \neq \frac{1}{R} \quad \text{en général.}$$

Évidemment $\text{Re}(Z)$ et $\text{Re}(Y)$ peuvent dépendre de la fréquence.

II.2.2. Bruit de grenaille (ou « shot noise »)

II.2.2.1. CARACTÉRISTIQUES DU BRUIT DE GRENAILLE

Il se produit dans tous les dispositifs collectant un flux de particules électriques, et est dû à la nature granulaire de

(*) On peut vérifier facilement, partant des relations :

$$D = \mu \frac{kT}{q}, \quad \mu = \frac{q\tau_r}{m}, \quad \frac{1}{2} m \overline{V_x^2} = \frac{1}{2} kT,$$

que :

$$\begin{aligned} D &= \tau_r \overline{V_x^2} = D_{\delta u_{\text{th}}}(0) = \int_0^\infty R_{\delta u_{\text{th}}}(\theta) d\theta \\ &= \int_0^\infty E[\delta u_{\text{th}}(t) \cdot \delta u_{\text{th}}(t - \theta)] d\theta = \overline{V_x^2} \cdot \tau_r. \end{aligned}$$

l'électricité : c'est-à-dire qu'un courant I ne doit pas être considéré comme un flux uniforme, mais comme la composition d'un grand nombre d'impulsions élémentaires. Soit $[t_j]$ la suite aléatoire que forment les instants où les électrons quittent l'électrode d'injection : il est raisonnable de penser que, en régime permanent, cette suite est poissonnienne et de densité uniforme λ ; si on néglige l'influence du temps de transit entre électrodes d'injection et de collection, le courant instantané peut s'écrire sous la forme d'une somme d'impulsions de Dirac de poids q :

$$I(t) = q \sum_j \delta(t - t_j).$$

On en déduit la valeur moyenne et le spectre de puissance de $I(t)$ (voir première partie [6, § 1.2.4]) :

$$\overline{I(t)} = I_0 = \lambda q,$$

$$S_I(f) = \lambda^2 q^2 \delta(f) + 2\lambda q^2 = I_0^2 \delta(f) + 2qI_0$$

(en ne prenant que les fréquences positives); outre la composante continue ($f = 0$), le spectre du courant est blanc.

Mais la « blancheur » du spectre disparaît dès qu'on ne peut plus négliger le temps de transit des électrons τ_t , c'est-à-dire pour des fréquences supérieures à $1/\tau_t$: τ_t est aussi un « temps de relaxation » jouant le même rôle que le temps de relaxation τ_r des porteurs dans un solide (temps moyen entre deux chocs).

Le spectre prend alors la forme suivante, abstraction faite de la composante continue (voir première partie [6, § 1.2.1 et 1.2.5]) :

$$S_I(f) = 2qI_0 \left[\frac{\sin \pi f \tau_t}{\pi f \tau_t} \right]^2 \sim 2qI_0 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\tau_t^2 \omega^2}{12}}$$

et présente une coupure pour $\omega \simeq 3,5/\tau_t$.

Bien entendu, le bruit de grenaille n'a de réalité que dans la mesure où les porteurs injectés par une électrode sont effectivement collectés par l'autre électrode sans avoir subi de chocs : il y a nécessité de corrélation entre les instants d'arrivée et ceux de départ. Si l'espace interélectrode est un solide, le bruit de grenaille ne sera mesuré que si $\tau_r > \tau_t$.

L'effet de grenaille est « adouci » par les chocs avec le réseau ; si on suppose donc que seuls les électrons collectés sans avoir subi de chocs avec le réseau donnent bien lieu à un bruit de grenaille pur, on peut écrire :

$$S_I(f) = 2qI_0 e^{-\frac{f}{\tau_r}} \quad [24, \text{p. 130}],$$

$e^{-\frac{f}{\tau_r}}$ étant la probabilité pour qu'un électron franchisse l'espace interélectrode sans choc.

Signalons que la méthode des fonctions de Green permet de déterminer aussi le spectre du bruit de grenaille [3, p. 342].

II.2.2.2. BRUIT DE GRENAILLE DANS LES DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES [1] [2] [27] [28]

Ce type de bruit a d'abord été mis en évidence dans les tubes à vide [25]. Il apparaît aussi dans les dispositifs

« solides » à semiconducteur lorsque les porteurs de charge passent à travers une barrière de potentiel. C'est le cas en particulier de la jonction $p-n$, de la diode métal-semiconducteur, et du transistor bipolaire.

a) Jonction $p-n$

Le courant dans une jonction $p-n$ consiste en l'injection de porteurs minoritaires dans le volume puis en leur diffusion et recombinaison.

Une première façon de décrire le bruit sera donc d'introduire des sources de bruit de grenaille dû à la diffusion et à la génération et recombinaison des porteurs minoritaires : c'est « l'approche collective » [2, p. 176].

Mais on peut considérer aussi que le bruit provient du passage (émission) des porteurs à travers la barrière de potentiel et, puisque ce phénomène est constitué d'une suite d'événements aléatoires, on le décrira directement comme donnant un bruit de grenaille : c'est « l'approche corpusculaire ».

On peut montrer que les deux approches sont équivalentes [2, p. 176], [28].

Nous indiquerons simplement et rapidement le calcul par l'approche corpusculaire.

Si $\sigma_p \gg \sigma_n$, presque tout le courant est transporté par les trous, dont on distingue trois types (fig. 2) :

1° trous injectés dans la région n , s'y recombinant ou allant au contact ohmique ; courant $I_1 \propto \exp qV/kT$;

2° trous créés dans la région n et collectés par la région p ; courant $I_2 = -I_0 \simeq \text{Cte}$;

3° trous injectés dans la région n et retournant dans la région p avant recombinaison ou collection par le contact ; pas de contribution au courant, mais ces trous ont une influence sur la conductance HF de la diode.

On a, puisque pour $V = 0$, $I = 0$:

$$I = I_1 + I_2 = I_0 \left(\exp \frac{qV}{kT} - 1 \right).$$

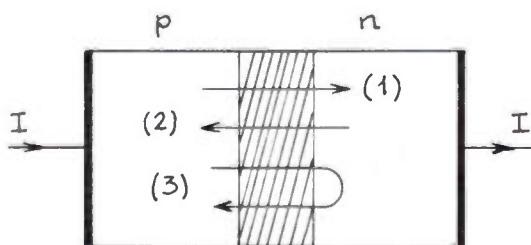


Fig. 2.

D'autre part, la conductance BF de la diode est :

$$g_{BF} = \frac{\partial I}{\partial V} = \frac{q}{kT} (I + I_0).$$

A chaque courant I_1 et I_2 peut être associé un bruit de grenaille (franchissement de la barrière) ; donc

$$\begin{aligned} S_i(f) &= 2q[I_0 + (I + I_0)] = 2q(I + 2I_0); \\ &= 2kTg_{BF} \frac{I + 2I_0}{I + I_0}. \end{aligned}$$

En HF, l'admittance $Y = g_{BF} + jb$ devient complexe [29], [2, p. 92] ; on montre alors que le bruit HF est :

$$S_i(f) = 2q(I + 2I_0) + 4kT(g_{HF} - g_{BF}).$$

Remarque. — Pour le bruit total de la diode, il faut aussi tenir compte du bruit thermique des résistances des contacts et du volume.

b) Diode métal-semiconducteur

Le courant est constitué de deux groupes d'électrons (fig. 3) :

1° ceux qui vont du métal au semiconducteur et qui doivent franchir une barrière de potentiel de hauteur $E_0 \simeq \text{Cte}$, d'où un courant $I_1 = -I_0 \simeq \text{Cte}$.

2° ceux qui vont du semiconducteur vers le métal, créant un courant I_2 proportionnel à $\exp \frac{qV}{kT}$.

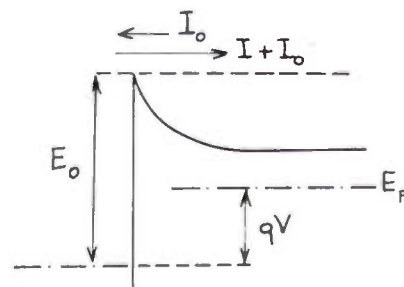


Fig. 3.

Le courant total est I :

$$I = I_1 + I_2 = -I_0 + I_0 \exp \frac{qV}{kT}.$$

D'où le bruit BF :

$$S_i(f) = 2q(I + 2I_0).$$

Conductance BF de la diode :

$$g = \frac{\partial I}{\partial V} = \frac{q}{kT} (I + I_0)$$

d'où

$$S_i(f) = 2kTg \frac{I + 2I_0}{I + I_0}.$$

c) Transistors bipolaires

Les diverses sources de bruit de grenaille peuvent être déterminées selon une démarche analogue à celle mise en œuvre pour la jonction $p-n$ [2, p. 93].

II.2.3. Bruit de génération-recombinaison (bruit G.R.)

Il provient des fluctuations spontanées des taux de création, de recombinaison et de piégeage des porteurs, entraînant des fluctuations de densité des porteurs libres.

A chaque instant t , le courant total $I(t)$ et le nombre total

des porteurs $N(t)$ et $P(t)$ dans le barreau sont liés par :

$$I(t) = q|\vec{E}|L^{-1}[\mu_n N(t) + \mu_p P(t)],$$

d'où la relation entre les densités spectrales des diverses grandeurs aléatoires, les fluctuations du courant étant directement liées à celles des nombres de porteurs :

$$S_I(f) = \overline{I^2}(f) = [I_0/(bN_0 + P_0)]^2 [b^2 S_{nn}(f) + S_{pp}(f) + 2bS_{np}(f)],$$

où I_0 , N_0 et P_0 sont les valeurs moyennes de $I(t)$, $N(t)$ et $P(t)$, $b = \mu_n/\mu_p$ et $S_{np}(f)$ la densité spectrale d'intercorrélation électron-trou.

