

l'onde électrique

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

Volume 58 n° **10** OCTOBRE 1978

Volume 58, n° 10 OCTOBER 1978

LES ÉCRANS MULTIFONCTION
LE CODAGE NUMÉRIQUE EN TÉLÉVISION
L'IMPÉDOGRAPHIE ACOUSTIQUE

FOC' 78



LOCATION:

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

RETENTION:

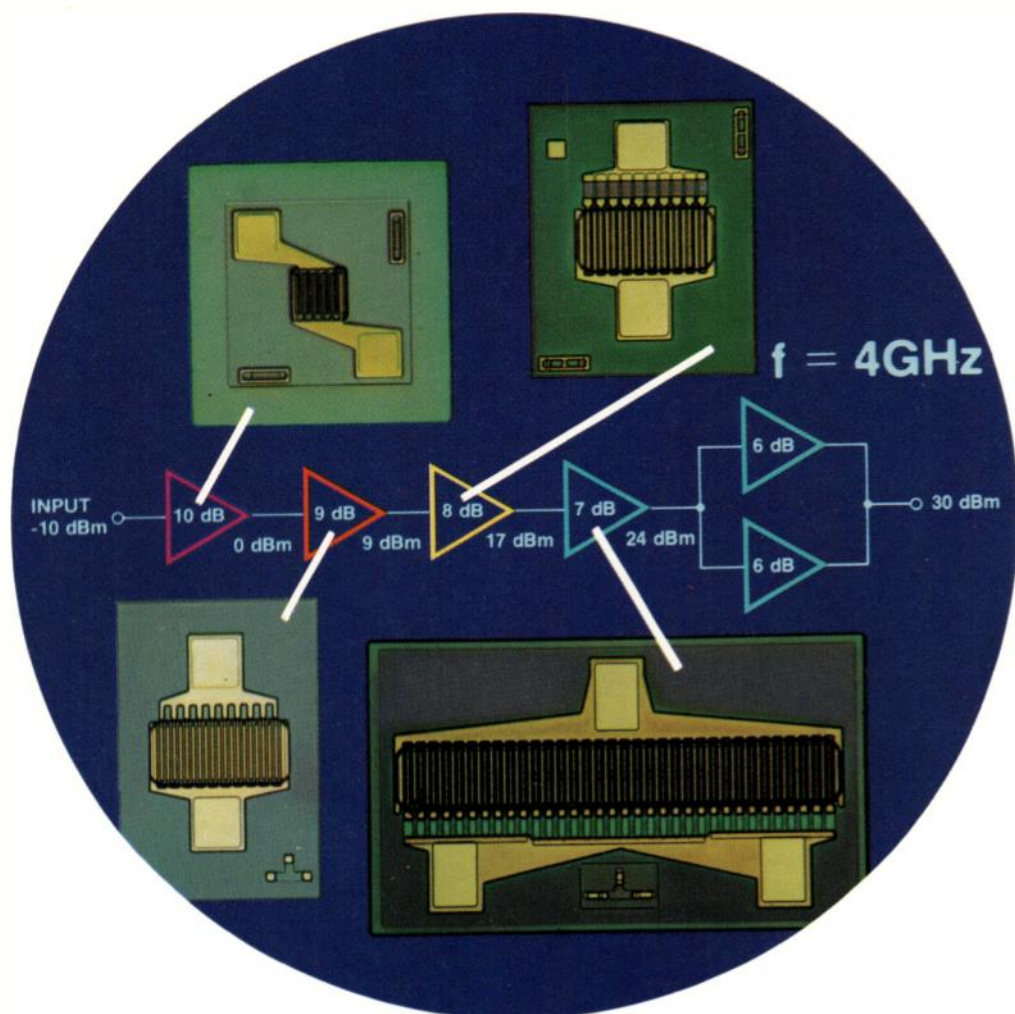
- ☐ Current year only
- ☐ Other



MASSON
Paris New York
Milan

Câbles optiques quartz
et silice munis de leurs
connecteurs SMA
fabriqués par ATI

SURPRISE !

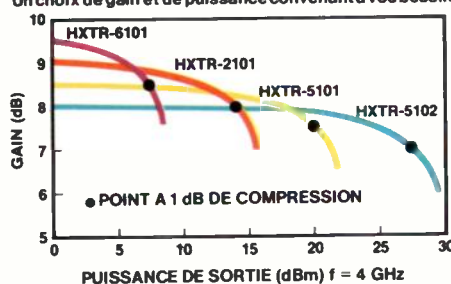


Quatre nouveautés HP pour faciliter vos réalisations en hyperfréquence.

La famille des transistors bipolaires HP vous offre une meilleure puissance linéaire, une grande performance en gain et un très faible bruit de 1 à 4 GHz.

Bien adapté aux applications large bande ou bande étroite chacun des transistors de la chaîne d'amplification a été optimisé en faible bruit (HXTR-6101), en gain (HXTR-2101), en puissance linéaire et gain (HXTR-5101, HXTR-5102).

Un choix de gain et de puissance convenant à vos besoins.



Le procédé de fabrication assure à la production une faible dispersion et une excellente fiabilité.

Ces composants sont déjà disponibles chez ALMEX, FIF, FEUTRIER, SCAIB.

Pour plus d'information consultez HP France ou l'un des distributeurs ci-dessus.

HEWLETT  PACKARD

France: B.P. 70, 91401 Orsay Cedex - Tél. 907 78.25



COURRIER DES LECTEURS

Quelles sont les perturbations radioélectriques engendrées par les réseaux de transport de l'énergie électrique ?

C. CHEKROUN (Orsay)

Réponse :

Un long article serait nécessaire pour apporter une réponse complète et exhaustive à la question posée par le lecteur. Aussi, dans le cadre de cette rubrique, nous limiterons-nous à quelques considérations qualitatives particulières.

Les réseaux de transport de l'énergie électrique apportent des perturbations radioélectriques à caractère complexe qui dépendent de nombreux facteurs et notamment du spectre radioélectrique considéré, de la configuration locale du réseau et de la nature des lignes.

D'une manière générale, on distingue les perturbations actives et les perturbations passives.

Les **perturbations actives** se traduisent par l'émission involontaire d'un bruit radioélectrique.

En effet, une ligne aérienne n'est jamais parfaitement lisse, il existe à sa surface des aspérités qui créent des gradients de tension qui peuvent aboutir parfois à une ionisation locale des atomes de l'air ; ce phénomène se traduit par des décharges lumineuses appelées « aigrettes ». Par ailleurs, les chaînes des isolateurs sont également le siège de petites décharges entre les contacts imparfaits des conducteurs avec l'isolant, de l'isolant avec son armature, ou même dans l'intervalle d'air créé par une fêlure de l'isolateur ou de ses scellements.

Ces décharges engendrent des champs électromagnétiques. L'énergie électromagnétique ainsi produite peut se propager de deux manières différentes. Elle peut soit s'écouler le long de la ligne par laquelle elle est guidée, et on parle alors de canal perturbé (c'est le cas des ondes dites « moyennes » et « longues »), soit être rayonnée par l'élément sous forme d'une onde d'espace et on parle de rayonnement direct (c'est le cas des ondes dites « ultra courtes »). Les ondes dites « courtes » participent à ces deux phénomènes.

Les **perturbations passives** se traduisent par des phénomènes qui affectent la propagation des ondes électromagnétiques utiles.

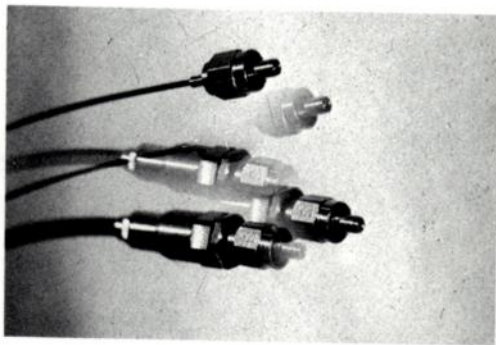
On peut, en effet, observer au voisinage d'une ligne à haute tension avec des pylônes en acier une distorsion appréciable du champ électromagnétique incident pour des fréquences de 1 MHz environ et plus.

La distorsion peut être décrite comme la superposition de l'onde incidente et des ondes réfléchies par les pièces conductrices de la ligne. Aux fréquences de télédiffusion cette superposition est perceptible de deux manières :

(suite page 583)

Sur notre couverture :

**CABLES OPTIQUES QUARTZ ET SILICE
MUNIS DE LEURS CONNECTEURS SMA
FABRIQUÉS PAR ATI**



ATI Connecteurs sertissables pour monofibres et câbles optiques, machine à fracturer sans polissage « infocut ». Systèmes émetteurs et récepteurs jusqu'à 30 Mbits/km.

**+
quartz & silice**

Fibres optiques à saut d'indice et à gradient d'indice « Selfoc ». Câbles optiques.

**=
INFOPTIC***

Systèmes complets de transmission de données par fibres optiques pour : informatique, process control, téléphonie, vidéo, avionique, liaisons sécurisées, etc...

Les fibres et câbles optiques Quartz et Silice sont distribués par :

S.E.D.I., 20, rue Anatole-France,
92290 CHATENAY-MALABRY — Tél. : 660.01.13

ATI

134, avenue Marcel Cachin
92320 CHATILLON — Tél. : 737.31.10

**quartz
& silice**

DIVISION FIBRES OPTIQUES

Avenue du 11 Novembre
45300 PITHIVIERS
Tél. : (38) 30.20.01

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

oe magazine

oe magazine

oe magazine

oe magazine

- 577 **Courrier des lecteurs**
- 589 **Événement**
- 599 **Informations générales**
- 599 **Télécommunications**

- 603 **Composants**
- 607 **Mesure et instrumentation**
- 608 **Informatique**
- 609 **Grand public**

- 611 **Nouvelles économiques**
- 615 **Nouveautés techniques**
- 624 **Activité des laboratoires.**
- 626 **Livres reçus**

Transmission TV

Les techniques numériques offrent d'intéressantes perspectives pour l'échange international de programmes de télévision destinés à la télédiffusion publique. Les organismes internationaux concernés ont établi des normes en vue de faciliter les échanges.

- 631 **Le codage de la télévision à 34 Mbits/s.**

J. SABATIER

Composants

Les tubes à écran cathodique jouent un rôle important dans la visualisation d'informations. Il existe une abondante variété de tubes répondant à une gamme étendue d'applications.

- 637 **Présentation d'informations par tubes cathodiques. Les écrans multifonctions.**
- 645 **Bruit basse fréquence du transistor MOS (2^e partie).**

J. P. GALVES

P. GENTIL

Enseignement

- 653 **Recherche et enseignement à l'Institut d'électronique fondamentale d'Orsay.**

M. SAUZADE

Biomédical

- 658 **Théorie d'une méthode d'investigation par ultrasons des milieux stratifiés : l'impédographie acoustique.**

J. P. LEFEBVRE

Ferroélectricité

- 664 **Calcul numérique des cycles d'hystérésis ferroélectrique à partir d'un modèle statistique.**

M. BERNARD, A. LAUGIER et J. PERRIGOT

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. BREDAS.

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

Comité de lecture
Président : G. PAYET, PTT (Tél. 638.40.69).

l'onde électrique

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

Index des annonceurs,
3^e de couverture.

© 1978, 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

oe magazine

oe magazine

oe magazine

577 Letters

589 Events

599 Moving around

599 Telecommunications

603 Components

607 Instrumentation

608 Computers

609 Consumer electronics

611 Economical news

615 Technical news

624 Laboratories activity

626 Books received

International exchange of digital coded TV signals for broadcasting use needs an international standardization of the coding. Because of the various colour standards (PAL, NTSC, SECAM) the coding has to be performed on composite signals.

Cathode-ray tubes are an important family of display devices. There are a lot of tubes covering a large field of applications.

TV Transmission

631 Television coding at 34 Mbits/s.

J. SABATIER

Components

637 Cathode-ray tubes considered as display devices; multifunction screens.

J. P. GALVES

645 Low frequency noise in MOS transistors (2nd part).

P. GENTIL

Education

653 Research works at the « Institut d'Électronique Fondamentale » in Orsay.

M. SAUZADE

Medical and bioengineering

658 Theory of an ultrasonic investigation method of stratified media : acoustic impediography.

J. P. LEFEBVRE

Ferroelectric

664 Ferroelectric hysteresis cycle computing from a statistical model.

M. BERNARD, A. LAUGIER et J. PERRIGOT

EDITORIAL MATTERS

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

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. 638.40.69).

Subscription: 3th 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 Meacham 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.

© 1978, Masson, Paris
Published monthly

Recommandations aux Auteurs de mémoires

1. — Généralités

L'Onde Électrique comporte une partie «magazine» et une partie «mémoires scientifiques et techniques».

La partie «magazine» est entièrement réalisée par la Rédaction, il n'en sera donc pas davantage question ici.

La partie «mémoires scientifiques et techniques» comporte les 4 types de textes suivants :

a) *Articles de mise au point*, généralement rédigés à la demande du Comité de l'Onde Électrique.

b) *Articles ordinaires*, fournis spontanément par les auteurs ou résultant de journées d'études, colloques, etc. de la S.E.E.

c) *Articles de formation continue*, présentant un caractère pédagogique marqué.

d) *Communications brèves*, ne dépassant pas 2 pages, adressées spontanément par les auteurs et offrant à ceux-ci un moyen d'expression intéressant en leur permettant notamment de publier rapidement les progrès d'une étude ou de faire connaître une innovation.

2. — Originalité

En principe l'Onde Électrique ne reprend pas d'articles déjà publiés.

Les mémoires techniques des catégories b) et d) doivent avoir un degré marqué d'originalité. Ils ne doivent pas résulter du démarquage de textes déjà publiés ni en instance de publication dans d'autres revues.

Des dérogations peuvent être admises dans les cas exceptionnels où la publication originale n'a été accessible qu'à un nombre restreint de personnes et où il y a un intérêt majeur à en diffuser la matière auprès du public de l'Onde Électrique.

Dans un tel cas, l'Auteur doit le déclarer clairement lors de la remise de son manuscrit.

Il est rappelé aux Auteurs qu'ils ne doivent pas présenter un même texte ni des textes analogues pour publication dans deux revues différentes simultanément. C'est une question de déontologie. D'ailleurs s'il en résultait des contestations de «copyright», les auteurs concernés seraient personnellement responsables.

3. — Rédaction

Nous attirons l'attention des auteurs sur le fait que la majorité des lecteurs ne sont pas familiers avec leurs spécialités. Il importe donc que l'article soit rédigé pour des lecteurs curieux, mais généralement non avertis des détails et du vocabulaire de la branche technique à laquelle appartient l'article. En revanche, ils sont supposés avoir une solide formation générale en mathématique, physique, électronique... Les articles devront donc contenir, dans leur introduction la dose de rappels juste nécessaire pour rendre l'article intelligible à un ingénieur non spécialement initié.

4. — Longueur

Étant donné la limitation du volume de publication de l'Onde Électrique et compte tenu du fait que la concentration d'un texte par son auteur oblige celui-ci à un synthèse salutaire de ses idées, le Comité de l'Onde Électrique a décidé de limiter la longueur des mémoires scientifiques et techniques à 5 ou 6 pages imprimées sauf exception pour certains articles de mise au point couvrant un domaine particulièrement vaste.

Les communications brèves (catégorie d) ne dépasseront pas 2 pages imprimées.

Ces nombres de pages comprennent les figures, le titre, le sommaire, la bibliographie. Une page pleine de l'Onde Électrique contient environ 6 000 lettres ou espaces et une figure représente en moyenne 1/8 page imprimée. Pratiquement, le nombre de pages dactylographiées, double interligne, figures comprises, est environ le double du nombre de pages imprimées.

5. — Titre

Le titre, court, doit renfermer uniquement des mots significatifs. Il peut être complété par un sous-titre.

Il doit être informatif non seulement pour le lecteur scientifique mais aussi pour le documentaliste. Lors du choix d'un titre, on ne doit pas perdre de vue qu'il doit permettre à un lecteur en quête de documentation de savoir instantanément dans la majorité des cas si l'article concerne ou non le sujet qui fait l'objet de sa recherche. On proscriera les noms de marque et on évitera dans la mesure du possible l'emploi d'abréviations.

6. — Résumé

Un court résumé en français et en anglais avec traduction du titre sera joint. Le résumé a pour objectif essentiel d'informer en peu de mots les lecteurs de la portée générale de l'article, de mettre en évidence sa structure, de présenter les principaux résultats et conclusions. Sa longueur n'excèdera pas 200 mots.

7. — Présentation matérielle

Il est instamment demandé aux Auteurs de relire attentivement leur manuscrit avant de le remettre et notamment de vérifier la correction des formules, des symboles d'unités, l'homogénéité des notations intervenant dans le texte et dans les illustrations ainsi que la numérotation des figures.

Manuscrit. Il sera dactylographié (25 lignes par page), en deux exemplaires. Les titres ou sous-titres de même valeur seront signalés d'une façon identique tout au long du texte.

L'orthographe des termes scientifiques, des noms propres sera uniforme dans le manuscrit et sur les figures.

Les termes peu courants ou sigles utilisés seront expliqués entre parenthèses la première fois qu'ils apparaîtront dans le texte, ces définitions peuvent être réunies dans un *glossaire*.

Bibliographie. On limitera aux travaux les plus récents et les plus significatifs cités dans l'article. Si une bibliographie importante existe déjà on se bornera à indiquer sa référence. Les références seront classées par ordre alphabétique en indiquant après le(s) nom(s) d'auteur(s) :

— *pour les articles* : le titre de l'article, le titre abrégé de la revue selon les normes internationales, tome, fascicule, pages extrêmes et l'année de publication.

— *pour les livres* : le titre du livre, le nom de l'éditeur, la ville et l'année de parution.

Figures et tableaux. Dans le but de susciter l'attention du lecteur, et de l'inciter à lire l'article, chaque illustration comportera une légende originale, courte, mais explicite. Toutes les figures seront numérotées en *chiffres arabes* et seront appelées dans le texte. Il en sera de même pour les *tableaux* qui seront numérotés en *chiffres romains*. Les figures et tableaux seront remis sur des feuilles séparées du manuscrit.

Les *photographies* seront fournies sous forme d'excellents tirages sur papier ou de négatifs originaux. On indiquera dans les marges, au dos, ou sur un calque les coupes possibles, flèches, numéros, lettres à ajouter, etc.

Les *diagrammes* et dessins au trait seront fournis en trait noir sur papier blanc ou sur calque.

Les *légendes* seront réunies et dactylographiées sur des feuilles séparées.

En remettant leur manuscrit, les auteurs n'omettront pas de joindre une photographie d'identité, ainsi qu'un curriculum vitae très succinct (2 lignes mentionnant la fonction et la formation). Les *noms* et *prénoms* des auteurs seront indiqués avec l'*adresse* du laboratoire, du centre ou de l'entreprise où a été réalisé le travail.

8. — Expression linguistique

L'Onde Électrique est une revue de langue française. Ses colonnes sont ouvertes aux auteurs de toute nationalité à condition qu'ils puissent remettre leur texte en français *correct* à la Rédaction de l'Onde Électrique.

Une exception ne pourrait être faite à cette règle que pour des articles écrits en anglais, de mérite scientifique ou d'originalité particulièrement grands et que l'auteur serait dans l'impossibilité matérielle d'écrire ou de traduire en français. Ces textes devront, toutefois, être accompagnés d'un résumé en français.

La forme linguistique du texte (vocabulaire et aussi syntaxe) devra être soignée pour éviter des allées et venues entre le Comité de Lecture et l'Auteur.

Dans toute la mesure du possible, on évitera l'emploi de sigles et de mots étrangers, qui, en français, sont adoptés le plus souvent avec une acception fautive ou mal définie. Si le mot français manque, il n'y a pas à reculer devant la création d'un néologisme à condition que celui-ci soit dûment défini, justifié et contrôlé.

Chaque fois que cela sera possible, on utilisera des unités sur le système international d'unités S.I. (c'est-à-dire les unités S.I. et leurs multiples et sous-multiples décimaux). Dans les cas où l'emploi d'unités étrangères (hors systèmes) ne pourrait être évité, on s'abstiendrait d'essayer de traduire celles-ci et on les conserverait sous leur forme originale.

9. — Acceptation et modification des articles

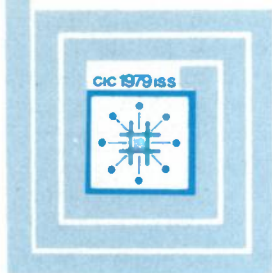
Les articles reçus, *sollicités ou non*, sont soumis pour acceptation au Comité de Lecture par la Rédaction en vue de leur examen quant au fond et à la forme.

Les textes seront datés et remis à la *Rédaction de l'Onde Électrique*. Les relations ultérieures relatives à l'acceptation et la modification des articles ont lieu exclusivement entre l'Auteur et le *Président du Comité de Lecture*, par l'intermédiaire de la *Rédaction de l'Onde Électrique*.

Toute la correspondance est à adresser à : Rédaction de l'Onde Électrique, 48, rue de la Procession, 75015 Paris.

COLLOQUE INTERNATIONAL DE COMMUTATION

PARIS, 7-11 MAI 1979



colloque
international
de la
commutation
international
switching
symposium

Le Colloque International de Commutation CIC-ISS 79 se tiendra à Paris, à l'hôtel PLM Saint-Jacques, du lundi 7 au vendredi 11 mai 1979.

Il est placé sous le haut patronage du Secrétaire d'État aux Postes et Télécommunications et organisé par la Société des Électriciens, des Électroniciens et des Radioélectriciens (S.E.E.) et par le Groupement des Industries Électroniques (GIEL).

Cette manifestation scientifique, qui a pour but de faire le point des techniques de commutation électronique dans les télécommunications (téléphone et données), est la neuvième du genre. Les précédentes ont eu lieu aux Bell Laboratories (1957), à Londres (1960), Holmdel (1963), Paris (1966), Londres (1969), Boston (1972), Munich (1974) et Kyoto (1976).

C'est l'occasion pour tous les spécialistes de cette technique en pleine évolution et dont les aspects vont de l'informatique à la transmission numérique ou de l'exploitation des réseaux aux terminaux de télécommunication, de confronter leurs points de vue au niveau mondial et de prendre connaissance des réalisations nouvelles.

L'importance du Colloque International de Commutation peut se mesurer par le nombre croissant de contributions de haute tenue technique présentées pendant la semaine : 95 à Munich en 1974, 136 à Kyoto en 1976, environ 170 à Paris en 1979, ce qui nécessitera une présentation en parallèle dans trois salles.

Ces contributions ont été retenues après un filtrage sévère par un comité scientifique international qui a éliminé environ la moitié des propositions reçues.

Elles émanent de 24 pays différents mais, bien que la commutation électronique intéresse très vivement les pays en voie de développement, ce sont évidemment les pays industrialisés qui présentent le plus de contributions techniques : 35 françaises, 26 américaines, 17 allemandes, 16 japonaises, 12 italiennes, 12 anglaises, 11 canadiennes, 4 suédoises, etc...

En complément des exposés, les industriels français prévoient d'organiser un certain nombre de visites techniques qui leur permettront de présenter leurs matériels les plus récents.

La participation au Colloque International de Commutation est toujours très importante. Si la tendance constatée jusqu'ici se maintient, on peut estimer que le Colloque de Paris attirera de 1 200 à 1 500 personnes.

Tous les renseignements complémentaires peuvent être obtenus à l'adresse suivante : Colloque International de Commutation, 11, rue Hamelin, 75783 Paris Cedex 16. Tél. : 505.14.27 — poste : 467 ou 567.



COURRIER DES LECTEURS

(suite de la page 577)

— les ondes incidentes et réfléchies composent des franges d'interférence d'ondes stationnaires avec des maxima et des minima qui subordonnent le champ local total à la position par rapport à la ligne.

— les ondes modulées sur les ondes réfléchies montrent un retard par rapport au signal modulé de l'onde incidente, produisant un ou plusieurs échos de l'image sur l'écran d'un téléviseur.

L'amplitude de l'onde réfléchie peut parfois être, dans les cas extrêmes, plus grande que celle de l'onde incidente. Cela s'explique par la constatation que la ligne, par sa hauteur, se trouve dans une position beaucoup plus favorable pour recevoir l'onde incidente que l'antenne de réception usuelle. Ces perturbations affectent surtout la réception de programme de télévision par des téléspectateurs se trouvant du côté émetteur de la ligne.

La réflexion de l'onde incidente cause donc l'apparition d'images fantômes sur l'écran d'un téléviseur, dans certains cas graves la synchronisation peut être très perturbée.

Les sociétés exploitantes des réseaux de transport de l'énergie électrique se penchent depuis longtemps sur les perturbations engendrées par les dits réseaux et prennent un certain nombre de précautions lors de la construction des lignes. Le problème est extrêmement complexe et dans l'état actuel de l'art, il n'est pas possible d'éliminer totalement ces perturbations.

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.

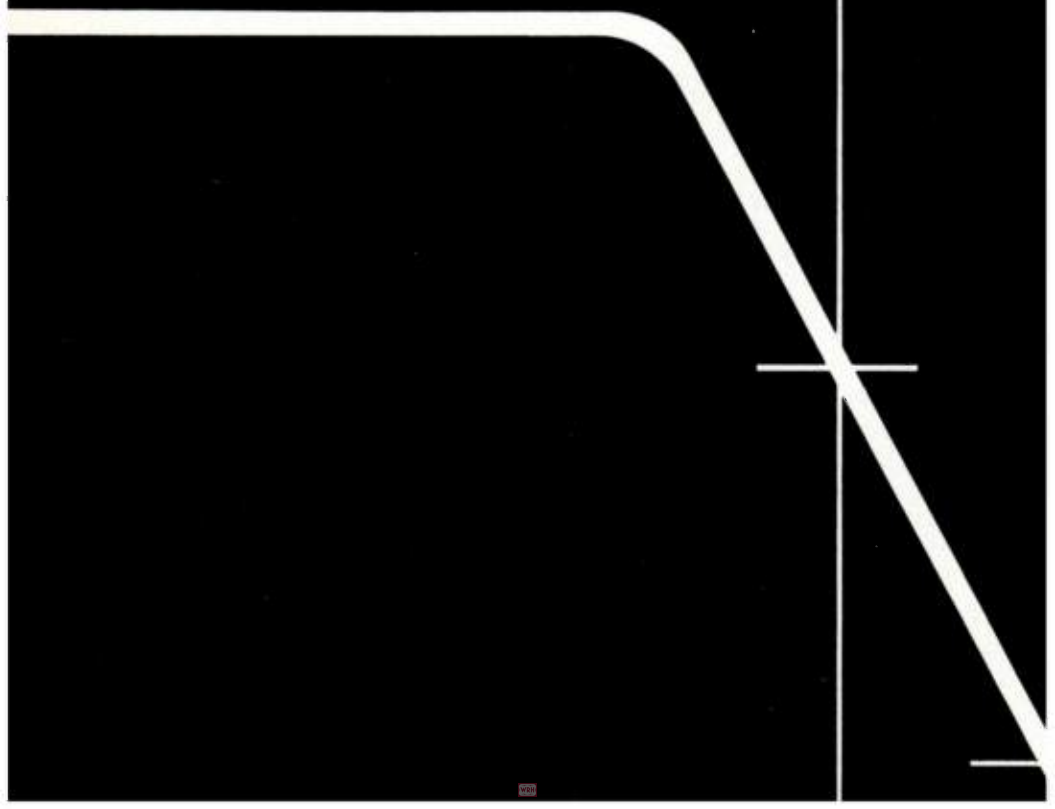
invitation à l'exposition

CAPTEURS
78

7-10 novembre 1978
de 10 à 18 heures

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

t_{CP}



NE PERDEZ PLUS VOTRE TEMPS, LE J 387 VOUS DONNE UNE GENERATION D'AVANCE!

Seul le testeur de mémoires J387 possède un contrôle automatique des fronts. Une possibilité d'importance vitale qui élimine les risques d'erreurs de fronts et la longueur et la sujétion de la calibration manuelle des temps.

Avec le contrôle automatique des transitions, la calibration devient une fonction du système lui-même, une fonction qu'il exécute automatiquement en 1 minute ou 2.

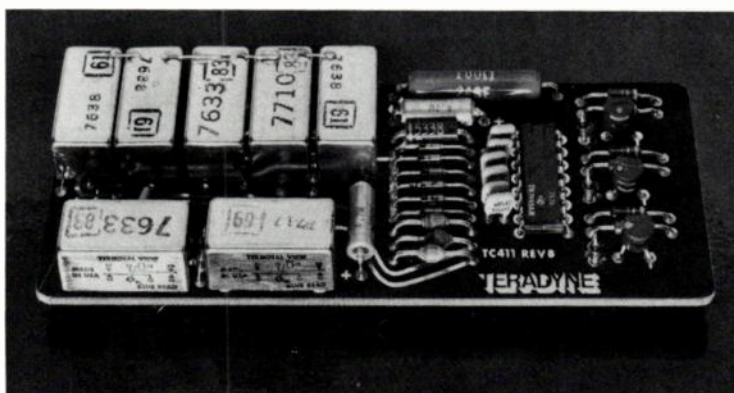
Maintenant la calibration peut être répétée assez souvent pour maintenir la reproductibilité des fronts. Plus d'heures d'arrêt chaque semaine pour calibration, plus de risques d'erreurs humaines.

Les avantages sont évidents. Avec en production une mémoire 16 K avec "page-mode", l'intégrité du timing est plus importante que jamais. Le contrôle automatique des transitions garantit cette intégrité avec des retombées financières.

POUR EN SAVOIR PLUS

La calibration automatique des fronts est

la raison primordiale du leadership de la J387 dans le test des mémoires. Mais c'est loin d'être la seule raison. Si vous produisez ou utilisez des mémoires en grande quantité, demandez notre nouvelle brochure ("Memory testing with a difference"). Elle vous dira pourquoi les utilisateurs de la J387 ont un temps d'avance.



Ce module a révolutionné le test des mémoires. Grâce à lui, le TERADYNE J387 calibre les fronts automatiquement au rythme d'un front par seconde.

TERADYNE

10-12 rue de Chartres 92200 Neuilly


TELEX

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

INFORMATIONS GÉNÉRALES

RCA a racheté pour un montant de 2,8 M£ la société **Chloride Granley**, du groupe britannique Chloride, spécialisée dans les systèmes d'alarme et de détection d'intrus. Chloride Granley emploie 420 personnes et a réalisé au cours de l'exercice clos au 31 mars 1978, un bénéfice avant impôts de 0,394 M£.

Le groupe britannique **EMI Ltd** a intenté auprès de la Cour de Milwaukee (Visconsin, USA) une action pour contre-façon contre la General Electric. Cette action concerne les équipements de tomographie.

La Fédération des Associations d'Ingénieurs de l'Asie du Sud-Est et du Pacifique a été officiellement constituée au mois de mai dernier, son sigle est **FEISEAP** (Fédération of Engineering Institutions of Southeast Asia and the Pacific).

Au cours du premier semestre de l'exercice fiscal clos au 31 octobre **Sony Corporation** (USA) a réalisé un chiffre d'affaires de 85 M\$ (+ 1,3 %) et un bénéfice net de 4 M\$ (- 28,6 %).

TÉLÉCOMMUNICATIONS

La Federal Aviation Administration a octroyé un contrat d'un montant de 2 M\$ à **Bendix Corporation** pour la fourniture d'un prototype de développement de système d'atterrissage à microondes (MLS) du type faisceaux battants et qui a été homologué par l'Organisation de l'Aviation civile Internationale.

L'American Satellite Corporation a octroyé un important contrat à la société **Coastcom** pour la fourniture sur 15 semaines de 1 100 compresseurs-expandeurs à fréquence vocale modèle 935. Ces équipements seront installés dans des centres situés à New-York, Dallas, Los Angeles et San Francisco où ils permettront d'accroître la capacité des systèmes terrestres de télécommunications par satellites.

La **Compagnie Commerciale de Radio-Électricité**, filiale française du groupe Philips a porté son capital de 4 à 8 MF.

L'Armée britannique a octroyé un important contrat à **Cossor Electronics**, filiale britannique de Raytheon, pour la fourniture d'équipements terminaux tactiques de réception et d'émission de messages de la série «Celtic». Ces équipements entièrement statiques font appel à une technologie moderne.

La NASA a octroyé un contrat d'un montant de 1,36 M\$ à **Ford Aerospace and Communications Corp** pour la fourniture de 9 systèmes de télémessure et de contrôle destinés à être installés au centre Goddard de la NASA.

Une chaîne de télévision américaine appartenant au groupe Dun and Brad Street a octroyé un contrat à **Hitachi Denshi America Ltd** pour la fourniture de 36 caméras couleur de qualité radiodiffusion modèle SK 80, destinées au reportage électronique.

Jeumont Schneider fournira à la Préfecture de l'Aisne (F) un autocommutateur temporel privé TLC10.

L'Autorité aéroportuaire de Singapour a octroyé un contrat d'un montant de 450 M de yens (2,25 M\$) à la **Nippon Electric Company** pour la fourniture d'un radar secondaire de surveillance et d'équipements annexes.

L'US Navy a octroyé un contrat d'un montant de 2,2 M\$ à la division Collins de **Rockwell International** pour la conception et le développement d'un émetteur-récepteur de télécommunications tactiques destiné à être aéroporté et qui est baptisé l'AN-ARC 182 (4 bandes dans la gamme 30-400 MHz en MA et MF).

L'Armée de l'Air du Pakistan a octroyé un contrat d'un montant de 1,8 M\$ à la division Collins de **Rockwell International** pour la fourniture de 200 émetteurs-récepteurs terrestres de télécommunication sol-air pour le contrôle du trafic aérien (225-400 MHz; 7 000 canaux) modèle AN/GRC-171.

Au cours du premier semestre de 1978, la **Société des Téléphones Thomson-Ericsson** a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de 617 MF (+ 16,6 %) et un bénéfice net de 16,61 MF après contribution exceptionnelle de 12,7 MF de la part de LM Ericsson et après provision de 4,3 MF pour dépréciation des stocks.

Le Ministère de la Défense britannique a octroyé un important contrat à la **Standard Telecommunication Laboratories**, filiale britannique de l'ITT, pour le développement et la fourniture de récepteurs à hautes performances destinés à fonctionner avec le système américain à couverture mondiale de navigation par satellite Navstar. Le système Navstar sera mis en service au milieu des années 80 et comportera 24 satellites.

L'Espagne a choisi le système PAL de télévision couleur.

COMPOSANTS

Hitachi s'apprête à introduire sur le marché un dispositif d'affichage alphanumérique à cristal liquide et à matrice de points pouvant présenter 2 lignes de 16 caractères. Ce composant portera la référence H 2513 et sera disponible avec un circuit spécial de commande MOS Complémentaire.

La **Nippon Electric Company** a décidé de faire son entrée dans le marché des circuits intégrés TTL Schottky à faible consommation («Low Power Schottky»).

La **Nippon Electric Company Ireland**, filiale irlandaise de la firme japonaise créée en juillet 1974, va commencer l'assemblage de mémoires vives de 16 K bits à un rythme mensuel de 20 000 à 30 000 dispositifs. Rappelons que NEC Ireland produit et assemble déjà des circuits intégrés et notamment des mémoires 4K destinées au marché européen.

Ford Aerospace and Communications a octroyé un contrat d'un montant de 1 M\$ à **R.F. Systems, Inc** pour la fourniture de 2 radomes de 32 cm et un radome de 20,2 m.

Sharp Corporation a porté sa cadence de production de dispositifs d'affichage à cristal liquide de 2 M d'unités par mois à 2,5 M d'unités par mois.

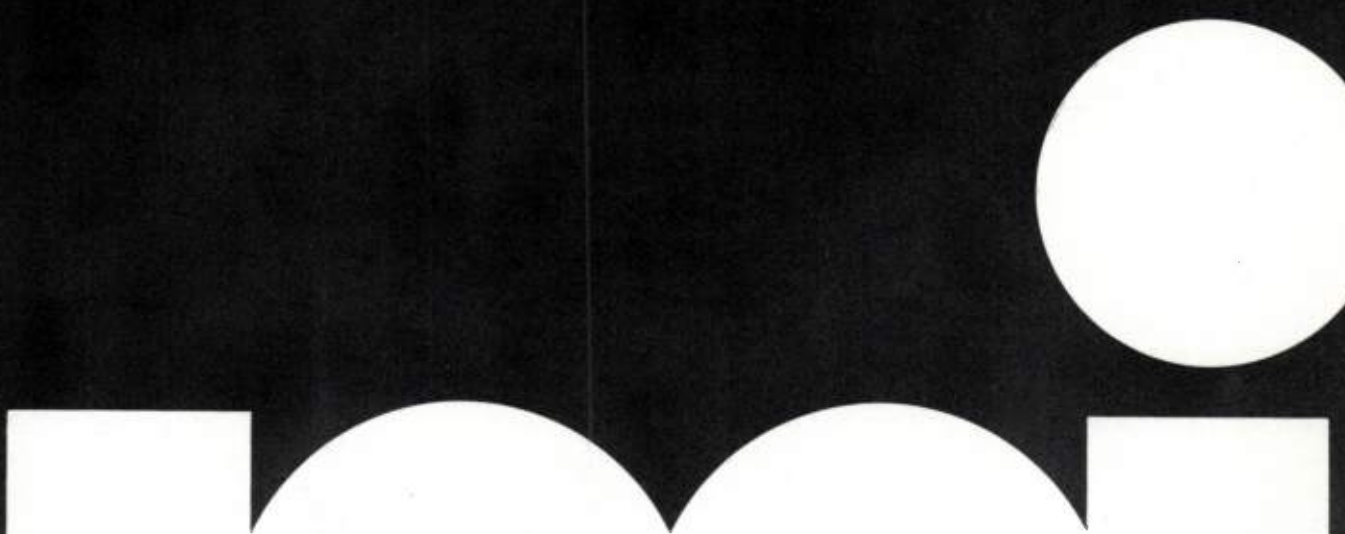
La firme japonaise **Stanley Electric** a porté sa cadence mensuelle de production de voyants à diodes électroluminescentes de 7 à 10 M d'unités.

Toshiba a porté ses cadences mensuelles de production de voyants à diodes électroluminescentes et de dispositifs d'affichage à diodes électroluminescentes respectivement à 10 M (+ 25 %) et à 7,5 M (+ 25 %).

Toshiba s'apprête à commercialiser deux dispositifs de prise de vue à semi-conducteurs : les modèles F 1201 A (transfert de charge, 40 x 14 éléments photosensibles) et le F 1203 B (à diodes PIN ; 1024 éléments disposés en une ligne).