Pour obtenir $S_I(f)$, il suffit donc de calculer $S_{nn}(f)$, $S_{pp}(f)$ et $S_{np}(f)$. Il existe plusieurs méthodes de calcul : la méthode de Langevin (§ II.1.1.1), la méthode thermodynamique (§ II.1.2.1), la méthode de l'équation fondamentale décrite au § II.1.2.2 ; en outre, la méthode des fonctions de Green (§ II.1.1.2) permet de prendre en compte les effets liés au transport des porteurs. A titre d'exemple, si on néglige l'influence des niveaux électroniques de la bande interdite (en supposant leur taux d'occupation invariant) et celle des surfaces :

$$\Delta N = \Delta P \quad \text{et} \quad S_{nn} = S_{pp} = S_{np};$$

$$S_{nn}(f) = 4\overline{\Delta N^2} \frac{\tau}{1 + \tau^2 \omega^2}; \quad (\text{voir § II.1.1.1})$$

avec :

$$\overline{\Delta N^2} = \frac{N_0 P_0}{N_0 + P_0}; \quad (\text{voir § II.1.2.1})$$

d'où :

$$S_I(f) = 4I_0^2 \frac{(b+1)^2}{(bN_0 + P_0)^2} \frac{N_0 P_0}{N_0 + P_0} \frac{\tau}{1 + \tau^2 \omega^2}.$$

Le bruit G.R. est donc proportionnel au carré du courant de polarisation du matériau semiconducteur. La mesure de la fréquence de coupure du spectre $S_I(f)$ permet de déduire la durée de vie effective des porteurs.

Rappelons cependant que l'influence des surfaces comme celle des centres dans la bande interdite (s'ils participent au processus de génération-recombinaison décrits par la statistique de Shockley-Read) introduisent plusieurs constantes de temps dans le spectre $S_I(f)$ (voir § II.1.1.1 et § II.1.1.2).

II.2.4. Bruits de modulation

II.2.4.1. BRUIT DE SCINTILLEMENT (OU BRUIT EN $1/f$ OU « FLICKER NOISE »)

Il se manifeste dans pratiquement tous les dispositifs conducteurs (tubes à vide, résistances au carbone ou à couches minces, matériaux semiconducteurs, transistors MOS, poudres métalliques [30], solutions électrolytiques [31], membranes nerveuses [32], etc...). Ce bruit [33, 46a] dont le spectre varie en raison inverse de la fréquence, se rencontre surtout dans le domaine des basses fréquences. Dans le cas des semiconducteurs, il dépend considérablement du milieu ambiant, ce qui pourrait indiquer que les phénomènes de surface sont à l'origine de ce

bruit. La dépendance de ce bruit avec le courant est, souvent, en I_0^2 .

Il faut toutefois noter que la puissance totale d'un signal physique stationnaire est nécessairement finie (voir première partie [6, § I.1.2]), ce qui implique que la densité spectrale de puissance du bruit ne peut demeurer en $1/f$ jusqu'à la fréquence « zéro ».

Ainsi s'est développée tout récemment dans la littérature une controverse sur l'idée que le bruit en $1/f$ serait en réalité la manifestation d'un phénomène non stationnaire : Tandon et Bilger [34], s'appuyant sur des expériences mettant en évidence le bruit en $1/f$ jusqu'à des fréquences inférieures à 10^{-6} Hz (dans les systèmes les plus divers, tel par exemple le diabétique dont on mesure le taux d'insuline !) prétendent que ce bruit est caractéristique d'un processus non stationnaire. Les bases d'une analyse de phénomènes aléatoires non stationnaires susceptibles de présenter un spectre en $1/f$ ont d'ailleurs été déjà fournies par Mandelbrot [35] et Tunaley [36b], lequel signale aussi quelques processus physiques pouvant correspondre aux modèles mathématiques [36].

Les modèles de bruit en $1/f$ que nous allons maintenant présenter concernent des fluctuations stationnaires, ce qui implique que la variation en $1/f$ ne peut subsister jusqu'à la fréquence zéro.

— Modèle de Mc Whorter [37] :

C'est le modèle le plus généralement admis ; le bruit en $1/f$ proviendrait du piégeage des porteurs en surface, le spectre étant le résultat de la superposition de spectres de bruit de type G.R., dont les constantes de temps associées sont distribuées selon une loi particulière.

Ainsi, les mêmes pièges en surface qui contribuent à la dépendance de l'effet de champ avec la fréquence participent aussi au bruit en $1/f$. Deux conséquences de ce piégeage des porteurs apparaissent :

a) il produit un changement direct dans le nombre total des porteurs présents dans le matériau ;

b) il produit un changement indirect de ce nombre total : l'occupation variable des pièges en surface influe sur la génération des porteurs minoritaires dans les centres de recombinaison rapides situés près de la surface, aussi longtemps que le changement, par rapport à l'état initial, dans l'occupation des pièges en surface existe : on assiste à une modulation du taux de recombinaison des centres de recombinaison.

Si δN est la variation du nombre N_0 de porteurs libres dans une petite surface située autour d'un piège de constante τ_p , on a :

$$S_{\delta N}(f) \propto \frac{\tau_p}{1 + \tau_p^2 \omega^2}.$$

Si on considère toutes les constantes de temps possibles, et si on suppose [2, p. 107] que leur fonction de distribution $g(\tau_p)$ est telle que :

$$g(\tau_p) d\tau_p = \frac{d\tau_p/\tau_p}{\ln(\tau_{p1}/\tau_{p2})} \quad \text{pour} \quad \tau_{p1} < \tau_p < \tau_{p2}$$

et nulle ailleurs (*), alors :

$$S_{\delta N}(f) \propto \int_0^\infty \frac{\tau_p}{1 + \tau_p^2 \omega^2} g(\tau_p) d\tau_p$$

$$\propto \frac{1}{2\pi f \ln \frac{\tau_{p2}}{\tau_{p1}}} [\arctg 2\pi f \tau_{p2} - \arctg 2\pi f \tau_{p1}]$$

$$\propto \frac{1}{4f \ln \frac{\tau_{p2}}{\tau_{p1}}} \text{ pour } 2\pi f \tau_{p1} \ll 1 \ll 2\pi f \tau_{p2}.$$

Ce calcul simplifié se rapporte au mécanisme a) évoqué précédemment.

— *Approche empirique de Hooge* [38] :

Hooge a été le premier auteur à prétendre que le bruit en $1/f$ est lié à des effets de volume. Il a établi la relation empirique suivante :

$$S_N(f)/(\bar{V})^2 = \alpha/N_c f$$

où N_c est le nombre total de porteurs dans l'échantillon, α est un coefficient universel ($\alpha \simeq 2 \cdot 10^{-3}$ u.M.K.S.A.). Cette relation a été reprise par Vandamme dans le but d'interpréter le bruit en $1/f$ observé dans les contacts métal-semiconducteurs [39].

— *Le bruit en $1/f$ dans les systèmes en équilibre et hors d'équilibre* :

Handel [40] a développé récemment une théorie quantique du bruit en $1/f$ basée sur l'effet bremsstrahlung (émission de photons au cours des collisions des porteurs avec le réseau) et des phénomènes de turbulence : cette théorie s'applique aux systèmes hors d'équilibre, c'est-à-dire soumis à des forces extérieures (par exemple application d'un champ électrique extérieur). Par contre, Voss et Clarke pensent que le bruit en $1/f$ peut exister dans des systèmes à l'équilibre [41] ; leur argumentation est étayée par des mesures de bruit en $1/f$ effectuées sur des films minces métalliques et corrélées avec les fluctuations thermiques de ces films autour de l'équilibre ; ils ont pu aussi mesurer des fluctuations de résistances de type $1/f$, sur des échantillons semiconducteurs dans des conditions d'équilibre, c'est-à-dire en l'absence de courant extérieur (ces mesures consistent à analyser les fluctuations du bruit thermique de l'échantillon).

Remarque. — *Le bruit en $1/f$ dans le transistor MOS.*

Les fluctuations du courant drain-source I_d du transistor MOS [42] présentent systématiquement un spectre du type $1/f$ en BF. On fait généralement appel au modèle de Mc Whorter pour expliquer le bruit observé dans ce dispositif [43] ; les fluctuations du courant drain-source résultent de celles du nombre de porteurs du canal, dues elles-mêmes au piégeage de ces porteurs dans les états électroniques situés à l'interface $\text{SiO}_2 - \text{Si}$ et répartis dans la silice. La fonction de distribution des constantes de temps conduisant au bruit en $1/f$ correspond à une répartition uniforme des

pièges dans la silice, le transit des charges entre le canal et les pièges s'effectuant par effet tunnel [44, 45].

Les densités spectrales des fluctuations correspondantes du courant I_d sont calculées par la méthode de Langevin, associée aux équations décrivant l'effet physique de modulation locale de la conductance du canal, c'est-à-dire, au point x du canal :

$$I_d = g(V_{xs}) \cdot \frac{dV_{xs}}{dx},$$

V_{xs} étant la ddp entre x et la source S .

Il existe en outre d'autres sources de bruit dans les MOS, principalement (voir [2, p. 69], [28], [46b]) :

- Sur I drain : bruit thermique, bruit G.R. dans le canal.
- Sur la grille : bruit induit par effet capacitif en HF (partiellement corrélé avec le bruit sur I_d).

II.2.4.2. BRUIT EN CRÉNEAUX (« POP-CORN, BISTABLE OU BURST NOISE »)

On l'observe principalement dans les dispositifs à jonctions (diodes, transistors, amplis intégrés) mais aussi dans des matériaux fractionnés (poudres métalliques [30]).

Il possède les propriétés suivantes :

- pour un élément donné, il peut apparaître et disparaître de façon tout à fait sporadique ;
- pour une série d'éléments semiconducteurs donnés, issus d'une même production, il n'apparaît que pour certains d'entre eux.

Le bruit en créneaux se traduit par la superposition au courant (déjà) bruyant parcourant l'échantillon, de créneaux de courant à flancs très raides. Ces créneaux proviennent de sauts rapides du courant entre le niveau de référence en l'absence de ce bruit et un ou plusieurs autres niveaux de courant. L'amplitude de ces créneaux est de l'ordre de quelques dizaines de nA à quelques centaines de μA ; leur durée est aléatoire et peut varier de quelques μs jusqu'à plusieurs minutes. Les instants d'apparition sont aussi aléatoires. On peut donc, en première approximation, considérer que la densité spectrale d'un tel bruit est analogue à celle d'un signal télégraphique aléatoire [47, p. 77], soit :

$$S_I(f) \sim \frac{\lambda I_m^2}{\lambda^2 + \pi^2 f^2};$$

(λ est la fréquence moyenne des créneaux : cf. première partie [6, § I.1.7] ; $I_m = \Delta I/2$).

Pour plus de détails sur ce bruit, on pourra consulter les travaux menés à Toulouse, par exemple ceux de Blasquez [48].

Signalons que pour les dispositifs à jonction, on est en général amené à distinguer deux types de bruit en créneaux [49] :

- un bruit pour lequel l'amplitude des créneaux ne dépasse pas quelques dizaines de μA et dont la largeur des impulsions est supérieure à quelques dizaines de μs .
- un bruit dit de « microplasma » (dans des régions où il peut exister des champs locaux intenses), dont l'amplitude

(*) Une telle distribution peut être attribuée soit à un processus d'effet tunnel à travers une barrière située entre le piège et la surface du semiconducteur, soit à l'existence d'une énergie d'excitation nécessaire au passage des porteurs du piège à niveau énergétique profond dans la bande de conduction (ou de valence) [2, p. 107].

peut atteindre quelques centaines de μA ; la durée des créneaux est brève ($< 10 \mu\text{s}$).

Le premier type de bruit en créneaux est lié à la présence de défauts et/ou de dislocations ou précipités métalliques dans (ou au voisinage de) la région de charge d'espace (et souvent près de la surface des dispositifs) [49, 50]. Une fluctuation du remplissage des pièges ou des centres de recombinaison au voisinage des défauts provoque le bruit par modulation de la hauteur de la barrière de potentiel du défaut.

Physiquement, le bruit du microplasma est la combinaison d'un claquage (avalanche) local (au voisinage d'un défaut) et d'un effet capacitif : il apparaît seulement quand la diode est polarisée (en inverse) au voisinage de sa tension de claquage.

RÉSUMÉ

Nous présentons tout d'abord les principales méthodes de calcul de la densité spectrale de puissance et de la puissance totale (variance) du bruit. Nous passons ensuite en revue les principaux bruits physiques que l'on rencontre, en particulier dans les semiconducteurs.

SUMMARY

Electrical noise. II : physical aspects,

by A. CHOVET and P. VIKTOROVITCH.

In this second paper, we consider noise in solids. First, different methods for noise calculations (i.e. power spectrum and total power, or « variance ») are presented. Then physical noises, especially those encountered in semiconductors, are reviewed.

Bibliographie

Ouvrages fondamentaux

- [1] VAN DER ZIEL A. — *Fluctuation phenomena in semiconductors*. Butterworths, London, 1959.
- [2] VAN DER ZIEL A. — *Noise : Sources, characterization, measurement*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1970.
- [3] BURGESS R. E., Ed. — *Fluctuation phenomena in Solids*. Academic Press, New York, London, 1965.

Références

- [4] MAC DONALD D. K. C. — *Noise and fluctuations : an introduction*. Wiley, New York, London, 1962.
- [5] DE GROOT S. R. et MAZUR P. — *Non equilibrium thermodynamics*. North Holl. Publ. Co., Amsterdam, London, 1969.
- [6] CHOVET A. et VIKTOROVITCH P. — *L'onde électrique*, 57, 1977, p. 699 (1^{re} partie).
- [7] LAX M. et MENGERT P. — *J. Phys. Chem. Solids*, 1960, 14, 248.
- [8] DILMI T. — *Rapport DEA, INP Grenoble*, 1976.
- [9] SHOCKLEY W. — *Electrons and holes in semiconductors*. Van Nostrand Co., Princeton, 1950.
- [10] VAPAILLE A. — *Physique des dispositifs à semiconducteurs : Électronique du Silicium homogène*. Masson et Cie, Paris, 1970.

- [11] CHOVET A. — *Thèse Docteur-Ingénieur*, U.S.M. Grenoble, 1972.
- [12] SHOCKLEY W., COPELAND J. A. and JAMES R. P. — *Quantum theory of atoms, molecules and the solid state*. Ed. P.O. Lowdin, Academic Press, New York, 1966, p. 537.
- [13] RIGAUD A. et SAVELLI M. — *Proc. 2nd Int. Conf. sur « Le bruit de fond des composants actifs semiconducteurs »*. Toulouse, 1971, p. 277, Ed. du CNRS, 1972.
- [14] RIGAUD A., NICOLET M. A. et SAVELLI M. — *Phys. St. Sol.*, 1973, a18, 531.
- [15] VAN VLIET K. M., FRIEDMANN A., ZIJLSTRA R. J. J., GISOLF A., VAN DER ZIEL A. — *J. Appl. Phys.*, 1975, 46, 1804 et 1814.
- [16] VAN DER ZIEL A. — *Sol. State Electronics*, 1973, 16, 751.
- [17] THORNBUR K. K., Mc GILL T. C. et NICOLET M. A. — *Sol. St. Electr.*, 1974, 17, 107 et 587.
- [18] GLANDSDORFF P. et PRIGOGINE I. — *Structure, Stabilité et fluctuations*. Masson et Cie, Paris, 1971.
- [19] VIKTOROVITCH P. et KAMARINOS G. — *J. Chem. Phys.*, 1975, 62, 1532.
- [20] KAMARINOS G. — *Thèse d'État*, U.S.M. et I.N.P., Grenoble, 1974.
- [21] VIKTOROVITCH P. — *Thèse d'État*, I.N.P., Grenoble, 1975.
- [22] EMSCHWILLER E. — *Chimie et Thermodynamique*. Armand Colin, Paris, 1962.
- [23] CALLEN H. — *Non-Equilibrium thermodynamics variational techniques and stability*. University of Chicago Press, Chicago, London, 1965.
- [24] PISTOULET B. et SAVELLI M. — *Physique des dispositifs électroniques*, Ch. 9. Dunod, Paris, 1969.
- [25] GRIVET P. et BLAQUIÈRE A. — *Le bruit de fond*. Masson, Paris, 1958.
- [26] PICINBONO B. — *Introduction à l'étude des phénomènes aléatoires*. Dunod, Paris, 1969.
- [27] VAN DER ZIEL A. — *Proc. IRE*, 1958, 46, 1019.
- [28] VAN DER ZIEL A. — a) *Proc. I.E.E.E.*, 1970, 58, 1178; b) *Proc. 4th Int. Conf. on Physical Aspects of noise in Solid-state Devices*, Noordwijkerhout, Holland, 1975, *Physica*, 1976, 83 B + C, 41.
- [29] VAN DER ZIEL A. et BECKING A. G. Th. — *Proc. I.R.E.*, 1958, 46, 589.
- [30] KAMARINOS G., VIKTOROVITCH P., CHOVET A. and BUYLE-BODIN M. — *4th Int. Conf. on Physical Aspects of Noise in Solid State Devices*, Noordwijkerhout, Holland, Sept. 1975, *Contributed Papers*, p. 77.
- [31] HOOGE F. N. et GAAL J. L. M. — *Philips Res. Rep.*, 1971, 26, 77.
- [32] VERVEEN A. A. et DERKSEN H. E. — *Proc. I.E.E.E.*, 1968, 56, 906.
- [33] HOOGE F. N. — *Proc. 4th Int. Conf. on Physical Aspects of Noise in Solid State Devices*, Noordwijkerhout, 1975, *Physica*, 1976, 83 B + C, 14.
- [34] TANDON J. L. et BILGER H. R. — *J. Appl. Phys.*, 1976, 47, 1697.
- [35] MANDELROT B. — *I.E.E.E. Trans. on Information theory*, 1967, I.T.13, 289.
- [36] TUNALEY J. K. E. — a) *J. Appl. Phys.*, 1972, 43, 3851; b) *J. Appl. Phys.*, 1972, 43, 4777; c) *J. Appl. Phys.*, 1972, 43, 4783; d) *J. Appl. Phys.*, 1974, 45, 482.
- [37] a) MAC WHORTER A. L. — *1/f noise and related surface effects in germanium*. M.I.T. Lincoln Lab. Rept. n 80 (mai 1955); b) KINGSTON R. H. et MAC WHORTER A. L. — *Phys. Rev.*, 1956, 103, 534; c) MAC WHORTER A. L. — in : *Semiconductor surface Physics*, Ed. R. H. Kingston, Univ. Pennsylvania Press, Philadelphia, 1957, p. 207.
- [38] HOOGE F. N. — *Physica*, 1972, 60, 130.
- [39] a) VANDAMME L. K. J. et TIJBURG R. P. — *J. Appl. Phys.*, 1976, 47, 2056; b) VANDAMME L. K. J. — *Electron. Letters*, 1976, 12, 109; c) VANDAMME L. K. J. — *Thèse*, Eindhoven, 1976.
- [40] HANDEL P. H. — a) *Phys. Rev. letters*, 1975, 34, 1492; b) *Phys. Letters*, 1975, 53A, 438; c) dans DEVREESE J. T., VAN DOREN V. E., Ed. : *Linear and non-linear Electron transport in solids*. NATO Advanced Study Institute Series, B17, Plenum Press, New York, London, 1976, p. 515.
- [41] VOSS R. F. et CLARKE J. — *Phys. Rev.*, 1976, B13, 556.
- [42] GENTIL P. — *Bruit basse fréquence du transistor MOS, en cours de publication dans L'Onde électrique*, 58, fév. et mars 1978.
- [43] JORDAN A. G. et JORDAN N. A. — *I.E.E.E. Trans. Electr. Dev.*, 1965, ED 12, 148.
- [44] BERZ F. — *Sol. St. Electronics*, 1970, 13, 631.
- [45] a) CHRISTENSON S., LUNDSTROM I. et SVENSSON C. — *Sol. St. Electronics*, 1968, 11, 797; b) CHRISTENSON S., SVENSSON C. et LUNDSTROM I. — *Sol. St. Electronics*, 1968, 11, 813.
- [46] VAN DER ZIEL A. — a) *Sol. St. Electronics*, 1974, 17, 110; b) *Sol. St. Electronics*, 1975, 18, 1031.
- [47] STERN J., de BARBEYRAC J. et POGGI R. — *Méthodes pratiques d'étude des fonctions aléatoires*. Dynod, Paris, 1967.
- [48] BLASQUEZ G. — *Thèse d'État*, Université Paul Sabatier, Toulouse, 1973.
- [49] HSU H. T. — *Sol. St. Electr.*, 1971, 14, 487.
- [50] MARTIN J. C., BLASQUEZ G. et de CACQUERAY A. — *Proc. 2nd Int. Conf. sur « Le bruit de fond des composants actifs semiconducteurs »*. Toulouse, 1971, p. 59, Ed. du CNRS, 1972.