Toshiba Corporation a décidé de porter sa cadence mensuelle de production du micro-ordinateur TLCS-43 de 7 500 à 25 000 unités environ. Le TLCS-43 est un nouveau micro-ordinateur à 4 bits en parallèle qui a été introduit au mois d'avril dernier, il possède une mémoire morte de 1 536 mots de 8 bits, une mémoire vive de 64 mots de 4 bits et s'alimente par une tension unique de 5 V ; il possède un registre de 34 instructions.

MARCONI : Inscrivez le n° 810. ►



L'AUTOTEST

le système de contrôle automatique de cartes câblées

Venez le voir à

AUTOMATIC TESTING 78
les 24, 25, et 26 Octobre

Centre International de Paris Porte Maillot

*Catalogue **mi** 78 - en Français - sur demande au service-lecteurs*

mi MARCONI INSTRUMENTS

Marconi Instruments · 32 avenue des Ecoles · 91600 Savigny-sur-Orge · France · Tél : 996.03.86 · Téléc : 600541 F

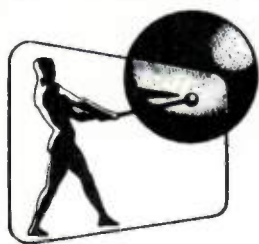
Toulon (83) : Dimel · Tél : (15.94) 41.49.63 · Rennes (35) : Soredia · Tél : (16.99) 50.50.29

Marconi Instruments Limited · Longacres · St. Albans · Hertfordshire · Angleterre AL4 0JN · Tel: (0727) 59292 · Telex: 23350

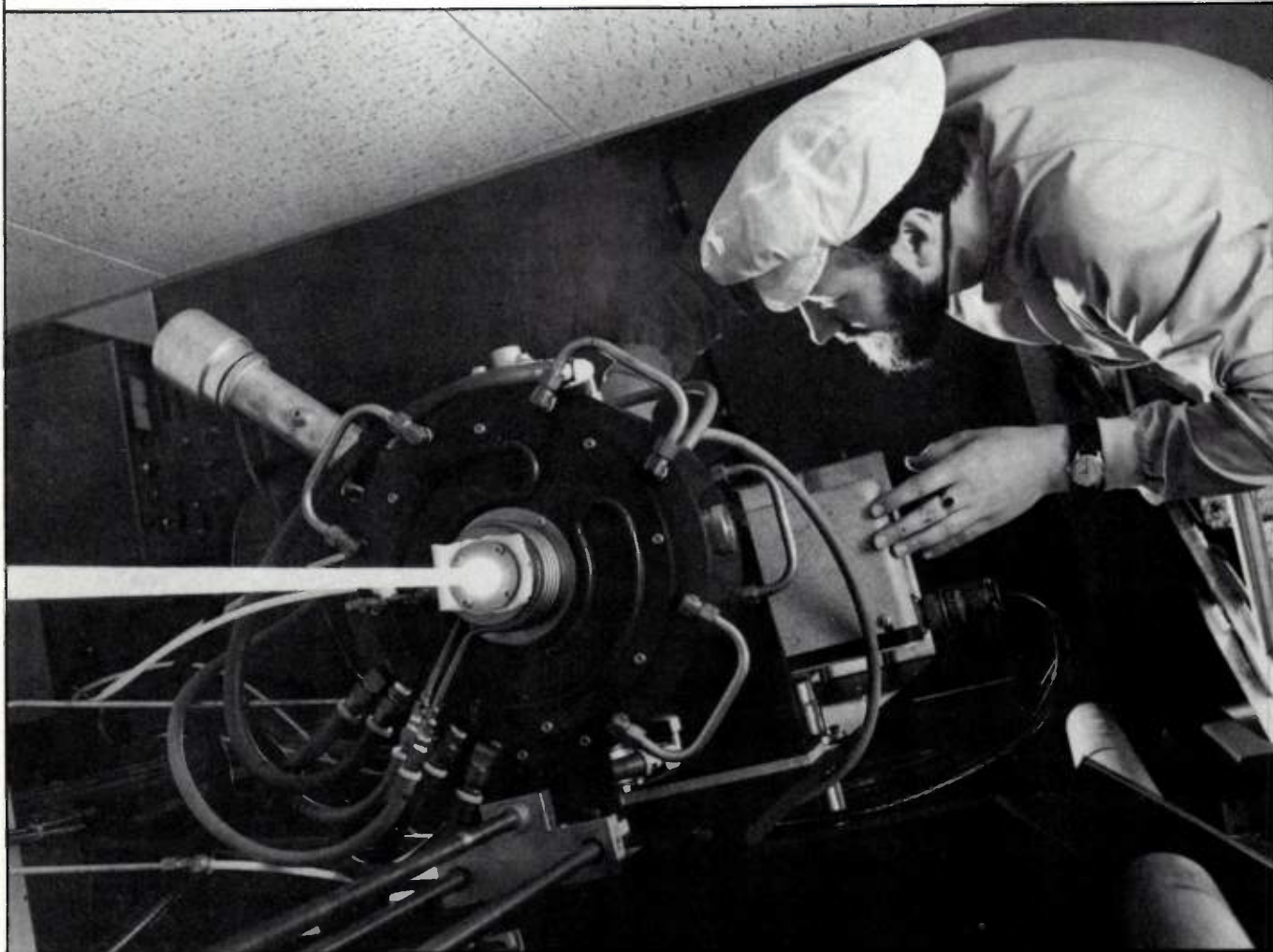
Marconi Electronics Inc · 100 Stonehurst Court · Northvale · New Jersey 07647 USA · Tél: (201) 767-7250 · Twx: 710-991-9752

Marconi Messtechnik GmbH · 8000 München 21 Jörgstrasse 74 · R.F.A. · Tel: (089) 58 20 41 · Telex: 5 212642

Membre du Groupe GEC - Marconi Electronics



RANK OPTICS



- systèmes de transmissions analogiques
- systèmes de transmissions digitales
- fibres et cables optiques
- connecteurs



RANK OPTICS une division de

RANK PRÉCISION INDUSTRIES S.A.

33, bd. Dubreuil 91400 ORSAY

Tél. : 928.53.90

Telex 692185 F

oe

ÉVÉNEMENT

Information Gatekeeper Inc, société organisatrice de la Fibre Optic Exhibition and Conference 78 (FOC'78) qui s'est tenue à Chicago du 6 au 8 septembre 1978, aurait souhaité, comme l'annonçait sa publicité, être en mesure d'organiser la première exposition entièrement consacrée aux fibres optiques. Malheureusement, pour cette publicité, FOC'78 aura été précédé par une autre manifestation, Fibre Optic Con' qui aura eu lieu à Boston au mois de mai dernier.

FOC'78 n'aura pas été la première exposition entièrement consacrée aux fibres optiques, malgré cela les grands noms de cette industrie naissante étaient présents et un programme technique chargé accompagnait l'exposition. La participation étrangère aura été toutefois très limitée puisque seuls la Nippon Electric Company et Quartz et Silice avaient accepté d'y participer activement.

Dans les stands

Corning Glass Works présentait sa gamme complète de fibres à gradient d'indice et profitait de l'occasion pour annoncer une baisse de prix de 25 % amenant ainsi le prix des fibres du bas de gamme à 0,5 \$ le mètre (atténuation linéique 20 dB ; bande passante : 100 MHz). Des bobines spécialement étudiées par la firme américaine permettent d'éviter la casse des fibres durant le transport et les opérations de câblage. Les fibres de Corning Glass équiperont une liaison entre Calgary et Chedoke au Canada qui doit être fournie par la Canada-Wire Canstar et seront utilisées dans un système de transmission numérique vidéo qui sera installé à London (Ontario-Canada). Ces mêmes fibres seront essayées pendant une période comprise entre 6 et 12 mois sur le vaisseau spatial Space-lab en 1980.

La société américaine **Belden Cables**, dont le chiffre d'affaires en 1977 s'est établi à 211 M\$, faisait son entrée sur le marché des câbles optiques en proposant des câbles à 1-2-6-12 ou 18 fibres utilisant des fibres à gradient d'indice produites par Corning Glass ou à saut d'indice fabriquées par Quartz et Silice. Ces câbles seront commercialisés en Amérique du Nord par l'intermédiaire d'un réseau de 1 100 revendeurs.

Le **Canstar**, du groupe canadien Canada Wire, proposent des fibres à saut ou à gradient d'indice, câblées ou non.

Cette même société a annoncé la commercialisation de fibres Phasil à saut et ultérieurement à gradient d'indice obtenue par une méthode originale, la méthode de Macedo.

Hewlett-Packard exposait des boîtiers d'émission et de réception permettant des liaisons à 10 M bits/s sur une longueur de 100 m et un ensemble d'évaluation composé de deux boîtiers et d'un câble de longueur donnée muni de ses deux connecteurs.

La **Telemet**, du groupe Geotel faisait une démonstration vidéo en couleur sur un système 4210 développé par ses soins, système déjà utilisé la KSL-TV lors de la Convention NAB du mois de mai 1978.

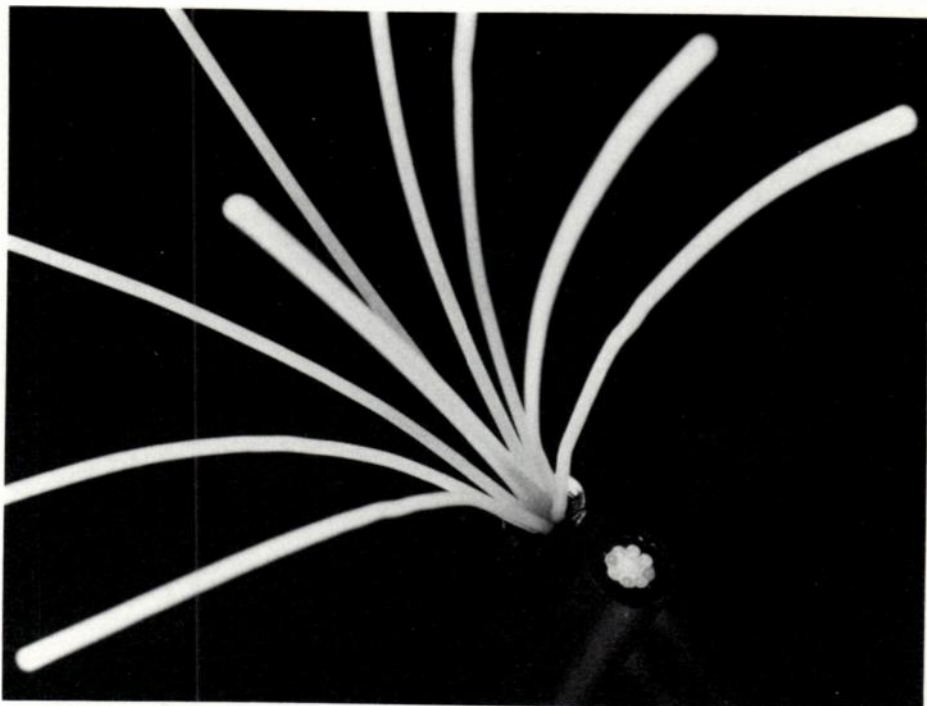
La **Northern Telecom** (Canada) forte de sa notoriété dans le domaine des fibres optiques, se limitait à faire des démonstrations d'épissures avec, sans aucun doute, l'appareil le mieux conçu pour un emploi sur le terrain. Il est possible d'effectuer des épissures introduisant des pertes de 0,25 dB et ceci en moins de 5 minutes, toutes

opérations incluses. On notait également sur le stand un système complet de transmission analogique de signaux vidéo. Quant aux chercheurs de la Bell Northern, maison mère de la Northern Telecom, ils innovaient une fois de plus en présentant d'un dispositif optique intégré, version guide d'ondes optique d'un résonnateur non linéaire de type Fabry-Perot.

La **General Optronics** qui garantit maintenant ses diodes laser pour une durée minimale de 100 000 heures introduisait des modules d'émission équipés de ces diodes.

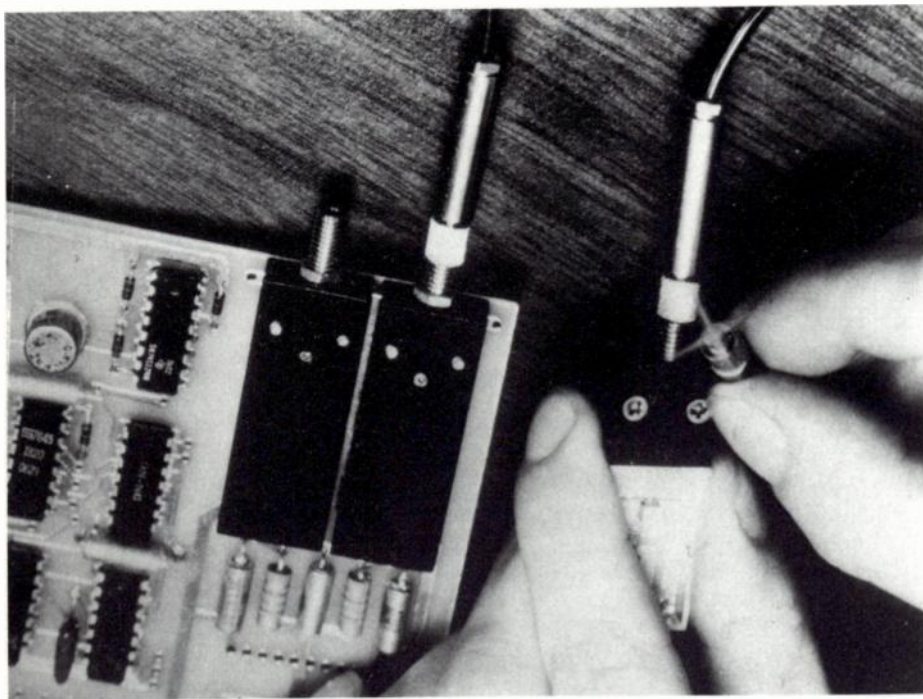
Thomas and Betts était la seule société à montrer des connecteurs pouvant facilement être mis en œuvre par le client pour des fibres de 125 microns. **Orconics** présentait deux appareils ; un réflectomètre permettant de contrôler la qualité des fibres optiques en production et un système destiné à réaliser des épissures sur des fibres d'un diamètre maximal de 400 μ .

La **General Cable** exposait des câbles contenant jusqu'à 28 fibres optiques à



Fibres optiques

(Photo Spectrum)



Système de transmission par fibres optiques, et à faible taux d'erreur, modèle HFBR - 0010 de Hewlett-Packard (vitesse de transmission : 10 Mbits/s).

gradient d'indice produites par Corning Glass et dont l'atténuation linéique est inférieure à 6 dB/km. Cette même firme proposait son assistance technique pour l'installation et la conception des systèmes.

L'association Siemens-Corning Glass, *Siecor*, profitait de l'annonce des baisses des prix des fibres Corning pour les répercuter sur ceux des câbles optiques.

Quartz Products Corporation, filiale américaine de *Quartz et Silice*, présentait sa gamme complète des fibres à saut d'indice et faisait part de son intention de proposer dès 1979, de nouvelles fibres à saut d'indice et à gaine optique en verre dopé.

Valtec et ses filiales *Comm/Scope* et *Laser Diode Labs* mettaient leurs ressources en commun pour présenter des systèmes complets destinés à l'informatique et à la télédistribution par câbles.

L'*ITT* et ses trois divisions : *Electron Optical Products*, *Cannon* et *Telecom-*

munications proposaient une gamme étendue de produits nécessaires à la réalisation de liaisons optiques : fibres, câbles, connecteurs, modules, coupleurs, diodes.

La société *Times Fiber Communications Inc.*, exposait une gamme complète de fibres verre-verre à saut et à gradient d'indice câblée ou non, des modules numériques et analogiques et un équipement de contrôle et de mise en œuvre.

La *Nippon Electric Company* par l'intermédiaire de sa filiale américaine, forte de sa réalisation à Disney World, prétendait être en mesure de réaliser de nombreux systèmes optiques à base de fibres *Selfoc* de la *Nippon Sheet Glass*, présentant le meilleur rapport qualité-prix.

A la conférence

Une conférence technique durant laquelle aucune révélation ne fut faite, accompagnait l'exposition. Il y eut, en

effet, beaucoup d'exposés sur l'état de l'art en matière de fibres optiques.

Les applications militaires représentent un débouché important pour les fibres optiques. Ainsi, le Gouvernement américain fait développer un nouveau missile sol-air «fibro-guidé» dans lequel les fibres optiques ne reçoivent qu'une protection simple.

Certaines applications relatives aux centrales nucléaires ont été évoquées sous l'aspect essentiel de la fiabilité.

De nombreux travaux sont actuellement effectués en vue d'utiliser des longueurs d'ondes élevées dans l'infrarouge et notamment dans la région de 1,27 μ . RCA décrivait un émetteur de lumière de haute qualité fonctionnant dans cette zone de longueurs d'ondes. Les conférenciers de la TRW présentaient un nouveau connecteur optique faisant appel à un coude pour le positionnement géométrique de la fibre dans le connecteur.

M. Macedo a décrit une nouvelle technique de renforcement de la résistance des fibres à la traction consistant, à utiliser les pressions radiales dues aux différences de dilatation.

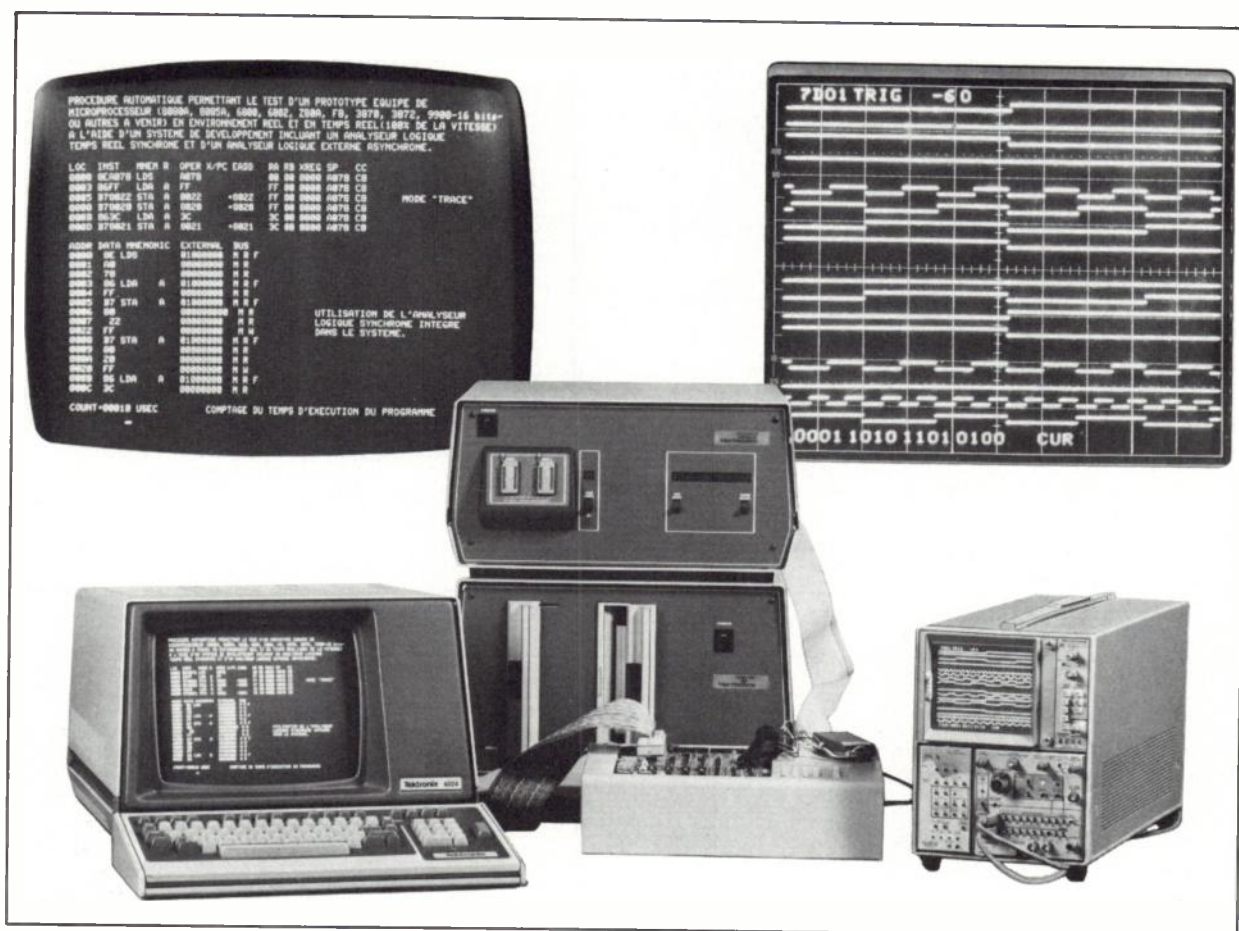
Les orateurs de Corning Glass Works ont présenté une nouvelle technique de bobinage assurant une faible tension de bobinage. L'inconvénient majeur de cette méthode est qu'elle rend impossible toute mesure d'atténuation sur la bobine, aussi est-il nécessaire de rebobiner la fibre de manière classique pour effectuer de telles mesures.