Humanisation de la mesure médicale (*)

BIOMÉDICAL

L'onde électrique
1977, vol. 57, n° 12
pp. 784-786



par J. TEISSIER ⁽¹⁾,

Ingénieur Principal des Études et Techniques d'Armement. Chargé de Mission Instrumentation Médicale.
DIELI, 120, rue du Cherche-Midi, 75006 Paris (tél. 567.52.34).

J. P. WATTEAU ⁽¹⁾,

Ingénieur ESE, Docteur ès sciences, Directeur de l'ENSEA.
ENSEA, Impasse des Chênes-Pourpres, 95000 Cergy (tél. 030.92.44).

et A. RÉMOND ⁽¹⁾,

Directeur de Recherches CNRS.
LENA, La Salpêtrière, 47, boulevard de l'Hôpital, 75634 Paris Cedex 13 (tél. 336.19.28).

INTRODUCTION

Au cours des vingt dernières années les relations entre médecins et ingénieurs se sont intensifiées et ont donné lieu à une accélération du développement de l'instrumentation médicale sur laquelle s'appuie de plus en plus le médecin pour formuler son diagnostic. Progressivement, au travers de ces relations, ils ont pris conscience de l'importance du facteur humain dans l'élaboration de cette instrumentation. C'est pourquoi, lors de la Conférence Internationale BIOCAPT 75, s'est tenue une « Table Ronde » sur « L'humanisation de la mesure médicale ». Il nous a paru utile de résumer les principales idées qui se sont dégagées des exposés qui ont été présentés et des discussions qu'ils ont suscitées.

1. CARACTÉRISTIQUES DE LA MESURE MÉDICALE

La mesure médicale vise à caractériser une fonction ou un paramètre physiologique dans un milieu biologique complexe et hétérogène. Dans nombre d'applications ce milieu se trouve interposé entre l'organe examiné, générateur, et l'instrument de mesure, capteur. Le milieu biologique environnant se comporte à cet égard comme un ensemble de générateurs de bruits. Par ailleurs, il atténue les signaux à mesurer. D'où la notion de « distance » que le médecin et l'ingénieur s'attachent à réduire.

Cette démarche comporte deux stratégies opposées. Une stratégie « primaire » conduit le médecin souvent contre son gré à rapprocher physiquement le capteur de l'organe pour obtenir un signal exploitable par l'ingénieur. On conçoit que ces méthodes dites « sanglantes » ou « traumatisantes » agressent le patient, entraînent de sa part des réactions psycho-physiologiques difficiles à maîtriser qui peuvent fausser la mesure. De plus, le risque pour le patient est souvent non négligeable et conduit à limiter l'application de ces méthodes aux cas impératifs. Enfin, en corollaire de ceci, ces méthodes s'excluent d'elles-mêmes des stratégies d'examen de masse visant le dépistage ou la prévention.

Une stratégie « secondaire » peut intervenir grâce à l'ingénieur, mettant en œuvre les progrès technologiques et techniques. Elle consistera à réduire cette « distance » par des moyens externes, qui permettront au médecin, tout en conservant la fiabilité et la sensibilité de la mesure de réduire la profondeur de l'intervention « physique » et par conséquent les traumatismes imposés au patient, minimisant ainsi d'une part les risques et d'autre part les réactions psycho-physiologiques qu'il pourrait manifester.

La coopération médecin-ingénieur, nécessaire, vise à trouver les compromis qui permettront l'exécution des mesures en limitant autant que possible l'intervention physique. La recherche de ces compromis tend aujourd'hui à réduire notablement sinon supprimer l'intervention physique en utilisant les ressources des progrès technologiques, mais aussi et surtout en utilisant les techniques, puissantes, de traitement du signal. Ces techniques imposent des moyens de calcul puissants jusqu'ici incompatibles avec une instrumentation de grande diffusion et d'utilisation simple. Les progrès technologiques effectués dans ce domaine permettent aujourd'hui la conception d'une instrumentation médicale « informatisée ».

Cette évolution confirme s'il en était nécessaire, l'utilité des recherches de méthodes nouvelles non traumatisantes et fiables s'appuyant en particulier sur une modélisation poussée de la réunion du corps humain à étudier rendue possible grâce aux puissances de calcul de plus en plus importantes.

2. EXEMPLES ILLUSTRANT LES NOTIONS DE DISTANCE ET RÉACTIONS DU SUJET

Le concept de distance et de réaction du sujet mérite d'être illustré par quelques exemples pris dans différents domaines médicaux.

2.1. Distance.

En cardiologie pendant très longtemps l'enregistrement électrique s'est contenté des trois dérivations dites classiques à partir

(*) Article reçu le 13/5/77.

(1) Membres SEE.

d'électrodes sur les deux poignets et une cheville. Elles offraient trois points de vue géométriquement complémentaires de l'activité cardiaque.

Un progrès important a été réalisé par l'utilisation de dérivations dites pré-cordiales où des électrodes supplémentaires placées sur le gril costal devant le cœur ont permis d'augmenter notablement l'intensité du signal, donc sa sensibilité, et surtout ont rendu possible pour la première fois une discrimination topographique qui a été essentielle pour séparer les infarctus antérieurs des infarctus postérieurs.

Un nouveau progrès a été fait quand les sondes, que l'on fait remonter depuis un orifice veineux au pli du coude jusqu'au cœur dans les méthodes modernes de cathétérisme (mesure de la pression, prélèvement sanguin...) ont été munies d'une électrode. Ces sondes, au passage près du Nœud de Tavera et du faisceau de His, enregistrent près de leur source même les signaux de commande intracardiaque de la contraction ventriculaire apportant au diagnostic une plus grande précision.

Dans le domaine de la neurologie, l'électroencéphalographie complète honorablement les méthodes radiographiques (encéphalographie gazeuse) pour la mise en évidence des tumeurs cérébrales. Dans bien des cas cependant, la déformation des tracés étant très faible, seule une suspicion d'anormalité pouvait être apportée au neurologue. Les neuro-chirurgiens, en ouvrant la boîte crânienne et en plaçant les électrodes directement sur le cortex cérébral (électrocorticographie) ont pu doubler l'intensité du signal et mieux localiser son origine, la précision passant du centimètre au millimètre [4].

Un pas de plus a été accompli par la stéréo-encéphalographie, étant donné la difficulté de faire une opération corticographique chaque fois qu'un sujet est suspect d'une tumeur. La stéréo-encéphalographie nécessite une ouverture minuscule au travers de laquelle est insérée une sonde électrique se rapprochant le plus possible de la région incriminée [5]. Cette technique a permis, par réduction de la distance, une augmentation considérable de la qualité de l'observation électrique. Il s'agit, d'autre part, d'une méthode moins dangereuse, si ce n'est plus humaine.

Citons enfin deux cas où une amélioration du signal par rapport au bruit du milieu intermédiaire est obtenue par une méthode statistique.

Le premier est celui des potentiels sensoriels évoqués, habituellement masqués par les rythmes cérébraux. Ces potentiels peuvent être mis en évidence malgré l'importance des rythmes cérébraux par répétition des stimulations et moyennage des réponses qui dégagent le signal dû aux stimulus de l'électroencéphalogramme survenant au hasard [6].

Le second est celui de la tachographie ou densitomographie qui par une technique voisine d'un moyennage effectuée par ordinateur permet d'augmenter de façon considérable le contraste des images radiologiques au point de donner le nom « d'autopsie du vivant » à cette technique.

2.2. Réactions du sujet.

La mesure de la pression artérielle a toujours été réalisée au mieux par l'introduction d'un trocart manométrique à l'intérieur d'une artère [7]. Cette méthode relativement brutale ne laisse pas le sujet indifférent. Outre son appréhension, ses réactions peuvent être telles qu'une syncope risque de survenir effondrant la pression artérielle. Les méthodes non invasives de mesure de la tension artérielle utilisées plus tard suppriment pratiquement toute perturbation psychologique due à l'inquiétude ou à la douleur. Elles sont malheureusement moins précises, moins fidèles. On cherche actuellement à augmenter la précision de cette approche en remplaçant l'écoute stéthoscopique de l'artère par une écoute microphonique

ou l'enregistrement des variations d'impédance de la région sous-jacente au brassard.

En neurologie, une des difficultés reconnue de l'enregistrement électro-encéphalographique est la perturbation produite par les mouvements des fils reliant les électrodes aux amplificateurs. Ces fils sont nombreux, relativement courts et obligent à maintenir le sujet dans une immobilité partielle pendant le quart d'heure ou la demi-heure que dure l'enregistrement. Au cours de cette période les enfants par exemple ou les malades deviennent de plus en plus instables, et c'est cette instabilité qui empêche de poursuivre l'enregistrement. Elle est la cause de la faillite relative de l'électro-encéphalographie comme méthode diagnostique en psychiatrie. La miniaturisation de l'électronique et l'usage de la télémesure vont modifier complètement cet aspect [8]. Des électrodes « sans fil » avec enregistreur dans la poche du sujet permettront le recueil d'un analogue de son comportement dans son milieu naturel pendant des périodes aussi longues qu'on le désire.