Les exposés à caractère économique sur le marché des fibres optiques ont été décevants par leur médiocrité.

D'une manière générale, la première édition de FOC aura réuni un peu moins d'une trentaine d'exposants représentant les grands noms de ce marché en plein essor. Il y eut quelques absences remarquées de firmes européennes et des japonaises certainement motivées par l'attentisme face à cette exposition ; la présence de certains de leurs représentants dans les couloirs est certainement le signe d'une éventuelle participation à FOC '79 qui aura lieu du 5 au 7 septembre 1979 à Chicago.

L'UNIVERSALITE.

Matériel et logiciel, nous apportons une réponse universelle à vos problèmes de logique.



Synergie, K.E.

TEKTRONIX ne se limite pas à résoudre quelques-uns de vos problèmes de logique. TEKTRONIX traite la logique dans son ensemble. La gamme créée par TEKTRONIX est la seule qui permette de résoudre tous les problèmes de logique. Pour développer le logiciel et le

matériel autour de microprocesseurs tels que 8080, 8085 A, 6800, 6802, Z 80, 9900, F 8, 3870, 3872, etc., vous disposez de systèmes universels et modulaires de développement 8001, 8002. Pour le matériel, en complément aux systèmes, TEKTRONIX vous offre des analyseurs logiques avec

reconnaisseur de mots incorporé, le 7D01 et le LA 501 W, un formateur 7 modes de représentation, le DF2, qui donne côte à côte sur l'écran le tableau de référence et celui du système sous test avec intensification des données erronées et qui permet de travailler en GPIB et en ASCII et des capteurs de parasites DL2 et DL 502.

Tektronix®

LA REFERENCE EN MESURE ELECTRONIQUE

Service Promotion des Ventes - B.P. 13 - 91401 Orsay - Tél. 907 78 27
Centres régionaux : Lyon - Tél. (78) 76 40 03 —
Strasbourg - Tél. (88) 39 49 35 — Toulouse - Tél. (61) 40 24 50
Rennes - Tél. (99) 51 21 16 — Aix-en-Provence - Tél. (42) 59 24 66

Coupon-réponse
à retourner à TEKTRONIX,
Service Promotion des Ventes
B.P. 13 - Z.I. de Courtabœuf.
91401 ORSAY - Tél. : 907.78.27.

M. : _____

Société : _____

Fonction : _____

Adresse : _____

Tél. : _____

désire recevoir, sans engagement de sa part :

- ☐ une documentation sur la logique,
- ☐ la visite d'un ingénieur commercial,
- ☐ des notes d'application.

MARCONI INSTRUMENTS

Le grand Européen de la mesure
en Télécommunications
recherche

dans le cadre de son expansion en France

● pour Dépt MESURE TELECOM.

2 TECHNICO-COMMERCIAUX

expérimentés - Anglais indisp.

1 AT2 OU 3

pr travail en labo et maintenance ap. de mesures
BH-HF-UHF et hyper Anglais lu indisp.

● pour Dépt AUTOTEST
(Test automatique de cartes).

1 TECHNICO-COMMERCIAL

1 AT3

pr travail en labo et chez client (courts déplacements
poss.), installation, mise en serv. et serv. après vente
systèmes tests autom. notions programmations et
Anglais lu indisp. Postes à pourvoir de suite.

Écr. avec C.V. et prétentions à

MARCONI INSTRUMENTS

32, av. des écoles — 91600 Savigny-sur-Orge

AUGAT®

Société de matériel d'interconnexion,
d'interrupteur et de boîtier pour la
microélectronique, recherche pour l'im-
plantation de son siège européen en
France et sa nouvelle unité de fabri-
cation, installés dans la RÉGION PARI-
SIENNE (94 FRESNES).

Europe (AUGAT) INGÉNIEUR SPÉCIALISTE PRODUIT

Sera responsable du marketing et de la commercialisation de
la gamme des produits Augat-Interconnexion pour l'Europe,
en particulier, de la promotion de nouveaux produits et
relations publicitaires. Déplacements sur l'Europe 1/4 mois
pour assister le réseau de représentants et distributeurs. Ce
poste peut convenir à un ingénieur d'environ 25 à 30 ans,
parfaitement bilingue anglais, ayant le sens des responsabilités.

réf. AUE 1

INGÉNIEUR SERVICE «WRAPPING»

Doit avoir une connaissance du «WRAPPING», expérience
dans ce domaine souhaitée. Il aura aussi la responsabilité du
service «STITCH WELDING» système AUGAT Planar. Très
bonne connaissance de l'anglais indispensable. Stage de 4 à
8 semaines prévu aux USA. Le profil idéal de cet ingénieur :
25/30 ans travaillant dans une production similaire, ou contrôle
fabrication d'ordinateur ou mini-ordinateur. Ce poste est un
véritable défi pour une personne qui veut évoluer avec la
société.

réf. AUF 3

CHEF DE GROUPE FABRICATION

Ayant une grande expérience des circuits imprimés, et si
possible du montage de contact en série. Assurera le démarrage
de la nouvelle fabrication, gestion des approvisionnements de
celle-ci. Animera pour commencer une équipe de 15 person-
nes. Si compétent, évolution certaine au sein de la société.
Stage de formation prévu aux USA. Très bonne connaissance
de l'anglais indispensable.

réf. AUF 1

GRANDES POSSIBILITÉS D'AVENIR POUR LE PERSONNEL QUI DÉMARRE AVEC LA SOCIÉTÉ

Adresser lettre de candidature manuscrite et C.V. à :
Direction du Personnel AUGAT — Rue des Champs-Élysées
(ALPHA 128) — 91440 BURES-SUR-YVETTE.

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.

RACAL-DANA INSTRUMENTS S.A.

MEUDON BELLEVUE (92)

Recherche immédiatement pour son expansion

INGÉNIEURS TECHNICO COMMERCIAUX

Expérience deux ans appareils de mesure
et télécommunications secteur région parisienne
voiture société — intéressement au C.A.

TECHNICIENS ÉLECTRONICIENS (AT2 OU AT3)

Préférence origine télécommunications/systèmes
pour maintenance et mise au point

ANGLAIS INDISPENSABLE

STAGES POSSIBLES A L'ÉTRANGER

Le développement prévu de la société RACAL-DANA
permet d'envisager une évolution de carrière rapide
à court terme

Envoyer C.V. manuscrit avec photo à :

RACAL-DANA INSTRUMENTS S.A.

91, route des Gardes — 92190 Meudon
ou tél. au 027.75.75 pour rendez-vous.



Les systèmes d'acquisition/distribution de données compatibles minis/micros.

DATEL SYSTEMS met à votre disposition une gamme de cartes compatibles mécaniquement et électriquement avec votre mini ou microcalculateur.

Elles sont à la fois « interface » et « périphérique » d'entrée/sortie.

Aucun câblage, aucune adaptation ne sont nécessaires.

De nombreuses possibilités d'extensions sont offertes soit par des cartes additionnelles, soit par notre système DAS 256 (256 voies d'entrées) qui permet aussi de saisir en simultané jusqu'à 64 voies. Des câbles de liaison pour ces différents dispositifs sont prévus en option.

Dans le cas où vous ne trouveriez pas le modèle de carte adaptable à votre micro ou mini, nous proposons nos systèmes d'acquisition complets MDAS 16 et HDAS 16 (photo ci-dessus), à connecter directement sur le bus.

Demandez-nous une démonstration sur votre système. Nos ingénieurs d'applications sont à votre disposition.

DATEL SYSTEMS Leader en technologie de conversion et d'acquisition de données fabrique : convertisseurs A-N, N-A Multiplexeurs - Echantillonneurs bloqueurs - Amplificateurs opérationnels - Alimentations modulaires - Convertisseurs DC-DC - Voltmètres de tableau - Imprimantes - Compteurs - Data loggers - Systèmes d'acquisition - Enregistreurs - Lecteurs de cassette.

Nos représentants : Rhône-Alpes, Comtec Tél. : (78) 48 61 87 - Sud Ouest, SPELEC Tél. (61) 62.34.72

nouveaux instruments et systèmes

ST 6800

Carte d'entrées/sorties analogiques compatibles
« Exorciser M 6800 »



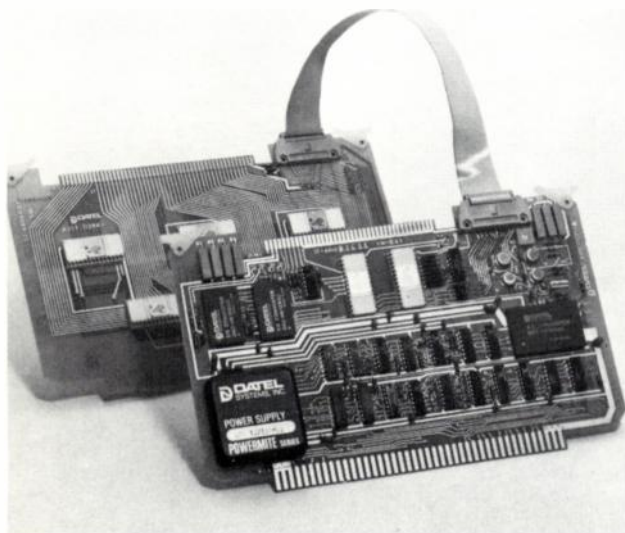
Caractéristiques :

- 16 ou 32 voies d'entrées et 2 voies de sorties
- Extension jusqu'à 128 voies
- Résolution du convertisseur A/N = 12 bits
- Possibilité d'interruption par événement externe
- Vitesse d'acquisition de 30 000 échantillons/sec.
- Fourniture du programme de test sur bande perforée
- Programmation en assembleur 6800
- Chaque canal A/D - D/A est traité exactement comme 2 adresses mémoires consécutives.
- Nombreuses cartes complémentaires disponibles.

Carte-Informations cerclez le n° 4-01

ST 6800 AD X 32 S

Carte d'extension de 32 voies d'entrées pour
« Exorciser 6800 »



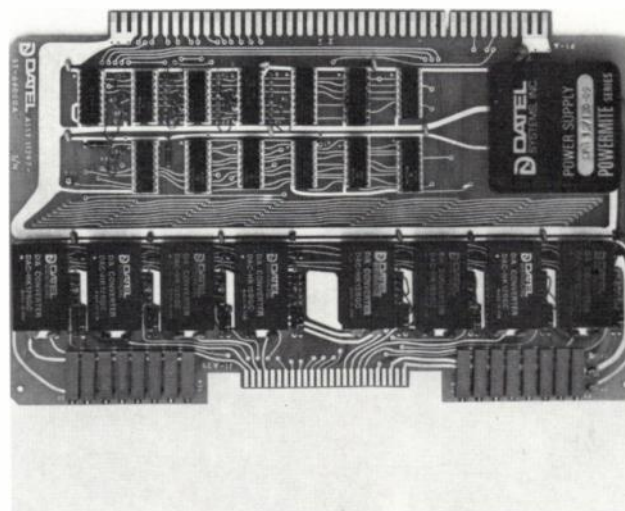
Caractéristiques :

- Multiplexeurs CMOS - LSI - protégés : ± 35 V
- Précision de transfert : 0,01 %
- Très faible diaphonie : - 86 dB
- Extension jusqu'à 128 voies
- Gestion par le programme assembleur 6800, en adressage direct, sans sous-multiplexage
- Câble de liaison avec carte-mère en option.

Carte-Informations cerclez le n° 4-02

ST 6800 DA 48 B

Carte de sorties analogiques pour
« Exorciser 6800 »



Caractéristiques :

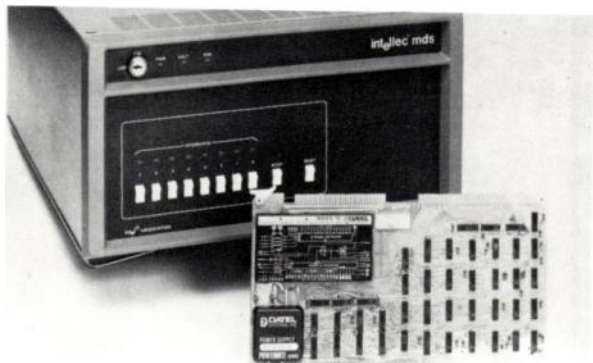
- 4 ou 8 voies de sorties analogiques
- Résolution des convertisseurs N/A = 12 bits
- Sorties multiples :
 - + 5 V, + 10 V, ± 5 V, ± 10 V/5mA
- Sortie logique supplémentaire de 12 bits, plus 2 bits associés à chaque D/A
- Fourniture des bandes perforées comprenant le programme de test
- Extension jusqu'à 128 voies par cartes additionnelles autonomes.

Carte-Informations cerclez le n° 4-03

nouveaux composants et modules

ST 800

**Carte d'entrées analogiques compatibles
MDS 800, SBC 80, BLC 80**



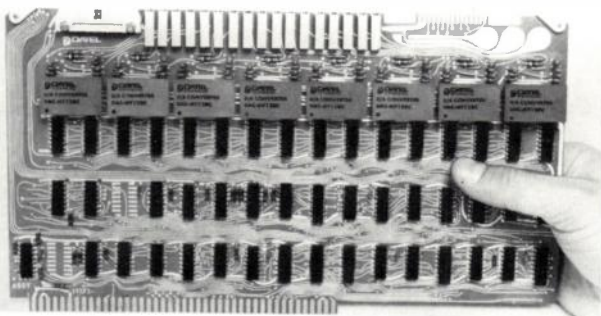
Caractéristiques :

- 16 ou 32 voies d'entrées analogiques :
+ 5 V, + 10 V, ± 5 V, ± 10 V
- Vitesse : 36 000 échantillonnages/seconde
- Modes : DMA, PCI, ISI
- Logique d'adressage automatique
premier/dernier canal
- Facilités d'interruption interne (base d'horloge) ou
externe (événement)
- Extension jusqu'à 256 voies
- Résolution du convertisseur A/N = 12 bits
- Fourniture des programmes de test sur bandes
perforées, d'un package d'aide à la
programmation
- Nombreuses cartes complémentaires.

Carte-Informations cerclez le n° 4-04

ST 800 DA

**Carte de sorties analogiques compatibles
SBC 80, MDS 800, BLC 80**



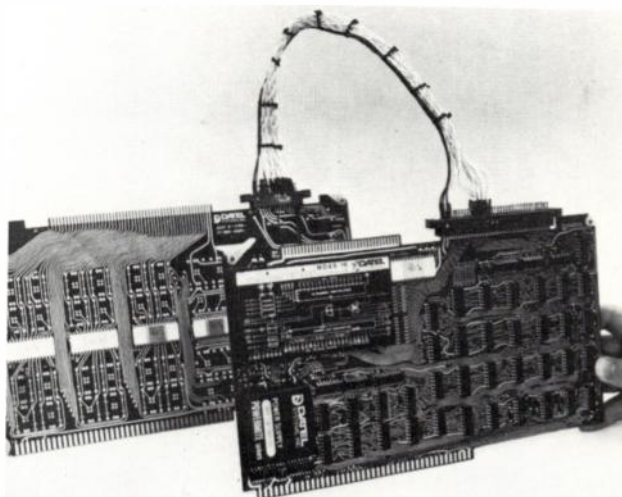
Caractéristiques :

- 4 ou 8 voies de sorties analogiques
- Extension jusqu'à 256 voies
- Résolution des convertisseurs N/A = 12 bits
- Multiples gammes de tensions possibles :
+ 5 V, + 10 V, $\pm 2,5$ V, ± 5 V, ± 10 V/5 mA
- Temps d'établissement : 4 secondes à 0,01 %
- Possibilité de remplacer les convertisseurs N/A
par des lignes de 12 bits
- Nombreux câbles de liaisons et accessoires
disponibles.
- Fourniture du programme de test sur
bande perforée.

Carte-Informations cerclez le n° 4-05

ST 800 AD X 32/48 S

**Carte d'extension de 32/48 voies d'entrées
analogiques pour microprocesseurs
de la série 8080**



Caractéristiques :

- Accepte des tensions ou courants variés, avec
protection contre les surtensions
- Multiplexeurs CMOS, LSI, rapides et précis :
1 microseconde à 0,01 %
- Très faibles courants de fuite : 10 nA max.
- Extension jusqu'à 256 voies.

Carte-Informations cerclez le n° 4-06

CARTE-INFORMATIONS
à retourner affranchie à

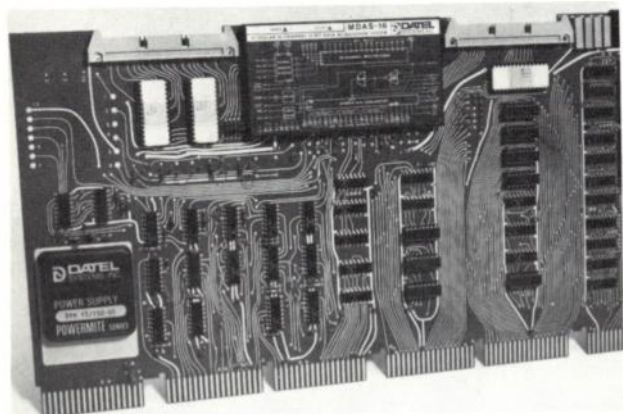
DATEL
SYSTEMS

11 avenue Ferdinand-Buisson
75016 PARIS



ST-PDP

**Carte d'entrées/sorties analogiques
pour miniordinateur PDP 11**



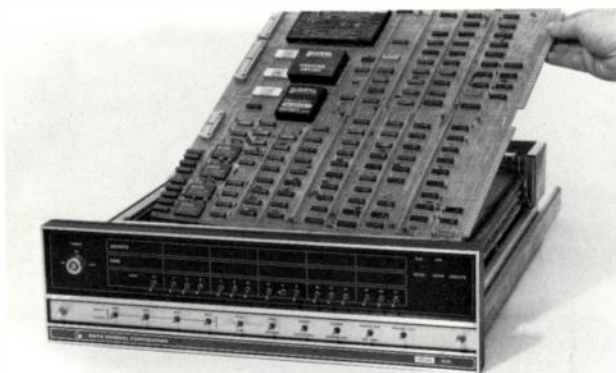
Caractéristiques :

- 64 voies d'entrées et 2 voies de sorties
- Extension jusqu'à 768 voies
- Vitesse d'acquisition de 45 000 échantillons/seconde en DMA
- Adressage des voies en séquentiel automatique ou aléatoire
- Fourniture d'un package de programmation
- Systèmes livrés opérationnels avec connecteurs BB 11 et câbles éventuels d'interconnexions
- Fourniture des programmes de test sur bandes perforées.