Une réduction de la gêne occasionnée par la mesure peut être obtenue par le passage d'une grandeur à une autre comme signe de l'activité d'un organe. Par exemple, les méthodes oculographiques qui cherchent à enregistrer les variations de la direction du regard se sont d'abord appuyées sur l'enregistrement cinématographique des déplacements d'une petite tache de gouache placée sur la cornée et éclairée en lumière blanche. La perturbation notable due à l'éblouissement provoqué par cette méthode a disparu quand l'éclairage de la tache cornéenne s'est fait en lumière infrarouge à laquelle l'œil est insensible. Un nouveau progrès, plus important, a été effectué quand on est passé de cette méthode optique à une méthode électrique [9]. En effet, le champ du regard qui était encombré par la caméra ne permettait que des mesures naturelles assez limitées. Le dégagement complet du champ visuel est obtenu par l'utilisation de méthodes électriques qui recueillent au moyen de simples électrodes les variations du potentiel de la face résultant des déplacements de la charge rétinienne négative analogues aux mouvements du regard. Cette méthode utilisable les yeux fermés permet l'étude des mouvements des yeux pendant le sommeil et le réveil.

3. PERSPECTIVES ET CONCLUSIONS

Ces exemples soulignent le souci croissant d'humaniser le plus possible la mesure médicale, à la fois pour améliorer sa précision et soulager le patient. Il est évident que les progrès technologiques accomplis tels que : miniaturisation des capteurs, télémesure, simulation sur ordinateur du comportement du sujet, vont dans ce sens.

Mais, des discussions qui ont eu lieu au cours de la table ronde, il résultait la nécessité d'aller plus en avant. En particulier, il est souhaitable d'associer davantage le patient aux travaux du médecin et de l'ingénieur. De l'associer en premier lieu lors de la conception de l'appareillage de mesures pour tenir compte de ses réactions physiologiques mais aussi psychologiques et les minimiser, afin d'assurer une meilleure qualité de la mesure. De l'associer également lors de la mesure elle-même en lui expliquant comment l'on va procéder à celle-ci pour écarter le choc psychologique et en faisant appel à son concours pour qu'il contrôle au mieux ses réactions physiologiques. On retrouve ici l'idée fondamentale d'une communion du malade et du médecin pour vaincre la maladie.

Ce réflexe du médecin et de l'ingénieur de collaborer avec le patient sera acquis d'autant plus rapidement qu'on soulignera son importance au niveau de la formation des deux premiers. C'est donc tout à fait en amont, c'est-à-dire au niveau des enseignements, qu'il faudra introduire et souligner la notion d'humanisation de la mesure médicale.

Enfin, tout progrès dans cette voie étant en grande partie conditionné par les possibilités technologiques du moment, il y

aura tout intérêt à suivre de très près les nouvelles techniques qui sont développées en dehors du secteur médical et de voir si elles ne sont pas susceptibles d'apporter des améliorations décisives sur le plan de l'humanisation de la mesure.

En conclusion, il semble nécessaire de dépasser les préoccupations liées à l'appareillage biomédical proprement dit et de mettre au point une véritable méthodologie de la mesure sur le vivant grâce à une confrontation poussée et permanente du médecin, de l'ingénieur et du patient, aux niveaux de la formation des hommes, de la conception de l'appareillage et de son utilisation.

RÉSUMÉ

Les caractéristiques de la mesure médicale sont tout d'abord rappelées. La notion de distance entre l'organe examinée et l'instrument de mesures est introduite. Sur des exemples, on montre qu'il faut s'attacher d'une part à réduire cette distance pour améliorer la mesure et d'autre part à limiter les perturbations introduites par les réactions du patient. D'où la recherche d'un compromis qui conduit à associer étroitement le médecin, l'ingénieur et le patient dans la conception de l'appareillage biomédicale et ainsi, par là même, humaniser la mesure médicale.

SUMMARY

Humanization of biomedical parameters acquisition,

by J. TEISSIER, J.-P. WATTEAU, A. RÉMOND.

First the characteristics of medical measurements are recalled. The notion of distance between the examined organ and the

measuring instrument is introduced. One shows with examples that it should be tried on the one hand to reduce the distance for improving the measurement and on the otherhand to limit the disturbances introduced by the patients reactions. From these requirements follows the search of a compromise that leads to closely associating the doctor, the engineer and the patient in the conception of biomedical equipment and consequently to humanizing medical measurements.

Bibliographie

- [1] RÉMOND A. et WATTEAU J. P. — Humanisation de la mesure biomédicale. *Colloque International sur les Capteurs Biomédicaux*, BIOCAPT 75, Paris 3-7 novembre 1975, C.8, tome 1.
- [2] POSTAIRE J. G. — Capteurs et analyse du signal au service de l'humanisation des mesures biomédicales. *Colloque International sur les Capteurs Biomédicaux*, BIOCAPT 75, Paris 3-7 novembre 1975, C.8, additif aux actes du Colloque, p. 45.
- [3] APPEL E. — Capteurs biomédicaux : information et humanisation, deux aspects techniques. *Colloque International sur les Capteurs Biomédicaux*, BIOCAPT 75, Paris 3-7 novembre 1975, additif aux actes du Colloque, p. 47.
- [4] AJMONE-MARSAN C. — Electrocorricography in direct cortical and depth evaluation of the brain. *Handbook of EEG and clin. Neurophy.*, 1973, 10 C, 3-49.
- [5] BANCAUD J. — Stereoelectroencephalography in direct cortical and depth evaluation of the brain. *Handbook of EEG and clin. Neurophy.*, 1975, 10 B, 3-65.
- [6] LESEVRE N. — Le « moyennage » et son utilisation à l'étude des potentiels évoqués en clinique. *Rev. EEG Neurophysiol.*, 1976, 2, 155-167.
- [7] CRUL J. F. and PAYNE J. P. — Methods of Measuring Blood-pressure in Patient Monitoring, Crul and Payne Eds. *Excerpta medica*, Amsterdam, 1970.
- [8] GIER S., BANCAUD J., TALAIRACH J. et ENJELVIN M. — La radiotélémétrie au service de l'EEG et de la SEEG. *Technologie, Matériel*, *Rev. EEG Neurophysiol.*, 1973, 3, 353-354.
- [9] RÉMOND A., LESEVRE N. et GABERSEK V. — Approche d'une sémologie électrographique du regard. *Rev. Neurol.*, 1957, 96, 6, 536-546.

1977**Volume 57****Table des matières****Enseignement — Formation et perfectionnement**

Le bruit électrique : processus aléatoires (1ère partie)	A. CHOVET et P. VIKTOROVITCH	N° 11	699
Le bruit électrique : aspects physiques (2ème partie)	A. CHOVET et P. VIKTOROVITCH	N° 12	773
Contribution de la théorie des circuits pathologiques à l'électronique linéaire. 1. — Notions fondamentales	R. KIELBASA et F. DATTEE	N° 1	37
		N° 2	148
		N° 4	305

Études générales

Acline, programme de mise au point assistée par ordinateur des réseaux linéaires, en mode conversationnel	C. VIDALLON	N° 1	64
Analyse du signal par décomposition triangulaire et diagonalisation des matrices de covariance	G. CARAYANNIS	N° 8-9	525
Détermination statistique des zones quasi stationnaires dans les signaux vocaux. Application à la reconnaissance de la parole	C. BERGER-VACHON et G. MESNARD	N° 5	387
Simplification d'un circuit logique par utilisation des circuits à 3 états	J. DUCHENE	N° 2	126
Transformation non linéaire des variables aléatoires régies par les lois de Gauss et de Raleigh	SAM ATH HING	N° 2	135

Composants électroniques et microélectroniques

Les alimentations à découpage : un marché croissant	J. P. RICOUARD	N° 11	668
Alimentation moyenne puissance à sorties multiples	G. GUERMEUR	N° 11	684
Application des dispositifs à transfert de charge et des composants acoustiques à onde de surface au traitement du signal analogique	C. LARDAT, C. LEGAY et P. TOURNOIS	N° 1	70
		N° 2	113
		N° 3	243
Applications nouvelles de transistors de puissance : introduction	J. M. PETER	N° 11	667
Convertisseur continu-continu. Nouvelles perspectives	C. R. POIRSON	N° 11	679
Derniers développements apportés aux écrans plats pour télévision couleur	V. J. FOWLER et A. B. BUDINGER	N° 3	213
Détermination de la fiabilité des puces hermétiques de circuits intégrés en boîtiers plastiques	M. KHAJEZADEH et A. S. ROSE	N° 3	206
Diodes électroluminescentes à hétérofonction de structure plane, pour transmissions par fibres optiques	J. LEBAILLY, D. DIGUET et J. C. DUBOIS	N° 3	239
Les dispositifs de commutation à électret	D. PERINO, J. LEWINER et G. DREYFUS	N° 11	688
Établissement d'un modèle de phototransistor	A. MARTY et J. P. BAILBE	N° 5	365
Évolution et perspectives des transistors de puissance utilisées en conversion d'énergie	R. GICQUEL	N° 11	672
Introduction des circuits intégrés complexes dans les matériels de transmission. Aspect technico-économique	J. L. PERNIN	N° 4	296
Mécanisme de fusion du nichrome déposé en couches minces (en anglais)	J. D. DAVIDSON, J. D. GIBSON, T. J. ROSSITER et S. A. HARRIS	N° 5	373
Topologie et implantation dans la conception des circuits intégrés monolithiques	J. DUCAMUS	N° 4	300
Transistors à effet de champ pour la commande de puissance	J. L. MORENZA ET D. ESTEVE	N° 3	201
Les tubes d'émission pour contre-mesures électroniques (1ère partie)	J. CARRUBA	N° 12	776

Télécommunications – Radiodiffusion – Télévision

L'architecture du réseau téléphonique français	M. LACOUT	N° 8-9	502
Commutation électronique temporelle système E 10	F. TALLEGAS	N° 10	599
La commutation téléphonique	A. PINET	N° 10	581
La distribution téléphonique	M. BERTINETTO et J. V. LE RIDANT	N° 10	609
Faisceau hertzien numérique à 15 GHz pour réseaux locaux	M. DAOUT et Y. SCHIFRES	N° 6-7	435
Les filtres de fréquences. Technologies et méthodes de calcul	P. AMSTUTZ	N° 1	42
Filtres à inductances et condensateurs	P. ALLEMANDOU	N° 1	47
Filtres actifs : mise en œuvre	J. F. GAZIN	N° 1	51
Filtres d'amplitude et de phase spécifiée	C. J. WELLEKENS	N° 1	59
Une méthode originale de compression des données basée sur un algorithme dichotomique	P. ABEL, P. DUVERNE et J. DE REFFYE	N° 6-7	442
Mise en œuvre des services spéciaux automatiques du téléphone et de l'informatique domestique	J. M. CHADUC	N° 10	614
Les réseaux intégrés militaires	P. MARY	N° 11	694
Système à 60 MHz	H. SOULIER et B. AUDEGEAN	N° 8-9	514
Le système AXE	G. LE STRAT et R. DANIS	N° 10	585
Système de ligne à 140 Mbit/s sur câble à paires coaxiales	P. BOUTMY et P. DE LAAGE DE MEUX	N° 8-9	519
Le système Metaconta 11 F	S. KOBUS et C. TOURNIER	N° 10	591
Les systèmes de transmission : l'analogique ou le numérique	J. P. POITEVIN	N° 8-9	509
Transmissions de données synchrones sur support numérique par échantillonnage	M. STEIN	N° 2	118

Calculateurs électroniques – Automatismes

Apports de la microprogrammation dans les consoles graphiques interactives	SAINMONT	N° 12	755
Les besoins actuels en logiciels de visualisation	LE LOUS	N° 12	758
Technologie des consoles de visualisation : présent et perspectives	LUCAS	N° 12	751

Métrologie – Mesure

Aide au diagnostic de défauts dans les circuits logiques intégrés	J. ZIRPHILE	N° 3	231
L'automatisation des mesures sur les composants : l'expérience d'un laboratoire d'essais	C. LECLERCQ	N° 5	361
L'apport des techniques d'analyse des données dans les mesures sur les composants électroniques	R. GOARIN	N° 3	224
Générateur d'impulsions pour banc automatique de réflectométrie	C. DURIX, D. LESSELIER, F. PUPAT et D. BRUNOL	N° 12	761
Modulomètres	V. F. ARNOLD	N° 5	289
Les motivations et les limites de l'automatisation des mesures sur les composants électroniques	H. BENBADIS	N° 3	221
Problèmes des mesures de paramètres de circuits intégrés analogiques	S. ANGEE et P. PRODHOMME	N° 3	236
Simplification de l'analyse spectrale	T. BATES	N° 5	381
Système de référence de tension à effet Josephson	F. DELAHAYE et T. PECH	N° 6-7	448
Utilisation d'un multiplieur pour la mesure précise par corrélation de faibles résistances de bruit	J. P. LE PICHON, G. GROSVALD et E. RIAUX	N° 6-7	431

Techniques biomédicales

Humanisation de la mesure médicale	J. TESSIER, J. P. WATTEAU, A. REMOND	N° 12	784
Mécano-électronique ventilatoire et topoélectronique	B. RYBAK	N° 6-7	455
Possibilités d'un organe moteur à commande électronique pour cœur artificiel	R. C. BLANCHET et J. J. URGELL	N° 2	142
Les propriétés des plumes d'oiseau en tant que transducteurs piézoélectriques et récepteurs de micro-ondes	J. BIGU DEL BLANCO et C. ROMERO SIERRA	N° 8-9	532
Transistors à effet de champ ionosensibles	P. BERGVELD	N° 6-7	451

Divers

Automate spécialisé de traitement d'images. Application à l'analyse chromosomique automatique	A. SPIWACK	N° 2	130
Logique positive et négative. Dualité	M. LALEUF	N° 5	312

Table des Auteurs

N° 1, 1-76	N° 2, 77-152	N° 3, 153-248	N° 4, 249-316
N° 5, 317-392	N° 6-7, 393-456	N° 8-9, 457-536	N° 10, 537-620
N° 11, 621-708	N° 12, 709-790		

A

ABEL P., 442
 ALLEMANDOU P., 47
 AMSTUTZ P., 42
 ANGE E. S., 236
 ARNOLD V. F., 289
 AUDEGEAN B., 514

B

BAILBE J. P., 365
 BATES T., 381
 BENBADIS H., 221
 BERGER-VACHON C., 387
 BERGVELD P., 451
 BERTINETTO M., 609
 BIGU DEL BLANCO J., 532
 BLANCHET R. C., 142
 BOUTMY P., 519
 BRUNOL D., 761
 BUDINGER A. B., 213

C

CARAYANNIS G., 525
 CARRUBBA J., 776
 CHADUC J. M., 614
 CHOVEL A., 699-773

D

DANIS R., 585
 DAOUT M., 435
 DATTEE F., 37, 148, 305
 DAVIDSON J. D., 373
 DE LAAGE DE MEUX P., 519
 DELAHAYE F., 448
 DE REFFYE J., 422
 DIGUET D., 239
 DREYFUS G., 688
 DUBOIS J. C., 239
 DUCAMUS J., 300
 DUCHENE J., 126
 DURIX C., 761
 DUVERNE P., 422

E

ESTEVE D., 201

F

FOWLER V. J., 213

G

GAZIN J. F., 51
 GIBSON J. D., 373
 GICQUEL R., 672
 GOARIN R., 224
 GROSVALL G., 431
 GUERMEUR G., 684

H

HARRIS S. A., 373

K

KHAJEZADEH M., 206
 KIELBASA R., 37, 148, 305
 KOBUS S., 591

L

LACOUT M., 502
 LALEUF M., 312
 LARDAT C., 70, 113, 243
 LEBAILLY J., 239
 LECLERCQ C., 361
 LEGAY C., 70, 113, 243
 LE LOUS., 758
 LE PICHON J. P., 431
 LE RIDANT J. V., 609
 LESSELIER D., 761
 LE STRAT G., 585
 LEWINER J., 688
 LUCAS., 751

M

MARTY A., 365
 MARY P., 694
 MESNARD G., 387
 MORENZA J. L., 201

P

PECH T., 448
 PERINO D., 688
 PERNIN J. L., 296
 PETER J. M., 667
 PINET A., 581
 POIRSON C. R., 679
 POITEVIN J. P., 509
 PRODHOMME P., 236
 PUPAT F., 761

R

REMOND A., 784
 RIAUX E., 431
 RICOUARD J. P., 668
 ROMERO SIERRA C., 532
 ROSE A. S., 206
 ROSSITER T. J., 373
 RYBAK B., 455

S

SAINMONT., 755
 SAMATH HING, 135
 SCHIFRES Y., 435
 SOULIER H., 514
 SPIWACK A., 130
 STEIN M., 118

T

TALLEGAS F., 599
 TESSIER J., 784
 TOURNIER C., 591
 TOURNOIS P., 70, 113, 243

U

URGELL J. J., 142

V

VIDALLON C., 64
 VIKTOROVITCH P., 699-773

W

WATTEAU J. P., 784
 WELLEKENS C. J., 59

Z

ZIRPHILE J., 231

SEE-ELDOC

En conservant votre anonymat vis-à-vis des bases de données extérieures à votre entreprise, vous pouvez recevoir, par ELDOC, chaque mois, sur votre bureau, la photocopie de la 1^{re} page de tous les congrès, ouvrages, brevets, revues, correspondant aux sujets de votre choix.



LA DOCUMENTATION DE LA THOMSON-CSF

c'est

28 000 documents indexés chaque année et provenant de
400 périodiques
100 proceedings de conférences
300 ouvrages
800 rapports de la NASA
1 500 rapports NTIS
4 000 brevets

c'est

2 500 abonnements actuellement, choisis dans la liste des 400 sujets présentés dans les pages suivantes.

**Mêmes possibilités pour vous de souscrire des abonnements
aux bases de données**

**EDF
CNET
PASCAL-ELDOC**

Pour connaître toutes les possibilités et les modalités d'utilisation du service ELDOC
écrivez dès aujourd'hui à :

SEE-ELDOC, 48, rue de la Procession, 75724 Paris Cedex 15

téléphonez à :

SEE-ELDOC, 567.07.70

CLASSIFICATION PAR RUBRIQUES DES PROFILS DE DOCUMENTATION AUTOMATIQUE DE LA THOMSON-CSF

- 1 Acoustique, Sonar
- 2 Antennes
- 3 Avionique, aéronautique, astronautique, nautique
- 4 Circuits et dispositifs électroniques
- 5 Composants à l'état solide et leur technologie
- 6 Divers
- 7 Électrotechnique
- 8 Essais, mesures, contrôle de qualité, fiabilité

- 9 Gestion et organisation des entreprises
- 10 Grand public
- 11 Information (théorie, traitement)
- 12 Informatique
- 13 Magnétisme
- 14 Matériaux et techniques
- 15 Mathématiques
- 16 Médical (électronique)
- 17 Militaire
- 18 Optique
- 19 Physique

- 20 Physique de l'état solide
- 21 Propagation
- 22 Radar
- 23 Radiodiffusion, télévision
- 24 Sources d'énergie
- 25 Télécommunications, transmissions, téléphone
- 26 Tubes électroniques
- 27 Visualisation

1. ACOUSTIQUE, SONAR

- 101 Acoustique sous-marine
 - Armes anti-sous-marines (Voir profil 1701)
- 102 Circuits acoustiques (amplificateurs, limiteurs, filtres, etc...)
- 103 Communications acoustiques, ultrasonores (sauf sous-marines)
 - Électroacoustique (Voir profil 1001)
 - Enregistrement du son (Voir profil 1004)
- 104 Holographie et visualisation acoustique
- 105 Mesures acoustiques (sondages sous-terrains ou sous-marins)
- 106 Ondes élastiques de surface (Voir aussi propagation et circuits et dispositifs électroniques)
- 107 Propagation du son dans l'air
- 108 Radars acoustiques (SODAR)
 - Reconnaissance de la parole (Voir profil 1103)
- 109 Réseaux d'hydrophones
- 110 Sonar
- 111 Transducteurs acoustiques
- 112 Traitement du signal acoustique