Carte-Informations cerchez le n° 4-07

ST NOVA

**Carte d'entrées/sorties analogiques
pour miniordinateur NOVA**



Caractéristiques :

- 64 voies d'entrées et 4 voies de sorties
- Extension jusqu'à 256 voies
- Vitesse d'acquisition de 45 000 échantillons/seconde en DMA
- Adressage des voies en mode séquentiel ou aléatoire
- Fourniture des programmes de diagnostic sur bandes perforées
- Fourniture d'un package de programmation.

Carte-Informations cerchez le n° 4-08

Demandez nos brochures décrivant en détail nos systèmes

Vous y trouverez les spécifications électriques et mécaniques complètes ainsi que des considérations sur la programmation.



Carte-Informations cerchez le n° 4-09

ST LSI-11/PDP 03 prochainement disponible

ST MICRO NOVA prochainement disponible

opp conseil

M..... Fonction.....

Entreprise..... Service.....

Adresse.....

Ville..... Code postal..... Tél..... poste.....

Souhaite sans engagement, ni frais,

☐ Recevoir le catalogue Datel 1978

☐ Recevoir une documentation plus complète sur les produits-numéros suivants :

n° 4-01 n° 4-02 n° 4-03 n° 4-04 n° 4-05 n° 4-06 n° 4-07 n° 4-08 n° 4-09

☐ Recevoir régulièrement Datel Systems Informations (abonnement gratuit)

☐ Avoir la visite d'un ingénieur Datel pour le problème suivant :

AUGAT VOUS A PROPOSÉ SES SUPPORTS « PROFIL ZÉRO ». ILS SONT AUJOURD'HUI OPÉRATIONNELS!

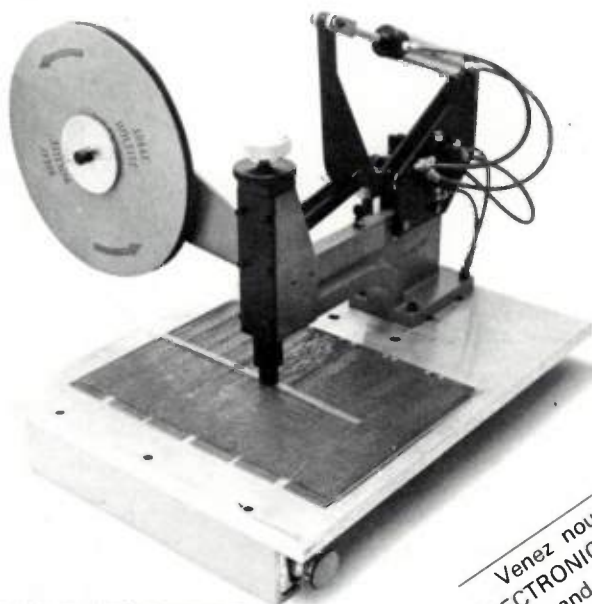


Il n'y a pas très longtemps, AUGAT a introduit le système « HOLTITE » sans soudure, permettant de donner un profil zéro aux composants, éliminant ainsi les supports traditionnels et assurant une qualité sans égale grâce à des contacts béryllium.



Le système « HOLTITE » offre maintenant une nouvelle machine pneumatique à insertion, qui presse les contacts dans les trous métallisés, les transformant en support CI. Pour cette nouvelle technique les contacts sont présentés en rouleaux par modules (aux différents pas standard) sur un support Mylar permettant une insertion de 5 000 contacts à l'heure. Quelle que soit l'importance ou la nature de vos applications, le système « HOLTITE » offre maintenant tous les avantages des supports, réduit les temps de tests, supprime les dommages causés aux circuits intégrés par les opérations de soudure, facilite leur emplacement tout en diminuant le coût de la maintenance. Vous n'avez aucun changement à apporter dans vos programmes de fabrication, si ce n'est le diamètre des trous de la carte aux cotes indiquées.

Constatez vous-même ces avantages en vous procurant un kit (réf. 398 HK 001) qui comprend tout le matériel permettant la réalisation des prototypes.



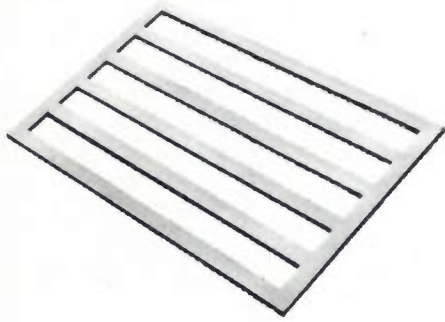
Venez nous voir
ÉLECTRONICA Hall 14
Stand 1401/2

AUGAT®

Augat produit d'interconnexion ISO-
TRONICS : boîtier pour la micro-
électronique et ALCOSWITCH, inter-
rupteur subminiature.

Augat Sarl, rue des Champs-Lasniers
- 91440 BURES SUR YVETTE -
Tél. : 907-11-02

Service lecteur : inscrivez le n° 813.



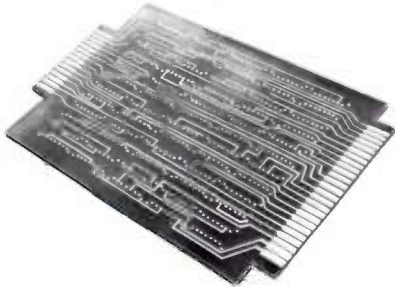
Avec Mini ⚡ Bus

vous augmentez la section de vos conducteurs d'alimentation en libérant la surface de votre circuit.



+ ces circuits intégrés

vous faites tenir facilement 36 c.i. sur une carte double-face de 125 × 150 mm.



+ ce circuit imprimé double-face

vous évitez un circuit multicouches onéreux.



Obtenez ce circuit haute densité

Améliorez vos performances
Réduisez vos bruits parasites
Diminuez vos prix de revient.

Mektron-France

9, allée des Jachères - SOFILIC 416
94263 FRESNES Cedex
Téléphone : 668-10-25 - Télex : 260719



oe

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Le capital de **AEG-Telefunken France** a été porté de 35 à 45 MF.

La société américaine **Eli Lilly** s'apprête à prendre le contrôle de **Cardiac Pacemakers Inc** (USA).

Au cours du premier semestre de 1978, la **CGE** a réalisé un chiffre d'affaires consolidé de 17 091 MF (+ 13,3 %) dont 2 410 pour l'activité « télécommunications » (+ 10,9 %); 800,5 pour l'activité « câbles » (- 5 %).

La **SAT** va céder à la société **3 S Cadres** la participation de 39 % qu'elle détenait dans la **Compagnie des Signaux et Entreprises Électriques** (CSEE). Par ailleurs, la CSEE et la **SAGEM** ont fait apport de leur activité maintenance de matériels téléinformatique à la société **G 3 S Infodif**.

Ferranti Ltd a introduit ses titres à la Bourse de Londres.

La Société **Intertechnique** a été inscrite au marché hors-cote de la Bourse de Paris.

Au cours du premier semestre de 1978, **La Radiotechnique** a réalisé un chiffre d'affaires de 913,5 MF (+ 18,6 %). Pour la même période, le chiffre d'affaires consolidé du groupe **La Radiotechnique** atteint : 1 704 MF (+ 8,8 %).

Au cours du premier semestre de 1978, la société **LMT**, du groupe **Thomson-CSF**, a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de

834 MF (+ 8,4 % à structure équivalente) et un chiffre d'affaires consolidé hors taxes de 1 274 MF en incluant les résultats de **LTT**.

La firme américaine **Med General**, spécialisée dans la fabrication d'équipements électroniques biomédicaux va implanter sa première usine hors des USA, à Shannon (Irlande).

En 1977, **Motorola Inc** a réalisé un bénéfice net de 106,3 M\$ (+ 15,7 %) et un chiffre d'affaires de 1 848,4 M\$ (+ 20,4 %) dont 821 M pour l'activité communications et 580 M pour l'activité semi-conducteurs. Au cours du premier semestre de l'exercice en cours le chiffre d'affaires de la firme américaine s'établit à 1 041,9 M\$ (+ 19 %) et le bénéfice net à 60,5 M\$ (+ 17 %).

Motorola Inc a introduit ses titres à la Bourse de Londres.

Au cours du premier semestre de 1978, **Philips** a réalisé un chiffre d'affaires de 8 006 M de florins (+ 10 %) et un bénéfice net de 311 M de florins (+ 4,7 %).

Scientific Atlanta va entreprendre les démarches nécessaires pour l'introduction de ses titres en Bourse aux États-Unis.

Au cours du premier semestre de 1978, la **SINTRA** a réalisé un chiffre d'affaires de 103 138 000 F (+ 27,5 %).



Calculateur de bord de la Chrysler Simca, Horizon SX.

Ce calculateur permet d'obtenir l'heure, le temps écoulé depuis le départ, la distance parcourue, la consommation moyenne et la vitesse moyenne du véhicule.

En 1977, la **Standard Elektrik Lorenz** (SEL) filiale allemande de l'ITT a réalisé un chiffre d'affaires de 2 735 M de DM (1,5 %) et un bénéfice net de 40,2 M de DM. Les exportations ont représenté 24,1 % du chiffre d'affaires contre 26,7 % l'année précédente. Pour sa part le chiffre d'affaires de **SEL A.G.** seule, s'établit à 2 420 M de DM (+ 1,2 %).

Au cours du premier semestre de 1978, **Thomson-Brandt** a réalisé un chiffre d'affaires consolidé de 10 494 MF (+ 9,4 %).

Au cours du premier semestre de 1978, **Thomson-CSF** a réalisé un chiffre d'affaires consolidé de 5 460,6 MF (+ 10,6 %). Le chiffre d'affaires de **Thomson-CSF** seul s'est élevé à 3 045 MF (+ 0,9 %).

oe

TÉLÉCOMMUNICATIONS

DANS LES USINES

La **CIT-Alcatel** introduit sous la référence TD 80 une nouvelle gamme de modems et de multiplexeurs faisant appel à des micro-processeurs. Les modems couvrent la gamme 300-9600 bits/s selon les modèles.

La **Nippon Electric Company** introduit deux nouvelles séries d'autocommutateurs électroniques privés à commutation spatiale : la série **NEAX 12** (capacité maximale : 360 postes) et la série **NEAX 22** (capacité maximale : 12 000 postes).

Toshiba a développé une caméra couleur utilisant deux dispositifs à transfert de charges à 174 080 éléments (512 x 340 éléments).

COMMANDES ET CONTRATS

L'Armée américaine a octroyé un contrat d'un montant de 3 842 M\$ à la société **AEL** pour la fourniture d'équipements destinés à être intégrés dans le système de défense aérienne à basse altitude **Vulcan**.

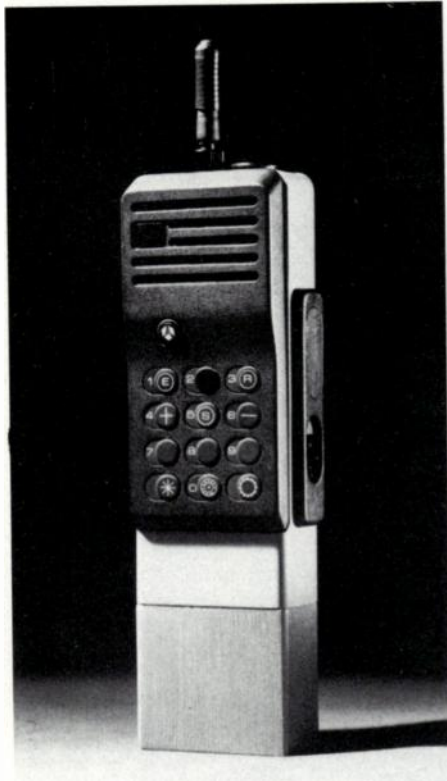
Au cours du premier semestre de 1978, la **CIT-Alcatel** a réalisé un chiffre d'affaires consolidé de 2 745 MF (+ 12,3 %).

Un contrat d'un montant compris entre 16 et 21 M\$ a été attribué par l'Arabsat à la **Comsat** pour l'étude d'un système de télécommunications par satellite destiné à relier entre eux les 27 pays de la Ligue Arabe.

L'Agence Spatiale Européenne a octroyé un contrat d'un montant de 46,5 M d'unités de compte (260 MF) au consortium européen **Cosmos** pour la construction du satellite scientifique **Exosat** qui doit être lancé au milieu de 1981. Le chef de file de **Cosmos** est le groupe allemand **MBB** et les participants sont **ETCA** (B), la **SNIAS** (F), **MSDS** (GB) et **Selenia** (I).

LM Ericsson a octroyé un contrat d'un montant de 0,178 M£ à **Cossor Electronics** pour la fourniture de 10 systèmes supplémentaires de reconnaissance ami-ennemi (IFF) modèle 850 destinés à être associés au radar de surveillance « Giraffe » de **LM Ericsson**.

Le Ministère de la Défense de la Grande-Bretagne a octroyé un contrat d'un montant de 3 M£ à **Cossor Electronics** pour le développement et la production d'un système de télécommunications multi canaux sol-air en ondes métriques et décimétriques.



Émetteur-récepteur de la nouvelle génération TMF 300 (Portatif) de Thomson CSF. (cliché J. PIERRE)

Philips Suède a octroyé un contrat d'un montant de 0,3 M£ à **Cossor Electronics** pour la fourniture de 4 systèmes de reconnaissance ami-ennemi (IFF) navals, modèle 850.

Cossor Electronics, filiale britannique de Raytheon, fournira à l'aéroport d'East Midland (GB) un système de visualisation de données en provenance des radars secondaires de surveillance, modèle Compass 9000. Le montant de la commande s'établit à 0,13 M£.

L'Administration des Télécommunications de Norvège a octroyé un contrat d'un montant de 0,13 M£ à **Cossor electronics** filiale britannique de Raytheon pour la fourniture d'un système de radar secondaire de surveillance, modèle 850, destiné à l'aéroport de Stavanger.

Le Post Office britannique a octroyé un contrat à la firme américaine **Databit Inc** pour la fourniture d'équipements de multiplexage temporel destinés au réseau télex. Rappelons que Databit a constitué au début de 1978 une filiale en Grande-Bretagne.

L'ATT a octroyé un contrat à **General DataCom Industrie Inc** pour l'achat de modems pour lignes privées à 300 bauds. Ce contrat prévoit l'achat et la facturation groupée des modems achetés par toutes les filiales de l'ATT.

L'Arabie Saoudite a octroyé un contrat d'un montant de 725 M de DM à la firme d'Allemagne Fédérale **Dyckerhoff und Wildmann** pour la construction d'un centre de télédiffusion à Ryad (5 studios). Ce contrat ne couvre pas la fourniture des équipements de télédiffusion couleur SECAM.

L'US Marine a octroyé un contrat d'un montant de 1,125 M\$ à **E-Systems** pour la fourniture de 10 systèmes centraux de télécommunications par satellite (modèle AN/TSC 89) dont chacun sera équipé de 3 terminaux AN/WSC 3.

L'US Naval Electronics Systems Command a octroyé un contrat d'un montant de 0,74 M\$ à **Fairchild** pour le développement d'un système de vision marine et terrestre à bas niveau de lumière et à transfert de charges.

Mac Donnell Douglas a octroyé un contrat d'un montant de 26 M\$ à **Ford Aerospace** pour la fourniture de systèmes de vision en infrarouge destinés à l'avion F 18.

Les PTT d'Irlande ont octroyé un contrat d'un montant de 700 M yens à **Fujitsu Ltd** pour la fourniture d'un système de commutation télex électronique Fedex 100 (capacité initiale 5000 lignes) et trois concentrateurs télécommandés modèle Fedex 100 R.

L'Administration des télécommunications de l'Inde a octroyé un contrat d'un montant de 3,7 M\$ à **Fujitsu Ltd** pour la fourniture de 250 équipements MIC à 30 voies modèle 215 PNM 30. Rappelons qu'une commande analogue d'un montant de 1,3 M\$ avait été passée en juin 1977.

Le Post Office britannique a octroyé un contrat d'un montant de 3 M£ à **GEC Telecommunication Ltd** pour l'équipement d'une artère numérique à 120 M bits/s (équipements de transmission et de multiplexage, équipements MIC pour les jonctions à 30 voies, équipements télégraphiques, modems).

L'US Air Force a octroyé un contrat d'un montant de 1,6 M\$ à **GTE** pour la fourniture d'un système de contrôle et de détection de baisse des performances d'un réseau de télécommunications numériques militaires à couverture mondiale.

Les compagnies privées de téléphones de Danemark Jydsk Telefon Aktieselskab (JTAS) et Fyns Kommunale Telefonselskab (FKT) ont octroyé un contrat d'un montant total de 4,5 M\$ à **GTE** pour la fourniture de centraux numériques privés.

La NASA a octroyé un contrat d'un montant de 12,7 M\$ à **GTE** pour la fourniture d'un autocommutateur public à programme enregistré EAX n° 2 de 3800 lignes de capacité et de deux autocommutateurs numériques privés GTD 120. Ces équipements seront installés au centre spatial Kennedy.

La Nigerian External Telecommunications, Administration des télécommunications internationales du Nigéria, a octroyé deux contrats d'un montant total de 1,3 M\$ à **GTE**. Le premier contrat (montant : 989 500 \$) porte sur l'extension de capacité de la station terrienne de Lanlate et le second sur l'installation d'un faisceau hertzien destiné à relier Lanlate à Lagos.

Le Canada a octroyé un contrat d'un montant de 6,6 M\$ à **Harris Corporation** pour la fourniture d'un système de télécom-

munications reliant Calgary à Cheadle dans la province d'Alberta. Cette liaison doit faire partie de l'Alberta Government Telephones.

L'US Air Force Space and Missile Systems Organization a octroyé un contrat d'un montant de 3,8 M\$ à **Hughes Aircraft** pour la fourniture d'un satellite d'observation optique HALO (High Altitude Optic). Ce satellite d'observation et d'alerte comprend un système de prise de vue comportant environ 100 000 dispositifs à couplage de charges.

Selon les termes d'un accord récemment conclu, **Insac Data Systems Ltd**, firme britannique constituée par le National Enterprise Board pour la vente des produits informatiques à l'étranger, mettra en service aux États-Unis le système Prestel du Post Office britannique à la fin de 1979. Rappelons que Prestel, est un système qui permet d'afficher de manière interactive sur un téléviseur des informations transmises par voie téléphonique et en provenance de banques de données. Le système Prestel devrait être mis en service en Grande-Bretagne au cours du mois de décembre de 1979.

ITT commercialisera aux États-Unis sous sa propre marque, les autocommutateurs électroniques privés de type spatial, série Discover, produits aux USA par la firme japonaise OKI. Ces autocommutateurs ont une capacité de 128, 256 et 512 postes; ils seront intégrés dans la série TD d'ITT.

ITT Autriche fournira à la Gendarmerie d'Autriche un système double de commutation de messages, modèles 6400 ADX. Le montant de la commande s'établit à 15 M de shillings.

Le Post Office britannique a octroyé un contrat d'un montant de 24 M£ à l'**ITT Creed** pour la fourniture de 12 000 télé-imprimeurs et des équipements annexes.