2. ANTENNES

- 201 Antennes aéroportées
- 202 Antennes à large bande
- 203 Antennes de radioastronomie
- 204 Antennes de télécommunications spatiales (à bord de satellites)
- 205 Antennes de télécommunications spatiales (au sol)
- 206 Antennes de télévision (émission)
- 207 Antennes de télévision (réception)
- 208 Antennes dipôles
- 209 Antennes directives
- 210 Antennes encastrées, plates, imprimées
- 211 Antennes hyperfréquences (grille, maille, cassegrain, fil, lame)
- 212 Antennes mobiles
- 213 Antennes pour faisceaux hertziens
- 214 Antennes radar fixes
- 215 Antennes radar portables et transportables
- 216 Antennes réseau à balayage électronique
- 217 Caractéristiques d'antennes (calcul, simulation, CAD)
- 218 Diagrammes de rayonnement
- 219 Grandes antennes
- 220 Radomes
- 221 Types particuliers d'antennes (préciser le type)

3. AVIONIQUE, AÉRONAUTIQUE, ASTRONAUTIQUE, NAUTIQUE

- 301 Avionique (équipements électroniques aéroportés)
- 302 Calculateurs aéroportés
- 303 Contrôle du trafic aérien
- 304 Équipements de satellites
- 305 Navigation des vaisseaux spatiaux
- 306 Navigation maritime
- 307 Navigation par inertie
- 308 Radiogoniométrie
- 309 Radionavigation, radioguidage
- 310 Radionavigation hyperbolique
- 311 Satellites d'application (météo, éducation, reconnaissance)
- 312 Simulateurs de vol
- 313 Systèmes d'atterrissage (ILS, MLS)
- 314 Systèmes de navigation par satellites

4. CIRCUITS ET DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES

(Voir aussi composants à l'état solide, physique de l'état solide).

- Alimentations (Voir profils 2401 et 2402)
- 401 Amplificateurs basse et haute fréquence
- 402 Amplificateurs hyperfréquence
- 403 Amplificateurs magnétiques
- 404 Atténuateurs
- 405 Circuits à ondes millimétriques et sous-millimétriques
- 406 Circuits hyperfréquence
- 407 Circuits impulsionnels
- 408 Circuits imprimés (fabrication et technologie)
- 409 Circuits imprimés (utilisation)
- 410 Circuits logiques
- 411 Circuits multipôles
- 412 Commande automatique de gain, de phase, de fréquence

- 413 Composants passifs (préciser lesquels)
 - Conception assistée des dispositifs et des circuits (Voir profil 1207)
- 414 Connexions, interconnexions, montage
- 415 Convertisseurs analogiques-numériques, numériques-analogiques
- 416 Convertisseurs de courant, redresseurs
- 417 Convertisseurs de fréquence
- 418 Dipôles
- 419 Discriminateurs
- 420 Dispositifs à effet Hall
- 421 Dispositifs à ondes acoustiques de surface
- 422 Dispositifs photoélectriques
- 423 Étalons de fréquence
- 424 Étalons de temps
- 425 Filtres (préciser le ou les types de filtres)
- 426 Filtres à ondes acoustiques de surface
- 427 Filtres actifs
- 428 Filtres de Kalman
- 429 Filtres numériques
- 430 Guides d'ondes
- 431 Gyrateurs
- 432 Impulsions rapides (production)
- 433 Lignes à retard
- 434 Lignes hyperfréquences
- 435 Limiteurs
- 436 Mémoires (types) (préciser le ou les types de mémoire)
- 437 Mémoires à l'état solide
- 438 Mémoires magnétiques
- 439 Mémoires optiques
- 440 Oscillateurs, résonateurs basse et haute fréquence
- 441 Oscillateurs hyperfréquence
- 442 Boucles à verrouillage de phase
- 443 Synthétiseurs de fréquence

5. COMPOSANTS A L'ÉTAT SOLIDE ET LEUR TECHNOLOGIE

- 501 Circuits intégrés analogiques
- 502 Circuits intégrés logiques
- 503 Circuits intégrés hybrides (utilisation)
- 504 Circuits intégrés hybrides (technologie et fabrication)
- 505 Circuits intégrés grande échelle
- 506 Circuits intégrés (technologie et fabrication)
- 507 Commutateurs à état solide
- 508 Contacts ohmiques
- 509 Couches épaisses (utilisation)
- 510 Couches épaisses (préparation)
- 511 Couches minces (utilisation)
- 512 Couches minces (préparation)
- 513 Diodes à semiconducteurs (préciser le ou les types)
- 514 Diodes à barrière de surface
- 515 Diodes avalanche
- 516 Diodes hyperfréquence
- 517 Diodes Gunn
- 518 Diodes (technologie)
- 519 Dispositifs à transfert de charge (CCD)
- 520 Dispositifs à transfert d'électrons
- 521 Dispositifs piézoélectriques
- 522 Dispositifs supraconducteurs
 - Dopage et implantation ionique des semiconducteurs (Voir profil 2004)
- 523 Fabrication des masques
 - Méthodes de croissance cristalline (Voir profil 2007)
- 524 Méthodes de dépôt de couches minces
- 525 Micro-usinage
- 526 MOS et MIS
- 527 Thyristors
- 528 Traitements de surface (pour semiconducteurs)
- 529 Transistors (caractéristiques)
- 530 Transistors (modèles mathématiques)
- 531 Transistors (technologie)
- 532 Transistors (utilisation)
- 533 Transistors à effet de champ
- 534 Transistors à jonction
- 535 Transistors de puissance
- 536 Transistors hyperfréquence

6. DIVERS

- 601 Chauffage hyperfréquence
- 602 Contrôle du trafic routier
- 603 Fluidique
- 604 Offshore
- 605 Photographie ultrarapide
- 606 Salles blanches
- 607 Traitement des eaux résiduaires

7. ÉLECTROTECHNIQUE

- 701 Dispositifs électromécaniques (selsyns, résolveurs, etc...)
- 702 Commande de vitesse des moteurs électriques
- 703 Commande numérique des machines-outils
- 704 Commutation, relais, contacts électromécaniques
- 705 Convertisseurs statiques
- 706 Machines électriques (petits moteurs)
- 707 Moteurs linéaires
- 708 Moteurs pas à pas
- 709 Servomécanismes

8. ESSAIS, MESURES, CONTROLE DE QUALITÉ, FIABILITÉ

- 801 Capteurs de mesure (à préciser le ou les types)
- 802 Contrôle de qualité, fiabilité
- 803 Détecteurs de rayonnement
- 804 Ellipsométrie
- 805 Essais automatiques
- 806 Essais d'environnement
- 807 Essais d'étanchéité, détection des fuites
- 808 Essais et mesures de composants ou dispositifs ou circuits électroniques
- 809 Essais et mesures mécaniques
- Étalons de fréquence (Voir profil 423)
- Étalons de temps (Voir profil 424)
- 810 Interférométrie
- 811 Mesures de grandeurs électriques et électroniques (préciser les types de grandeurs)
- 812 Mesures de grandeurs optiques
- 813 Mesures de grandeurs magnétiques
- 814 Mesures du temps, chronométrie
- Mesures du vide (Voir profil 1909)
- 815 Mesures hyperfréquences
- 816 Mesures par diffraction d'électrons (LEED, HEED)
- 817 Microscope électronique
- 818 Microscope électronique à balayage
- Résistance des matériaux (Voir profil 1419)
- 819 Sondes ioniques, analyses ioniques
- 820 Spectrométrie de masse
- 821 Spectrométrie rayons X
- 822 Spectroscopie Auger
- 823 Télémessures
- 824 Télémétrie

9. GESTION ET ORGANISATION DES ENTREPRISES

- 901 Étude des marchés
- 902 Gestion administrative et financière
- 903 Informatique de gestion
- 904 Organisation et gestion de production, fabrication, stocks
- 905 Organisation du travail
- 906 Prise de décision

10. GRAND PUBLIC

- 1001 Electroacoustique
- 1002 Electronique automobile
- 1003 Enregistrement d'images (magnétique, vidéodisque, vidéocassette)
- 1004 Enregistrement du son
- 1005 Montres électroniques
- 1006 Récepteurs de radiodiffusion
- 1007 Récepteurs de télévision noir et blanc
- 1008 Récepteurs de télévision couleur

11. INFORMATION (THÉORIE, TRAITEMENT)

- 1101 Processus aléatoires, stochastiques
- 1102 Reconnaissance de caractères, formes
- 1103 Reconnaissance de la parole
- 1104 Reconnaissance optique de caractères
- 1105 Théorie de l'information
- 1106 Traitement des images
- Traitement du signal acoustique (Voir profil 112)
- 1107 Traitement du signal, de l'information, codage
- Traitement du signal radar (Voir profil 2208)

12. INFORMATIQUE

- 1201 Affichage graphique
- 1202 Allocation de ressources
- 1203 Applications des calculateurs (préciser les applications)
- 1204 Bases de données et banques de données
- 1205 CAI

- 1206 Calculateurs analogiques, hybrides
- 1207 CAO
- Commande numérique des machines outils (Voir profil 703)
- 1208 Commande optimale
- 1209 Compilation et langages
- 1210 Conduite de processus
- 1211 Dialogue homme-machine
- 1212 Fiabilité des systèmes informatiques
- Informatique de gestion (Voir profil 903)
- 1213 Informatique médicale
- 1214 Informatique théorique, automates
- 1215 Intelligence artificielle
- 1216 Gestion, organisation des mémoires
- 1217 Gestion de fichiers informatiques
- 1218 Jeux mathématiques
- 1219 Machines et processus séquentiels
- 1220 Mémoires virtuelles
- 1221 Microcalculateurs, microprocesseurs
- 1222 Microprogrammation
- 1223 Miniordinateurs
- 1224 Multitraitement
- 1225 Périphériques (à préciser si possible)
- 1226 Traitement parallèle
- 1227 Programmation (à préciser)
- 1228 Programmation structurée
- 1229 Réseaux de calculateurs (Voir aussi transmission, commutation par paquets)
- 1230 Simulation
- 1231 Structure et architecture des calculateurs
- 1232 Structure de données
- 1233 Systèmes d'exploitation
- 1234 Systèmes graphiques interactifs
- 1235 Téléinformatique
- 1236 Traitement de données
- 1237 Traitement des images (Voir profil 1106)