Les PTT de Norvège ont octroyé un contrat d'un montant de 4 M\$ à **LM Ericsson** pour la fourniture d'un centre télex international à commutation électronique spatiale modèle ABX 20.

Le Malawi a octroyé un contrat d'un montant de 5 M\$ à **LM Ericsson** pour la fourniture d'autocommutateurs du type Crossbar et d'équipements de transmission et pour l'extension de centraux déjà installés.

Le Ministère des Télécommunications du Koweït a octroyé un contrat d'un montant de 23 M\$ à **LM Ericsson** pour la fourniture de 3 centraux électroniques AXE et l'extension de la capacité de centraux déjà fournis par la firme suédoise.

Les PTT de Zambie ont octroyé un contrat d'un montant de 6 M\$ à **LM Ericsson** pour la fourniture de centraux téléphoniques crossbar et l'extension de centraux déjà installés.

Le Service Technique des Télécommunications de l'Air (STTA, F) a passé un contrat d'études à la société **LMT**, du groupe Thomson-CSF, pour l'étude et la réalisation d'un prototype de balise d'infrastructure TACAN

de 5 kW d'une nouvelle génération destinée à remplacer à partir de 1982 les anciennes balises TACAN GRN-9A.

Le système de navigation aérienne **Marconi Avionics** modèle AD 620, a été choisi comme système de navigation de base de l'avion d'entraînement de l'Armée de l'Air d'Italie MB 339 fabriqué par Macchi. Rappelons que Macchi compte produire environ 100 appareils MB 339 au cours des 2 prochaines années.

Le Ministère de la Défense britannique a octroyé un contrat à **Marconi Avionics** pour la fourniture des senseurs de contrôle destinés à équiper les torpilles légères Sting Ray. Ces torpilles sont destinées à être lancées par des hélicoptères ou des avions.

Selon les termes d'un accord commercial intervenu entre les deux firmes, **Marconi Avionics Ltd** commercialisera la caméra de télévision à transfert de charges modèle MV 301 AB de **Fairchild**, destinée à être mise dans le cockpit des aéronefs.

L'Armée de l'Air du Danemark a octroyé un contrat d'un montant de 60 000 £ à **Marconi Avionics Ltd** pour la fourniture d'indicateurs automatiques du cap (ADF), modèle AD 380S destinés à équiper des hélicoptères LYNX.

Le Ministère de la Défense britannique a désigné **Marconi Avionics Ltd** comme contractant principal pour le matériel de traitement de données acoustiques du programme britannique de lutte anti-sous-marine.

Marconi Communication Systems fournira à la société britannique Tyne Tees Television, 4 caméras couleur Mark IX.

Granada Television (Manchester, GB) a octroyé un contrat d'un montant de 1 M£ à **Marconi Communication Systems** pour la fourniture de 27 caméras couleur modèle Mark IX.

La Télévision écossaise a passé commande de 4 caméras couleur modèle Mark IX à **Marconi Communication Systems**.

La British Petroleum a octroyé un contrat d'un montant de 0,3 M£ à **Marconi Marine** pour la fourniture d'un système complet de télécommunication et de divertissement destiné à être installé dans la plate-forme pétrolière Buchan située en Mer du Nord.

Les Phares et Balises de la Norvège ont passé commande de balises radar marines modèles Sea Watch 300 à **Marconi Radar**.

L'Administration des Télécommunications de Jordanie a octroyé un contrat d'un montant de 2 200 M de yens à la **Nippon Electric Company** pour la fourniture d'une deuxième station terrienne de télécommunications par satellite destinée au réseau Intelsat et qui aura une antenne de 32 m de diamètre. Ce contrat est financé par un prêt à 7,5 % de l'Export Import Bank of Japan.

La Telecommunications Authority de Singapour a octroyé un contrat à **Philips** pour la fourniture d'un autocommutateur

privé à programme enregistré, modèle EBX 8 000 (1 800 postes, 160 lignes réseaux, 10 postes d'opératrices).

Les Autorités des Pays-Bas ont octroyé un contrat d'un montant de 2,3 M de florins à **Philips** pour la fourniture de 4 radars destinés à la surveillance des côtes de ce pays.

Le Ministère de la Défense de Malaisie a octroyé un contrat à **Philips** pour la fourniture d'un autocommutateur privé à commande par programme enregistré, modèle EBX 8 000 dont la capacité initiale sera de 1 000 postes.

L'Autorité aéroportuaire d'Asuncion (Paraguay) a octroyé un contrat d'un montant de 15,5 M£ à **Philips Telecommunications** pour la modernisation des systèmes de télécommunication de cet aéroport. La commande porte notamment sur des réseaux de commutation, des systèmes de radiocommunication et des systèmes de transmission.

La British Airways a octroyé un contrat à **Plessey** pour la fourniture de 25 systèmes AIDS (Aircraft Integrated Data Systems), modèle PVS 1940, destinés à équiper la flotte des Boeing 737 de la compagnie aérienne.

La Compagnie des Téléphones de Sao Paulo (BR) a octroyé un contrat d'un montant de 8 M£ à **Plessey do Brazil**, filiale brésilienne de Plessey pour la fourniture de centraux téléphoniques du type Crossbar totalisant environ 29 000 lignes.

Le Gabon a octroyé un contrat d'un montant de 6,6 M£ à **Plessey Radar** pour l'élargissement et la modernisation du système civil de contrôle aérien du pays. Plessey fournira notamment des stations de radio-communication terrienne sol-air en ondes métriques qui seront reliées au centre de télécommunications de Libreville, un système d'atterrissage aux instruments (IIS) qui sera installé à Port Gentil et de nombreux systèmes d'aide à la navigation et à l'atterrissage.

Les PTT des Pays-Bas ont acquis auprès du **Post Office britannique** le logiciel du système Viewdata. Rappelons que Viewdata est un système qui permet de recevoir et de sélectionner des informations transmises par téléphone et affichées sur un téléviseur.

L'Allemagne Fédérale a acquis auprès du **Post Office britannique** le logiciel du système Viewdata.

Pye TVT, filiale britannique de Philips fournira 10 caméras couleur LDK 5 à la BBC. Lorsque ce contrat sera honoré, la BBC disposera de 29 caméras LDK 5.

Le Gouvernement d'Australie a octroyé un contrat d'un montant de 15 M\$ australiens (8,8 M£) à **Racal Electronics** pour la fourniture des systèmes de radiocommunication transportables et à haute puissance, destinés à l'Armée Australienne. Deux types de station seront fournis, l'un ayant une portée de 4 000 km et l'autre de 1 000 km.

La Marine italienne a octroyé un contrat d'un montant de 18 M\$ à **Raytheon** pour la

fourniture de 6 sonars DE 1164 à profondeur variable.

La Radiodiffusion Norvégienne a passé commande de 38 émetteurs de radiodiffusion à modulation de fréquence, à la société **Rhode und Schwarz**.

FMC Corp, le fabricant américain du véhicule militaire amphibie LVTC7A1, a octroyé un contrat d'un montant de 100 M\$ à la division Collins de **Rockwell International** pour le développement et la production d'un système de radiocommunications destiné à ce véhicule. Le LVTC7A1 est destiné à la Marine des États-Unis.

La Pan American a octroyé un contrat d'un montant de 11,6 M\$ à **Rockwell International** pour la fourniture de 4 distributeurs automatiques d'appels téléphoniques, un système de supervision de réseau modèle C 900 et un autocommutateur privé.

Les PTT français ont octroyé un contrat à la **SAT** pour la fourniture d'un autocommutateur pour services spéciaux automatiques (ASSA). L'ASSA est en réalité la version transit de l'autocommutateur temporel du type Telcom 200, qui permet d'implanter dans les autocommutateurs d'abonnés de sa zone d'influence des services spéciaux téléphoniques (réveil automatique, renvoi d'appel, annuaire automatique, etc...).

L'Administration des Télécommunications du Zaïre a octroyé un contrat à la **Société des Téléphones Thomson-Ericsson** pour la fourniture d'un système de commutation téléphonique AXE, en version temporelle, de 6 144 lignes de capacité et destiné à la ville de Lubumbashi.

Le Niger a octroyé un contrat à la **Société des Téléphones Thomson-Ericsson** pour la fourniture d'équipements de commutation électromécanique Crossbar CP 400 et l'extension de centraux existants également équipés en matériel CP 400.



Terminal d'OTS (Satellite d'essais orbitaux) à la station de Fucino (Italie). L'antenne mesure 17 m de diamètre.

La Police métropolitaine de Damas (Syrie) a octroyé un contrat d'un montant de 0,85 M\$ à la firme suédoise **Sonab Communications** pour la fourniture d'un système complet de radiocommunications destiné à la circulation automobile. Ce système comportera un centre de contrôle, 40 stations de base, 300 postes portatifs et 350 stations mobiles.

La **Standard Elektrik Kirk, A/S**, filiale danoise de l'ITT, fournira à la Jutland Telephone Company un autocommutateur à commande par programme enregistré, modèle System 12, dont la capacité sera de 8 000 lignes locales et 5 000 lignes interurbaines. Cet équipement sera installé à Horsens.

L'Administration italienne des Postes a octroyé un contrat d'un montant de 8 M£ à la **Standard Telephones and Cables**, filiale britannique de l'ITT, pour la fourniture d'un câble sous-marin destiné à relier Gênes à Sassari en Sardaigne, (type NG1, 257 milles nautiques, 5 520 voies).

La **Standard Telephones and Cables**, filiale britannique de l'ITT, fournira le câble sous-marin qui reliera la Grande-Bretagne au Danemark (4 000 voies; 292 milles nautiques). Le montant de la commande s'établit à 14,5 M£. Les propriétaires du câble seront à 50 % le Post Office britannique et à 50 % les Administrations conjointes des télécommunications du Danemark, de la Finlande, de la Norvège et de la Suède.

Le Ministère de la Défense britannique a octroyé un contrat à la **Standard Telephones and Cables** pour le développement d'un système de transmission militaire par fibres optiques fonctionnant à des débits de 256,512 ou 2 048 K bits/s.

Le Post Office britannique a octroyé un contrat de 4 M£ à la **Standard Telephones and Cables** pour la fourniture d'équipements de transmission destinés aux liaisons internationales. Ces matériels seront installés à Mondial House, Lands End et à la station terrienne de Madley.

Les PTT d'Arabie Saoudite ont octroyé un contrat d'un montant de 8,5 M\$ à **Telettra SpA** (I) pour la fourniture de systèmes radioélectriques MIC.

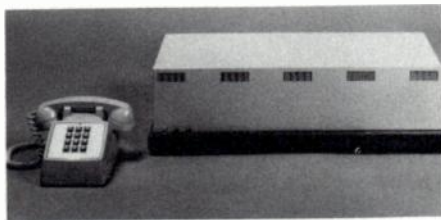
Un contrat d'un montant de 8 M\$ a été octroyé à la firme italienne **Telettra** pour la fourniture d'un faisceau hertzien destiné à relier le Soudan et l'Arabie Saoudite en traversant la mer rouge. Cette liaison aura une capacité de 300 circuits téléphoniques.

Les PTT ont octroyé un contrat d'un montant de 8 MF à **Thomson-CSF** pour la fourniture de la première liaison expérimentale par fibre optique destinée à relier deux centraux téléphoniques parisiens (7 km; 34 M bits/s; 60 fibres, pas de répéteur; atténuation linéique : 5 dB/km).

Thomson-CSF fournira à l'Armée d'Indonésie deux radars tridimensionnels tactiques, modèle TRS 2215 qui seront utilisés pour la Défense aérienne de ce pays.

Le Kenya a octroyé un contrat d'un montant supérieur à 100 MF à **Thomson-CSF** pour la fourniture de matériels de radiodiffusion en ondes courtes et moyennes, à modulation d'amplitude et en ondes métriques à modulation de fréquence. Ce contrat a été conclu dans le cadre d'un accord de coopération signé entre la France et le Kenya.

La NASA a octroyé un contrat d'un montant de 0,322 M\$ à la **Western Union International** pour une étude de faisabilité de télécommunications par satellite dans la bande 18-30 GHz. Cette étude devra faire état des services supplémentaires et spéciaux qui pourront être assurés à l'aide des satellites.



L'autocommutateur «Unimat 4020» de la CGCT.

VIE DES SOCIÉTÉS ET RÉSULTATS FINANCIERS

La Bank of America a accordé une ligne tournante de crédit d'un montant de 4 M\$ à la firme **California Microwave** et un prêt de 6 M d'Eurodollars.

La Société d'Études du Radant (Orsay France) a constitué une filiale aux États-Unis sous le nom de **Radant Systems Inc** (17 Old Farm Road, Wayland, Massachussets).

Au cours du 1^{er} semestre de 1978, la **Société Française des Téléphones Thomson-Ericsson** a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de 614 854 000 F (+ 16,5 %) dont 172 157 000 en téléphonie privée (- 8,4 %) et 444 697 000 en commutation publique (+ 30,1 %).

La Société des Techniques de Télécommunications, du groupe Empain-Schneider, a changé de dénomination en devenant la **SOFAM** (Société Financière Anjou Malesherbes) et transféré son siège au 18, rue Chauveau-Lagarde 75008 PARIS.

La firme espagnole Telefonía y Electronica vient de constituer une filiale industrielle à Toulouse (F) sous le nom de **Téléphonie Électronique Internationale SA**. Cette filiale propose des appareils téléphoniques et des systèmes d'intercommunication. Dans un premier temps 40 personnes doivent y être employées. L'investissement initial s'établit à 0,5 M\$.

DIVERS

La **KDD**, Administration des Télécommunications internationales du Japon, et **Western Union International** ont décidé de mettre prochainement en place un service de télécopie entre le Japon et les États-Unis.

RCA Global Communications and Cable a mis en place un nouveau service de télécopie entre les U.S.A. et Hong-Kong.

La Société de radiodiffusion et de télédiffusion non commerciale de la Suède la Sveriges Radio, va être scindée, à partir du 1^{er} juillet 1979, en 4 filiales indépendantes placées sous le contrôle d'une société mère.

La firme canadienne Northern Business Intelligence (135 Madison Avenue, Toronto, Ontario M5R 2S3, Canada) a réalisé une étude intitulée : «Telecommunications Equipment Market in Canada (le Marché des Équipements de Télécommunications au Canada)».

Le consultant américain International Resources Development Inc (125 Elm Street, New Canaan, CT 06840, USA) a réalisé une étude intitulée : «Data Communication in banking» (les transmissions de données dans le secteur de la banque aux États-Unis). Cette étude prend en compte l'impact qu'aura le développement des réseaux numériques et s'intéresse en particulier au transfert électronique de fonds.

PRODUITS RÉCENTS

AOIP : Compositeur automatique de numéros d'appels téléphoniques (capacité : 32 numéros de 16 chiffres), modèle Compostel.

[8802]



— appareil émetteur et récepteur destiné à envoyer automatiquement ou à recevoir 4 alarmes composées de messages codés à 8 chiffres vers 1 ou 4 numéros d'appels, modèle Vigiphone.

[8803]

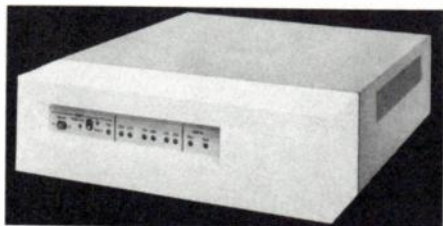
Coscor : modem à manipulation de fréquence pour transmission de données sur un canal radioélectrique (50-300 bauds), modèle CGT 1090.

[8804]

Dattec : coupleur acoustique (duplex intégral ou demi-duplex ; conforme aux recommandations du CCITT ; 3 000 bits/s), modèle 30.

[8805]

Epicon : appareil enregistreur de données destiné à l'analyse ultérieure des transmissions de données (vitesse maximale : 9 600 bits/s), modèle Epitape. [8806]



General DataCom : modem conforme aux normes américaines (demi-duplex, asynchrone, 1 200 bits/s), modèle GDC 202 S/T. [8807]

How-Yin Research Co : émetteurs de télévision en couleur télécommandés et télé-surveillés (100 à 1 000 W). [8808]

Jeumont-Schneider : autocommutateurs téléphoniques temporels privés, modèle Jistel 50 (14 lignes réseau, 48 postes), Jistel 95 (16 lignes réseau, 80 postes) et Jistel 9 (3 lignes réseau, 7 postes). [8809]



— autocommutateur téléphonique temporel privé, modèle TLC 7 (32 lignes réseau, 208 postes). [8810]

Leanord : unité de supervision des jonctions V 24 et V 28, modèle Surveyor. [8811]

Marconi Communications : récepteur de radiotéléphonie maritime ou mobile (0,1 à 30 MHz) Eddystone Radio, série 1838. [8812]

Tech-Nel : amplificateurs d'attaque pour transmission de données à courte distance et destiné à éviter la présence de modem, série DM. [8813]



Technical Communication : brouilleur de ligne pour assurer la sécurité des communications téléphoniques. [8814]

oe

COMPOSANTS

DANS LES USINES

Un accord de licence a été conclu entre AMD et Zilog selon les termes duquel **AMD** devient seconde source du microprocesseur à 16 bits modèle Z 8000 de Zilog. Pour ce faire, Zilog fournira les masques et les programmes de test. Par ailleurs, l'accord inclut le développement en commun de circuits d'environnement destinés au Z 8000.

Corning Glass a ajouté 16 nouvelles fibres optiques à son catalogue et réduit ses prix de 25 % environ.

Hitachi va constituer une filiale de fabrication de tubes-image couleur à Singapour qui devrait entrer en production au milieu de 1980 avec un rythme initial de production de 30 000 tubes/mois. Le capital de cette filiale sera détenu à 70 % par la firme japonaise et à 30 % par le Gouvernement de Singapour.

Un accord a été conclu entre les firmes américaines **Hyletronics** et **Crown Microwave** selon les termes duquel Hyletronics acquiert certaines lignes de produits de Crown Microwave. L'accord porte essentiellement sur les commutateurs hyperfréquences.

IBM a acquis auprès d'AMI les licences relatives au procédé MOS Vertical d'AMI. Par ailleurs, selon les termes de cet accord AMI fournira à IBM des mémoires de 4 K bits utilisant cette technologie.

Intel introduit sous la référence 2912 un filtre de transmission et de réception compatible avec les normes américaines et européennes.

ITT Semiconductor va investir 5 M£ dans l'usine de Footscray (GB) pour la production de mémoires vives de 16 K bits pour micro-ordinateur.

ITT Semiconductor va investir 20 M de DM environ dans l'usine de Fribourg (D. Fédérale) pour la production de tranches de silicium (4 000 tranches/semaine).

Mullard, filiale britannique de Philips va investir 24 M£ dans la modernisation de ses unités de fabrication de tubes-image couleur. L'État participera financièrement à cette opération à hauteur de 4,5 M£.

National Semiconductor et la **Korea Explosive Co** vont s'associer à 49-51 % pour constituer en Corée du Sud une filiale manufacturière commune de fabrication de circuits intégrés numériques complexes (microprocesseurs en particulier) et des dispositifs discrets. La mise en production est prévue pour la fin de 1979 et le montant de l'investissement s'établit à 13 M\$.

Plessey va engager 1,3 M£ dans le développement et la production de dispositifs d'affichage à haute luminosité à diodes électroluminescentes. Le Département de l'Industrie britannique participera à cet investissement à hauteur de 0,65 M£.

La firme américaine **Optoelectronics Inc** a acquis auprès du groupe Martin Marietta (USA) la licence de fabrication de détecteurs infrarouge pyroélectriques ioniques. Selon les termes de l'accord Martin Marietta conserve le marché militaire tandis que Optoelectronics s'intéressera uniquement et de manière exclusive aux marchés civils.

Dans le cadre du Plan Quinquenal de développement de l'Industrie Française des circuits intégrés, le Ministère de l'Industrie a passé une convention avec la société **RTC-La Radiotechnique Compelec**, du groupe Philips. Cette convention reconnaît à RTC sa vocation en matière de circuits intégrés numériques à technologie bipolaire pour les circuits intégrés très rapides à logique non saturée (ECL, CML, etc.) et rapides à logique saturée (TTL/LS).

COMMANDES ET CONTRATS



Siliconix introduit deux paires des circuits intégrés codec MIC : les DF 321/332 (norme américaine u) et les DF 341/342 (loi A du CCITT). Ces circuits auront pour seconde source la société Nitron.

Teledyne Semiconductor a décidé de cesser la fabrication de diodes zener à la fin de 1978. Cette décision a pour origine la baisse de prix et la concurrence des circuits intégrés linéaires de référence en tension.

Texas Instruments échantillonne une mémoire vive dynamique de 64 K bits sous la référence TMS 4164 (alimentation 5 V; temps d'accès : 100 à 150 ns, boîtier à 16 broches).

La firme finlandaise **Valco Oy** a commencé la production de tubes image couleur au rythme de 400 000 tubes par an. Cette usine dont le coût s'établit à 300 MF,

produit des tubes de 26, 22 et 20" de diagonale. La capacité annuelle de production devrait être ultérieurement portée à 800 000 tubes. Rappelons que le capital de Valco Oy est détenu à 75 % par le Gouvernement finlandais, à 12,5 % par le producteur finlandais de téléviseurs Salora Oy et à 12,5 % par Hitachi.

Rockwell introduit sur le marché une mémoire à bulles de 256 K bits de capacité et dont la référence est RCM 650. Ce dispositif est analogue à celui de Texas Instruments. Par ailleurs Rockwell propose sous la référence RLM 658, une carte mémoire à bulles de 1 M bit de capacité. Ces dispositifs seront échantillonnés à la fin de l'année. Rappelons que Rockwell a mené d'importantes études sur les mémoires à bulles sous contrat de l'Armée américaine.

La Northern Telecom Ltée a octroyé un contrat d'une durée de 2 ans et d'un montant de 10 M\$ à **AMI** pour la fourniture de circuits intégrés complexes MOS et notamment des circuits spécifiques.

Harris Corporation a octroyé un sous-contrat d'un montant de 2 M\$ à la division Canstar de la **Canada Wire and Cable** pour la fourniture d'un câble optique de 50 km de long et de systèmes annexes d'alimentation destinés à être incorporés dans une liaison téléphonique que Harris installe pour le compte de l'Alberta Government Telephone (cf. rubrique Télécommunications commandes et contrats). La fibre sera fournie par Corning Glass.

L'Université de Manchester (GB) a octroyé un contrat d'un montant de 2 M\$ à la division TAI de **E-Systems** pour la fourniture d'antennes de radioastronomie de 25 m de diamètre destinées à l'observatoire de Jodrell Bank.

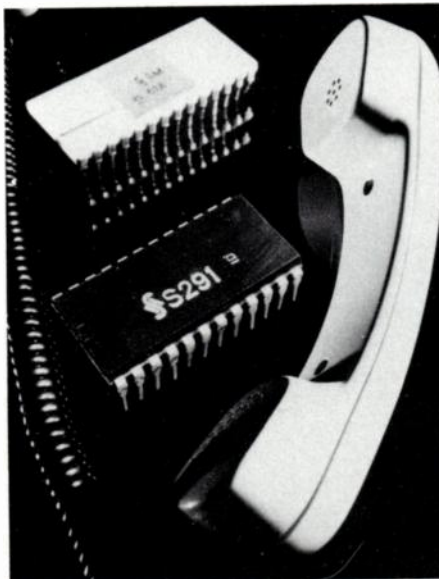
La firme italienne STS a octroyé un contrat d'un montant de 1 M\$ à la division TAI de **E-Systems** pour la fourniture d'une seconde antenne à guide d'ondes de 32 m de diamètre devant être incorporée dans une station terrienne Intelsat type A destinée au Kenya.

L'Algérie a octroyé un contrat d'un montant de 35 M\$ à **GTE** pour la fourniture de composants électroniques et de sous-ensembles destinés à l'assemblage de téléviseurs noir et blanc à l'usine de Sidi-bel-Abès. Rappelons que cette usine qui emploie 5 000 personnes, a également été fournie «clés en mains» par GTE sur la base d'un contrat initial de 232 M\$ octroyé en 1975.

L'agence de commerce extérieur Technopromimport (URSS) a octroyé un contrat d'un montant de 65,33 M\$ à une association des firmes japonaises **Kanematsu-Gosho** et **Nippon Electric Glass Co** pour la fourniture d'une usine «clés en main» de fabrication d'ampoules en verre pour tubes image couleur. Cette opération s'effectuera avec l'aide technique de la firme américaine Owen-Illinois.

Xerox a attribué un contrat d'un montant voisin de 4 M\$ à **Motorola** pour le développement d'une mémoire vive de 16 K bits destinée à équiper une prochaine génération de photocopieurs.

Le fabricant britannique d'ordinateurs ICL va réaliser des essais de transmission de données sur fibres optiques de gros diamètre (600 μ) et à saut d'indice. Ces fibres à atténuation linéique de 5 dB/km seront fournies par la société française **Quartz et Silice**.



Grâce à ces deux modules (technologie MOS en haut, bipolaire en bas), il est possible de convertir les signaux vocaux analogiques sous une forme numérique pour les transmettre en MIC. (Photo Siemens).

Scientific Atlanta fournira à l'American Satellite Corporation 25 antennes terriennes de télécommunication par satellite de la série 8 000 (5 et 10 m de diamètre).

La Chine a octroyé un contrat d'un montant de 60 M\$ à **Toshiba** pour la fourniture d'une usine d'assemblage de circuits intégrés linéaires destinés aux téléviseurs couleur. Hitachi se trouve également associée à la réalisation de ce contrat. Rappelons que cet accord fait suite à un récent contrat signé avec les mêmes firmes et portant sur la fourniture d'une usine de fabrication de tubes images couleur. Grâce à ces deux usines la Chine sera en mesure, en 1981, de produire 1 M de téléviseurs couleur par an.

VIE DES SOCIÉTÉS ET RÉSULTATS FINANCIERS

California Microwave a octroyé un prêt convertible en actions d'un montant de 0,5 M\$ à la firme **B.E. Industrie Inc** (Garland, Texas, USA). Rappelons que B.E. fabrique des antennes et des piédestals destinés aux constructeurs.

United Telecommunications Inc (USA) a racheté pour un montant de 17 M\$ la société américaine **Calma Co** spécialisée dans la fabrication de systèmes de conception assistée par ordinateurs de circuits imprimés et de circuits intégrés et dont le chiffre d'affaires avait été de 16,7 M\$ en 1977.

Un accord a été conclu pour le rachat de la firme américaine **Electronic Arrays Inc** par la **Nippon Electric Company**. Le montant de la transaction s'établit à 9 M\$. Rappelons que le fabricant américain de circuits intégrés connaissait de graves difficultés financières.

Les sociétés américaines **Frequency Sources**, **Frequency Contours**, **Frequency West** et **GHz Devices**, appartenant toutes les quatre au même groupe s'appelleront désormais **Frequency Sources Inc**, leur nom propre apparaissant désormais comme une division de la société principale :

- **Frequency Sources Inc** : sources Division (sources à usage militaire);
- **Frequency Sources Inc** : GHz Division (diodes PIN et Gunn, Varactors);
- **Frequency Sources Inc** : Contours Division (filtres, multiplexeurs);
- **Frequency Sources Inc** : West Division (sources pour les télécommunications).

American Microsystems Inc (AMI) et la firme de Corée du Sud **Gold Star** vont constituer une filiale commune en Corée du Sud pour la fabrication dans ce pays de circuits intégrés MOS. Le nom de cette filiale sera **Gold Star Microsystems**.

La part du capital détenue par **Analog Devices Inc** dans la firme britannique **Memory Devices** a été portée de 30 à 51 %. **Memory Devices** s'est spécialisée dans la réalisation de convertisseurs numériques-synchro et synchro-numériques.

La filiale australienne de **LM Ericsson** et la filiale australienne de **Pirelli** ont fusionné leur activité manufacturière de câbles en Australie où elles ont constitué une filiale commune la **Pirelli-Ericsson Cables Ltd**.

La Régie **Renault** va s'associer avec **Bendix Corporation** pour la création d'une filiale française de production d'ensembles électroniques pour l'automobile. Renault détendra 51 % du capital de la nouvelle société qui devrait employer 500 personnes en 1980. Le montant des investissements est estimé à 100 MF.

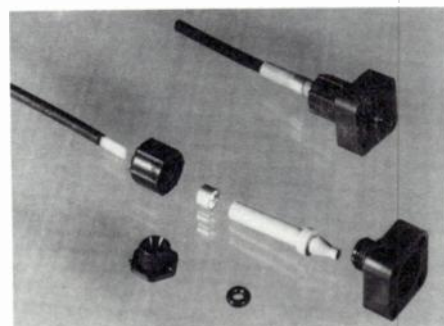
Au cours du premier semestre de 1978, **Sferrine** a réalisé un chiffre d'affaires de 48 362 135 MF (+9,1 %).

Au cours du premier semestre de 1978, **Teradyne Inc** a réalisé un chiffre d'affaires de 41,136 M\$ (+ 27,8 %) et un bénéfice net de 3,383 M\$ (+ 66,8 %).

PRODUITS RÉCENTS

Accelerators Inc : implanteur ionique pour la fabrication de dispositifs à semiconducteurs pouvant traiter 300 tranches à l'heure, modèle Aim 210. [8815]

AMP : connecteur monovoie pour fibres optiques, modèle Optimate. [8816]



— dénudeur rotatif pour câbles coaxiaux. [8817]

Amptek : amplificateur/discriminateur pour applications de comptage de particules. [8818]

Analog Devices : convertisseurs numérique-synchro, modèle DSC 1705 (14 bits) et DSC 1706 (12 bits). [8819]

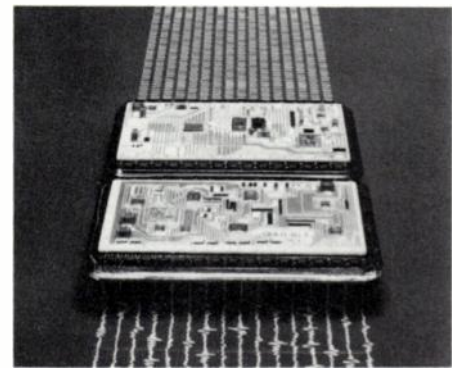
— générateur numérique de vecteur réalisant à partir d'un angle en binaire pur compris entre 0 et 360° et d'une entrée analogique V, les fonctions $V(t) \cos(t)$ et $V(t) \sin(t)$, modèle DTM 1717/50. [8820]

— convertisseurs synchro-numériques en BCD 13 et 14 bits, modèles SBCD 1752, 1753, 1756 et 1757. [8821]

— amplificateur d'isolement, modèle 284 J. [8822]

— diviseur analogique de précision (0,5 % ou 1 %), modèle AD 535. [8823]

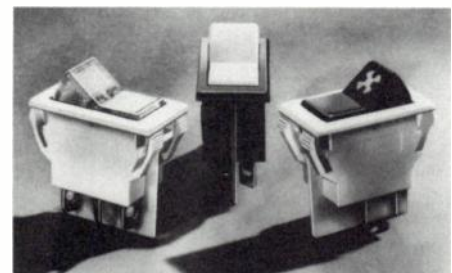
— système d'acquisition de données (16 voies, 12 bits) modèle AD 363. [8824]



— référence en tension monolithique (4 sorties : 10, 7,5 ; 5 et 2,5 V) modèle 584. [8825]

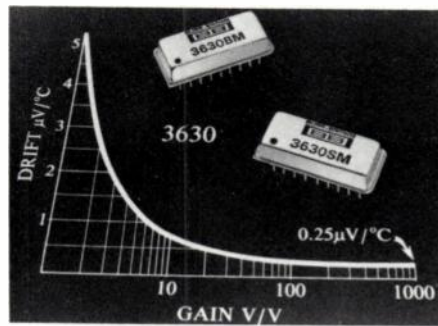
Analogic : cartes d'entrée-sortie pour microordinateurs Texas Instruments TM 990/100 M, modèles ANDS 1001, 1002 et 2001. [8826]

Arrow Art : interrupteurs à touche (16 A ; 250 V alternatif) série 92. [8827]



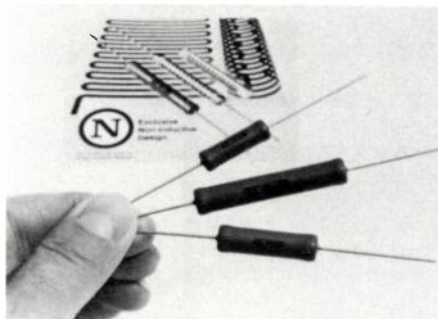
Burr Brown : amplificateur d'instrumentation à gain programmable en binaire (gain 1 ; 2 ; 4 ; 8... 512 et 1024 V/V), modèle 3606. [8828]

— carte d'entrée-sortie analogique pour microprocesseur Z 80 de Zilog, modèle MP 2216. [8829]



— amplificateur d'instrumentation à faible dérive de la tension de décalage et à linéarité, modèle 3630. [8830]

— convertisseur numérique-analogique à 8 bits, modèle DAC 82 KG. [8831]



Caddock : résistances de puissance à haute stabilité (12,5 W ; 30 M Ω maximum) série MS [8832]

— décades de résistances de précision à 3 éléments (10 M Ω au total : 9,9 M Ω - 90 k Ω - 10 k Ω), modèle 1666-8. [8833]

Calex : alimentation miniature à découpage délivrant à partir du réseau une tension de 5 V sous 5 A (poids : 510 g) modèle SR 1,5.5. [8834]

— convertisseur fréquence-courant pour le contrôle de la vitesse de rotation (1,6 mA/kHz ; échelle 4-20 mA). [8835]

Cherry : module d'affichage à entrée BCD, modèle T 51 02. [8836]

Computer Laboratories : amplificateur suiveur-bloqueur rapide (ouverture : 20 ps ; acquisition : 20 ns), modèle HTS 0025. [8837]

— convertisseurs numérique-analogique rapides délivrant une tension (8 ; 10 ou 12 bits) série HDH. [8838]

— convertisseurs numérique-analogique rapides délivrant un courant modèles HDS 0820 (8 bits) et 1025 (10 bits). [8839]

— convertisseur numérique analogique rapide délivrant un courant (12 bits) modèle HDS 1250. [8840]

Dataram : mémoire centrale additionnelle à tores pour ordinateur PDP 8 A (32 K mots de 12 bits). [8841]

DB-Industrie : échangeur de température pour le refroidissement d'équipements électroniques placés en armoire étanche. [8842]

Delcon : condensateurs électrochimiques miniaturisés à l'aluminium pour applications «grand public» (0,47 à 10 000 μ F ; 6,3 à 450 V et -40 à +85°C). [8843]

Dielectric Communications : coupleur non directionnel réglable en amplitude (2 à 1 000 MHz) modèle 7004. [8844]

Electrovert : dégraisseur à vapeur pour circuits électroniques modèle Vapolak. [8845]

E N I : amplificateurs linéaires à large bande (0,8 à 1 000 MHz, gain 37 dB 1,5 dB ; sortie : 1,2 W) modèles 601 L et 601 P. [8846]



Galileo Electro Optics : diodes et assemblages de diodes à haute tension (tension inverse de crête 1,6 kV ; 20 mA) série G 100. [8847]

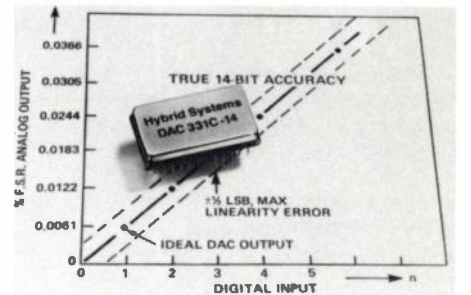
General Electric : photocoupleur utilisable en résistance commandée par tension (200 Ω à 300 M Ω) modèle H 11 F. [8848]

Hughes Aircraft : sources hyperfréquence de puissance à diodes Impatt (26,5 à 40 GHz : 5 W et 50 à 75 GHz : 3 W), série 4715 XH. [8849]

— convertisseurs de fréquence en ondes millimétriques (26,5-110 GHz, de signaux compris entre 1 et 64 GHz) série 4747 XH. [8850]

— oscillateurs hyperfréquences en ondes millimétriques à diodes Impatt et verrouillables sur un signal extérieur (26,5-110 GHz) série 4715 XH. [8851]

Hybrid Systems : convertisseurs multiplieur numérique-analogique à 14 bits, modèle DAC-331-14. [8852]



Litton : interrupteurs-commutateurs décodeurs présentés en boîtier DIL. [8853]

Lorch Electronics : commutateurs électroniques miniatures (30 à 1 000 MHz ; 1 à 32 pôles). [8854]

Micro Memory : carte mémoire à tores pour microordinateur LSI 11, (capacité : 16 K mots de 16 bits), modèle MM-1103/16. [8855]

Micro Networks : convertisseur analogique-numérique rapide à 12 bits modèle MN 5240. [8856]

— interface analogique-numérique pour microprocesseur à 8 bits, modèle MN 5500. [8857]

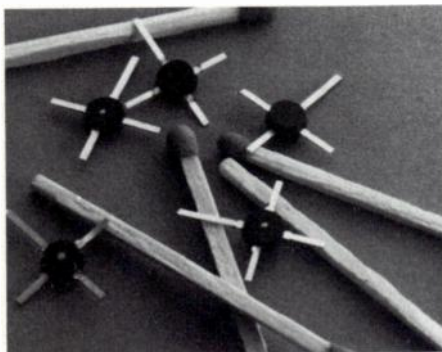
— interface numérique-analogique pour microprocesseur à 8 bits, modèle MN 5500. [8858]

— amplificateur à gain programmable par mot à 3 bits, modèle MN 2020. [8859]

Mostek : mémoire vive additionnelle à semi-conducteurs pour ordinateurs Eclipse de Data General (16 ; 32 ; 64 ou 128 K mots par carte), modèle MK 8004. [8860]

— mémoire vive additionnelle à semi-conducteur pour ordinateurs PDP 11 et LSI 11 de Digital Equipment (8 ; 16 ou 32 K mots par carte) modèle MK 8005. [8861]

Motorola : transistors MOS pour application grand public à haute fréquence, modèle BF 900. [8862]



— triacs à couplage optique pouvant directement commander une tension secteur (entrée 10 ou 15 mA ; tension 250 V ; intensité : 0,1 A) modèles MOC 3010 et 3011. [8863]

— quadruple amplificateur opérationnel programmable, modèle TCA 3002. [8864]

— mémoires vives bipolaires de 1 k mot de 1 bit (temps d'accès : 35 ns) modèles MCM 93415 (sortie collecteur non référencé) et 93425 (sortie à 3 états). [8865]

— convertisseurs série parallèle à 8 bits, modèles MC 14099 B (données bidirectionnelles) et 14599 B (entrée unidirectionnelle). [8866]