13. MAGNÉTISME

- 1301 Aimants
- 1302 Bulles magnétiques
- 1303 Circuits magnétiques (déflexion, transformateur, convergence, etc...)
- 1304 Domaines magnétiques
- 1305 Effet Mossbauer
- 1306 Enregistrement magnétique (Voir aussi grand public)
- Ferromagnétisme (Voir profil 1412)
- Matériaux magnétiques (Voir profil 1413)
- Mémoires magnétiques (Voir profil 438)
- Mesure de grandeurs magnétiques (Voir profil 813)
- 1307 Résonance et relaxation magnétiques

14. MATÉRIAUX ET TECHNIQUES

- 1401 Céramiques
- 1402 Chalcogénures
- 1403 Cristaux liquides
- 1404 Diélectriques
- 1405 Electrolytes solides
- 1406 Ferrites
- Fibres de verre (Voir profil 1805)
- 1407 Isolants thermiques
- 1408 Matériaux absorbant les rayonnements électromagnétiques
- 1409 Matières plastiques
- 1410 Matériaux électrooptiques (à préciser)
- 1411 Matériaux ferroélectriques
- 1412 Matériaux ferromagnétiques
- Matériaux luminescents (Voir profil 1810)
- 1413 Matériaux magnétiques (à préciser)
- 1414 Matériaux semiconducteurs (à préciser)
- 1415 Métaux, métallurgie (à préciser)
- 1416 Peinture, vernis
- 1417 Pressage à chaud
- 1418 Protection contre la corrosion
- 1419 Résistance des matériaux
- 1420 Revêtements, métallisation
- 1421 Traitements de surface (autres que semiconducteurs)
- 1422 Soudures
- 1423 Usinage (Voir aussi micro-usinage dans composants à l'état solide)

15. MATHÉMATIQUES

- 1501 Algorithmes de calcul
- 1502 Analyse, fonctions, séries mathématiques
- 1503 Analyse numérique
- 1504 Calcul matriciel
- 1505 Équations différentielles, méthodes itératives, dérivées partielles
- 1506 Équations elliptiques, paraboliques, hyperboliques
- 1507 Méthode des éléments finis
- 1508 Modèles mathématiques (à préciser si possible)
- 1509 Transformations mathématiques

16. MÉDICAL (ÉLECTRONIQUE)

- 1601 Acoustique médicale
- 1602 Applications des rayons X et Gamma

THOMSON-CSF

- 1603 Applications médicales de la télévision
- 1604 Applications médicales des accélérateurs
- 1605 Effets des radiations (nucléaires, hyperfréquences) sur le corps humain
- 1606 Électroencéphalographie
- Informatique médicale (Voir profil 1213)
- 1607 Laser médical, optoélectronique médicale
- 1608 Traitement par radiations

17. MILITAIRE

- Applications des infrarouges (Voir profil 1802)
- 1701 Armes anti sous-marines (torpilles, mines)
- 1702 Défense anti-aérienne
- 1703 Fusées de proximité, détection proche
- 1704 Guerre électronique ou contre-mesures électroniques
- 1705 Reconnaissance de cibles ou d'objectifs
- 1706 Surveillance tactique
- 1707 Systèmes d'armes

18. OPTIQUE

- 1801 Communication, poursuite, guidage, localisation optique (laser, LIDAR, OPDAR)
- 1802 Communication, poursuite, guidage, localisation infrarouge
- 1803 Diodes électroluminescentes
- 1804 Enregistrement holographique
- 1805 Fibres optiques (Voir aussi télécommunications, transmissions)
- 1806 Guides d'ondes optiques
- Holographie acoustique (Voir profil 104)
- Interférométrie (Voir profil 810)
- 1807 Lasers à semiconducteurs
- 1808 Lasers à gaz
- 1809 Lasers (application)
- 1810 Luminescence
- Mémoires optiques (Voir profil 439)
- Microscope (Voir profils 817 et 818)
- 1811 Optique (effets) [Voir aussi physique de l'état solide (propriétés optiques des semiconducteurs)]
- 1812 Optique intégrée
- 1813 Optoélectronique
- Propagation des faisceaux laser (Voir profil 2105)
- 1814 Vision de nuit
- 1815 Laser en couches minces
- 1816 Détecteurs infra-rouge
- 1817 Modulateurs de lumière

19. PHYSIQUE

- 1901 Accélérateurs linéaires
- 1902 Acoustoélectricité
- 1903 Acoustooptique
- 1904 Effet des radiations sur les matériaux
- 1905 Gaz résiduel, getter
- 1906 Piézoélectricité
- 1907 Plasma (chauffage, décharge, confinement)
- 1908 Thermique (échange, climatisation, refroidissement)
- 1909 Vide

20. PHYSIQUE DE L'ÉTAT SOLIDE

- 2001 Bruits et instabilités dans les semiconducteurs
- 2002 Défauts dans les semiconducteurs
- 2003 Diffusion et transport dans les semiconducteurs
- 2004 Dopage et implantation ionique des semiconducteurs
- 2005 États de surface
- 2006 Matériaux semiconducteurs (préciser le type de matériau)
- 2007 Méthodes de croissance cristalline
- 2008 Propriétés luminescentes des semiconducteurs
- 2009 Propriétés optiques des semiconducteurs
- 2010 Propriétés photoélectriques des semiconducteurs
- 2011 Semiconducteurs organiques
- 2012 Structure de bande dans les semiconducteurs
- 2013 Transitions métal-isolant

21. PROPAGATION

- 2101 Propagation acoustique
- 2102 Propagation dans l'espace des ondes électromagnétiques
- 2103 Propagation dans les lignes, câbles et guides d'onde
- 2104 Propagation des ondes de surface
- 2105 Propagation des faisceaux laser
- 2106 Propagation ionosphérique

22. RADAR

- Antennes radars (Voir profils 214 et 215)
- 2201 Équipements radars (préciser le ou les types)
- 2202 Protection contre la détection des radars (antiréflexion)
- 2203 Parasites (clutter)
- Radars acoustiques (Voir profil 108)
- 2204 Radars aéroportés
- 2205 Radars au sol
- Radars optiques (Voir profil 1801)

- 2206 Radars secondaires (IFF, SIF, SSR)
- 2207 Radars transhorizon
- 2208 Traitement du signal radar
- 2209 Types de radar (guet, poursuite, tir, basse altitude, météo, etc...) à préciser
- Visualisation radar (Voir profil 2710)

23. RADIODIFFUSION, TÉLÉVISION

- 2301 Applications industrielles de la télévision
- 2302 Caméras de télévision
- 2303 Cars de reportage
- 2304 Émetteurs de radiodiffusion
- 2305 Émetteurs de télévision
- 2306 Magnétoscopes professionnels
- Récepteurs de radiodiffusion (Voir profil 1006)
- Récepteurs de télévision (Voir profils 1007 et 1008)
- 2307 Studios de télévision
- 2308 Studios de radiodiffusion
- 2309 Télédistribution
- 2310 Télévision couleur (sauf récepteur)
- 2311 Transmission de la télévision par satellites

24. SOURCES D'ÉNERGIE

- 2401 Alimentations électriques
- 2402 Alimentations électriques stabilisées
- 2403 Piles à combustible
- 2404 Piles solaires

25. TÉLÉCOMMUNICATIONS, TRANSMISSIONS, TÉLÉPHONE

- 2501 Appel sélectif
- 2502 BLU, BLI
- 2503 Câbles de transmission
- 2504 Centraux téléphoniques électroniques
- Codage (Voir profil 1107)
- 2505 Communications à accès multiple
- 2506 Communications militaires
- 2507 Communications mobiles
- 2508 Communications par fibres optiques
- 2509 Communications secrètes
- 2510 Communications spatiales
- 2511 Commutation par paquets, par messages,
- 2512 Commutation téléphonique électronique
- 2513 Émetteurs-récepteurs
- 2514 Fac simile, transmission d'images
- 2515 Faisceaux hertziens
- 2516 Modulation (préciser le type)
- 2517 Multiplexage
- 2518 Radiotéléphone
- 2519 Télécommande
- 2520 Transmissions numériques
- 2521 Visiophones
- 2522 Communications à spectre étalé, par saut de fréquence

26. TUBES ÉLECTRONIQUES

- 2601 Bruit et instabilités dans les tubes
- 2602 Canons d'électrons
- 2603 Émission électronique secondaire
- 2604 Émission thermoélectronique
- 2605 Optique électronique
- 2606 Technologie des tubes
- 2607 Tubes à charge d'espace
- 2608 Tubes à gaz
- 2609 Tubes à rayons cathodiques
- 2610 Tubes à vide (diode, triode, pentode)
- Tubes caméras (Voir profil 2302)
- 2611 Tubes éclair
- 2612 Tubes hyperfréquences
- 2613 Tubes images
- 2614 Tubes images couleur
- 2615 Tubes intensificateurs d'image
- 2616 Tubes photoélectriques, photomultiplicateurs
- 2617 Tubes thermoioniques

27. VISUALISATION

- 2701 Grand écran
- 2702 Visualisation à cristaux liquides
- 2703 Visualisation à l'état solide
- 2704 Visualisation alphanumérique
- Visualisation graphique (Voir profil 1201)
- 2705 Visualisation couleur
- 2706 Visualisation des ondes acoustiques
- 2707 Visualisation par décharge dans les gaz
- 2708 Visualisation par dispositifs à transfert de charge (CCI)
- 2709 Visualisation par tubes à rayons cathodiques
- 2710 Visualisation radar
- 2711 Visualisation tête haute, tête basse
- 2712 Visualisation tridimensionnelle (relief)