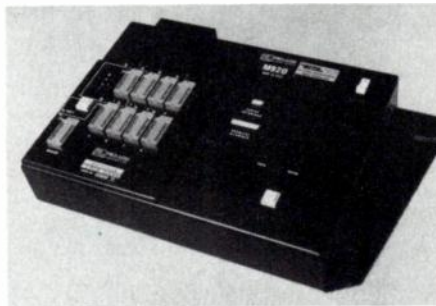
— portes MOS-C modèles MC 1400 UB (portes NOU quadruples à 2 entrées), 14002 UB (portes NOU doubles à 4 entrées) 140011 UB (portes NET quadruple à 2 entrées) 14012 UB (portes NET double à 4 entrées) 14023 UB (portes NET triple à 3 entrées) et 14025 UB (portes NOU triple à 3 entrées). [8867]

OMG Techsource : ensemble pédagogique pour l'utilisation des circuits intégrés linéaires, modèle «The Builder». [8868]

Papst : ventilateur pour le refroidissement de circuits électroniques. [8869]

Polyflon : plaques de faible épaisseur en polyplâtre revêtues de cuivre pour la réalisation de circuits électroniques référence «Polythingoil». [8870]

Pro-Log : programmeur pour mémoire morte 2708 M 920. [8871]



— programmeur universel de mémoires mortes, modèle M 910. [8872]

Raytheon : amplificateur hyperfréquence à faible bruit et à TEC à l'arséniure de gallium (9-9,2 GHz ; gain : 2 à 20 GHz ; bruit : 3,2 dB), modèle QXL-500. [8873]

RTC La Radiotechnique Compelec : triode à refroidissement par air pour le chauffage à haute fréquence, modèles YD 1183 (33 kW). [8874]

— mémoire morte programmable réalisée en technologie bipolaire (16 k bits ; temps d'accès : 50 ns) modèle 82 S 190/191. [8875]

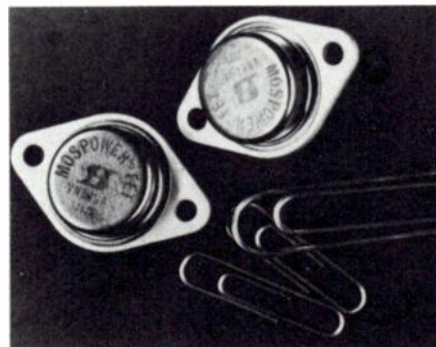
RYT : isolateur actif (3,7-4,2 GHz ; isolement : 50 dB), modèle qA 1000 1. [8876]

Siemens : transistor bipolaire hyperfréquence (1-4 GHz ; gain et bruit à 4 GHz ; respectivement 9 et 3,8 dB), modèle MWT 505. [8877]

— diodes Schottky fonctionnant jusqu'à 40 GHz, série BAT 14. [8878]

— circuits intégrés codeur-décodeur MIC à 2 voies conformes aux recommandations du CCITT, modèles SMA 61 A et S 291. [8879]

Siliconix : transistor MOS vertical à fort courant (12,5 A ; 80 V ; 80 W ; 0,4 en sortie), modèle VN 84 GA. [8880]



Sprague : condensateurs céramiques miniatures présentés en boîtier DIL à 2, 4, 8, 14 et 16 broches, série 940 C. [8881]

— condensateur céramique à sorties axiales série 292 C. [8882]

Teledyne Philbrick : convertisseur tension-fréquence à hautes performances (0,01 à 13 000 Hz ; entrée : tension ou courant), modèle 4727. [8883]



— suppression des pics de commutation pour convertisseurs numérique-analogique, modèle 4902. [8884]



Texas Instruments : mémoire à bulles magnétiques de 256 k bits, modèle T1B 0303. [8885]

Varian : amplificateurs logarithmique à semi-conducteurs à grande dynamique (90-600 MHz ; dynamique : 70 dB), série ICL 4. [8886]



Wayne Kerr : appareil pour le test dynamique des circuits imprimés câblés, modèle A 60. [8887]

Western Peripherals : contrôleur pour unité périphérique à bande magnétique et destiné à être raccordé à un ordinateur LSI 11 de Digital Equipment, modèle 150. [8888]

UTILISEZ LE SERVICE LECTEUR

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

oe

MESURE & INSTRUMENTATION

Analogic Corporation a constitué une filiale commerciale en Suisse sous le nom d'**Analogic AG**.

La CNTE, Administration des télécommunications d'Espagne a passé commande à **Marconi Instruments** d'équipements de test pour circuits MIC, modèle TF 2801/4 et 2802/2. Le montant de la commande s'établit à 50 000 £.

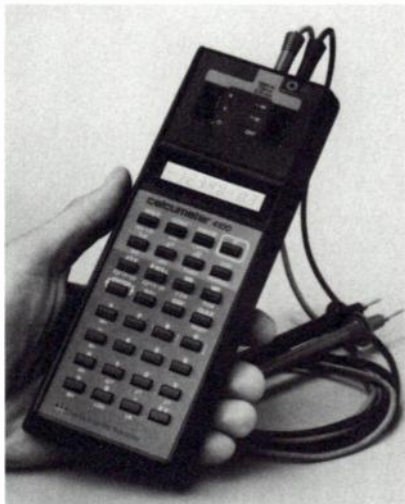
La division Solartron et la société Membrain toutes les deux membres britanniques du groupe Schlumberger, ont fusionné pour former le groupe **Membrain Solartron** (800 personnes, chiffre d'affaires : 20 M£).

PRODUITS RÉCENTS

Analogic : indicateur numérique de tableau à 20 000 points plus le signe, programmable (sensibilité : 10 ou 100 μ V), modèle AN 2574. [8898]

Analogic Devices : indicateur numérique de température (-55 à $+150$ °C ; échelles : °F ; °K ; °R). [8899]

E S I : multimètre numérique calculateur portatif à 3 1/2 chiffres permettant d'effectuer des calculs et des conversions sur les mesures, modèle Calcumeter 4100. [8900]



— impédance-mètre numérique automatique à 3 1/2 chiffres, modèle 253. [8901]

Fluke : multimètres numériques autonomes à 2 000 points (7 fonctions; 34 gammes); modèles 8010 A et 8012 A. [8902]

Gould Advance : analyse de synthèse de signaux numériques pour le test de circuits numériques, modèle DSA 600. [8903]

Hewlett Packard : générateur de séquences logiques pour le test des fonctionnels des circuits multivoies, modèle HP 8170 A. [8904]

ITT Metrix : appareils à mégohmmètre pour le test des parafoudres, modèle MX 504. [8905]



— multimètre numérique autonome à indicateur analogique incorporé (5 fonctions, 22 calibres), modèle MX 528. [8906]

Kane-May : thermomètre numérique à infrarouge (0 à 1 000 °C ; 600 à 2 000 °C), modèle infratrace. [8907]



Keithley : multimètre numérique à 20 000 points (5 fonctions, 30 calibres), modèle 177. [8908]

— dosimètre numérique portatif à 20 000 points pour rayons X, modèle 35055. [8909]

— picoampèremètre numérique à 2 000 points (1 pA à 2 mA en 7 gammes) modèle 480. [8910]

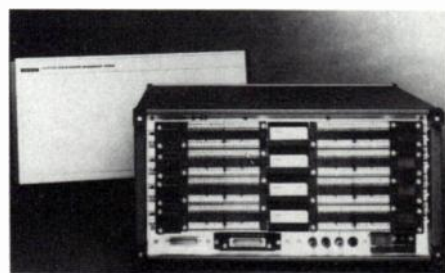
Nucleus : analyseur multicanaux pour recherche nucléaire, laboratoires, etc. (256 canaux de 105 points chacun), modèle 256. [8911]

Racal : fréquencesmètres de 10 Hz à 3 GHz série 9900. [8912]

— générateur de signaux synthétisé à accord analogique (5 Hz-520 MHz ; modulation d'amplitude, de fréquence et de phase), modèle 9081. [8913]

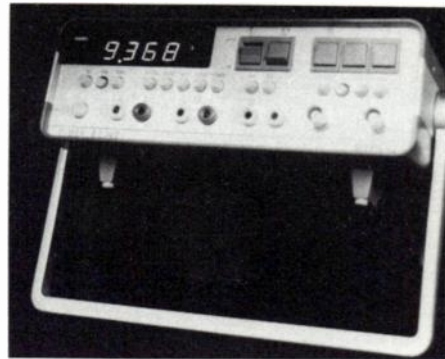
Schlumberger-Enertec : centralisateur de mesures et système d'acquisition sur cassette magnétique de données à bas niveau, modèle 3430. [8914]

— système d'acquisition de données analogiques jusqu'à 16 000 voies, modèle 3510. [8915]



— centrale de mesure à bas niveau et à microordinateur, modèle 3550. [8916]

Siemens : chronomètre numérique universel (0,1 ms à 100 s), modèle B 2040. [8917]



— générateurs de fonctions (0,005 Hz à 5 MHz, amplitude : 30 Vcàc) série FG5. [8918]

Tekelec Airtronic : indicateurs numériques de tableau à 2 000 points, modèle TE 306. [8919]

Tektronix : moniteur de visualisation (XY, 2 MHz, 10 x 12 cm), modèle XY 620. [8920]

Wavetek : générateur d'impulsions et de fonctions (0,0001 Hz à 50 MHz ; amplitude 30 Vc à c). [8921]

Wayne-Kerr : pont RLC automatique pour la production, modèle B 24. [8922]



Wiltron : pont réflectomètre de 10 MHz à 18 GHz, modèle 97 à 50. [8923]

COMMANDES ET CONTRATS

Sperry Systems Management a octroyé un contrat d'un montant de 632 000 \$ à la division Librascope de **Singer Co** pour la fourniture de sous-systèmes de mémoire de masse destinés à être installés à bord des navires garde-côte, modèle WMEC 270 de la marine américaine.

L'Université de Princeton (JN, USA) a octroyé un contrat d'un montant de 2 M\$ à **Systems Engineering Laboratories** pour la fourniture de 13 systèmes SEL 32.75 destinés à des expériences de fusion thermonucléaire sur le TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor).

VIE DES SOCIÉTÉS
ET RÉSULTATS FINANCIERS

En raison de ses mauvais résultats, la société **Alvan France** a été dissoute. Rappelons qu'Alvan faisait partie du groupe G3S, depuis 1976.

La firme Amdahl Corporation va constituer en France une filiale sous le nom de **Amdahl France SàRL**.

La firme américaine **Commodore International** va implanter en Grande-Bretagne une usine de montage du microordinateur domestique PET.

La firme suédoise Facit Data Products, spécialisée dans la fabrication d'unités périphériques pour ordinateurs, a pris une participation de 35 % dans le capital du constructeur américain d'imprimantes à matrice, **Dataroyal Inc.** Selon les termes de l'accord de prise de participation, Facit devient le représentant exclusif de Dataroyal dont les produits seront commercialisés par Facit; l'accord prévoit éventuellement une prise de participation ultérieure supplémentaire de 14 %.

Au cours de l'exercice fiscal clos au 1^{er} juillet 1978, **Digital Equipment Corporation** a réalisé un chiffre d'affaires de 1 436,562 M\$ (+ 35,7 %) et un bénéfice net de 142,189 M\$ (+ 31 %). Le chiffre d'affaires européen de la société s'établit à 377 M\$ (+ 47,3 %).

Le fabricant américain de mémoires de masse, **Digital Development Corp** a constitué une filiale en France sous le nom de **Digital Development France SàRL** (capital : 146 000 F ; adresse : 3, place Gustave Eiffel, Bât. Florence, Zone Silic, 94518 Rungis).

Au cours de l'exercice clos au 31 juillet 1978, **Perkin Elmer Corporation** a réalisé un chiffre d'affaires de 554 M\$ (+ 28,1 %) et un bénéfice net de 34,7 M\$ (+ 30,5 %).

Le capital d'**ITT Data Systems France** a été porté de 8 à 20 MF.

La firme américaine **Lear Siegler Inc** a créé une division «produits informatiques» à Santa Monica en Californie. Cette division produira et commercialisera les consoles de visualisation et les imprimantes Lear Siegler.

Le capital de la société **R2E** a été porté de 2 à 4 MF dont 60 % sont maintenant détenus par Honeywell-Bull.

Le capital de la **SEMS** (Société Européenne de Mini-Informatique et de Systems) a été porté de 80 à 110 MF. Le capital se trouve désormais détenu à 67 % par la GOGIS (groupe Thomson-CSF) à 24 % par la Société Financière et Industrielle de Participations (groupe Télémécanique) et à 9 % par l'Institut de Développement Industriel.

Au cours de l'exercice fiscal clos au 30 juin 1978, **Systems Engineering Laboratories** a réalisé un chiffre d'affaires de 53 M\$ (+ 72 %) et un bénéfice avant impôt de 5,32 M\$ (+ 228 %). Pour sa part, la filiale française SEL S.A. a réalisé un chiffre d'affaires de 32 MF et un bénéfice net de 695 000 F.

La Société **WANGCO France**, constituée l'an dernier pour la vente d'unités périphériques à supports magnétiques (disques, disquettes, bandes,...) a été dissoute.

PRODUITS RÉCENTS

BOW-Industries : appareil de nettoyage de bande magnétique pour ordinateur. [8889]

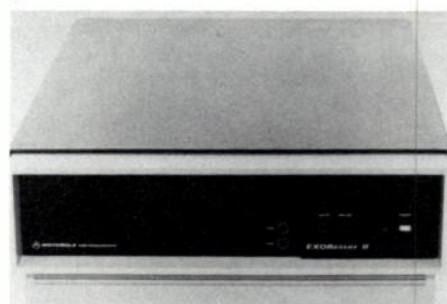
Intel : compilateur fortran 80 pour les systèmes de développement Intellec. [8890]

Lear Siegler : console de visualisation à 2 pages de mémoire (une page : 24 lignes de 80 caractères), modèle ADM 31. [8891]



— imprimante ballistique à aiguille (138 caractères/lignes ; 180 caractères/s). [8892]

Motorola : système de développement pour microprocesseur à 8 bits Motorola 6800, modèle Exorciser II. [8893]



MTV Microcomputer Systems : système d'exploitation multi-tâches sur disque magnétique pour microordinateur 8080, modèle FAMOS. [8894]

Nieaf : imprimante alphanumérique (16, 32 ou 40 colonnes, 2 lignes/s ; papier à l'aluminium), modèle 430. [8895]



Rockwell International : microordinateur à 8 bits conçu autour du microprocesseur 6502, modèle AIM 65. [8896]



Techtran Industries : terminal d'ordinateur à disquette, modèle System 7 000. [8897]

oe

GRAND PUBLIC

Citizen Watch (J) va construire une usine de fabrication de montres électroniques dans la zone franche de Massan en Corée du Sud. Cette unité emploiera 300 personnes et sa production mensuelle initiale sera de 25 000 montres. En 1980, cette unité devrait produire 0,1 M de montres par mois.

Garrard, filiale grand public de Plessey, procède au licenciement de 1 250 employés sur 1 830 que comptait la firme. Au cours de l'exercice clos au mois de mars 1978, Garrard avait enregistré une perte de 5,6 M£.

La société yougoslave Gorenje a pris le contrôle de la firme allemande **Körting Radio Werke** et a créé la société Gorenje Körting Electronic GmbH.



Montre chronographe analogique entièrement électronique récemment introduit par Texas Instruments.

Toshiba Corporation, filiale américaine de Toshiba a commencé la production de téléviseurs couleur à Nashville (USA). Le rythme de production est de 15 000 appareils par mois.

La firme britannique Videomaster spécialisée dans les jeux électroniques a constitué une filiale en Allemagne Fédérale, sous le nom de **Videomaster GmbH** (capital : 50 000 DM; Passavenstrasse 5, Frankfurt/Main).

Le consultant américain Venture Development Corporation (1 Washington Street, Wellesley 02181 Mass, USA) a réalisé une étude sur le marché américain des autoradio stéréophoniques.

Toshiba et Rank Radio International ont constitué sous le nom de **Rank Toshiba UK Ltd** une filiale commune en Grande-Bretagne dont le capital est de 10 M£ et qui sera spécialisée dans la production de téléviseurs couleur. Rank Toshiba va prendre en charge les unités de production de téléviseur couleur de Rank à Plymouth et à Redruth, qui emploient 2 850 personnes. Au cours de 1978, Rank Toshiba devrait produire 0,17 M de téléviseurs. Le capital de la nouvelle société est détenu à 30 % par Toshiba et à 70 % par Rank.

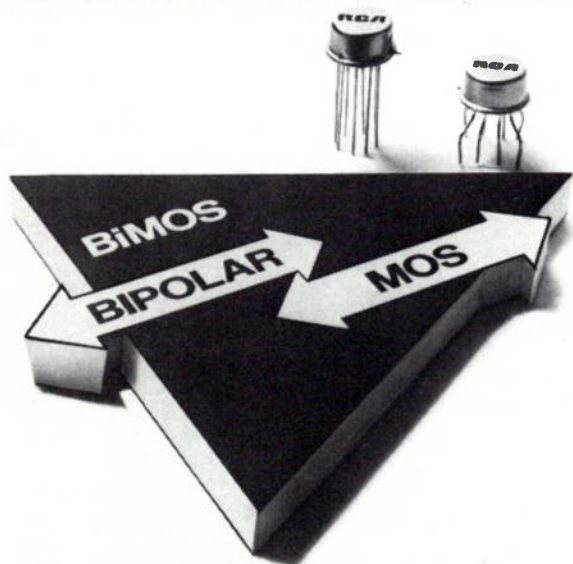
Rockwell International va cesser la production des téléviseurs Admiral aux USA et à Taiwan. La production de ces appareils continuera néanmoins au Mexique et au Canada.

Le contrat qui liait **Scientific Atlanta** et Rollins Ins (USA) pour la fabrication de systèmes radioélectriques de surveillance de résidence a été renouvelé pour une durée de 5 ans. Rappelons que Scientific Atlanta fabrique depuis 1971 de tels systèmes pour le compte de Rollins.



Carillon de porte électronique Vidéomaster.

AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS BIMOS

RCA Solid State

Types	Caractéristiques	Particularités
CA3160 CA3140 CA3130	applications générales	toutes utilisations faible coût
CA3160 CA3140 CA3130	entrée FET	haute impédance d'entrée
CA3160 CA3140 CA3130 CA3100	large bande de 4 à 70 MHz	temps de montée rapide 9V/μs
CA3160 CA3130	micropuissance depuis 1,5 mW	étage de sortie blocable électriquement
CA3160 CA3130	courant fort jusqu'à 22 mA	évite l'étage de puissance
CA3240	double CA3140	applications aux filtres actifs
CA3290	double comparateur	faible tension d'offset

Compatibilité avec le standard 741 - 747, etc.

Disponible dès aujourd'hui, le futur standard de l'industrie en applications linéaires

almex48, rue de l'Aubépine, zone industrielle, 92160 ANTONY
Tél. 666.21.12 - Télex 250 067 F

Service lecteur : inscrivez le n° 815.

Comprendre et appliquer la thermodynamique

Cours programmé

LIVRE I : Cours et énoncés des exercices ; tests et problèmes

LIVRE II : Solutions détaillées des exercices. Réponses aux tests. Corrigé complet des problèmes.

2^e édition révisée.

Collection Comprendre et Appliquer coordonnée par G. Germain.

Par H. Demange, G. Germain, M. Notin.

Cet ouvrage est particulièrement adapté aux étudiants du premier cycle de l'enseignement supérieur : DEUG, préparation aux grandes écoles, futurs ingénieurs. Il s'adresse aussi au lecteur isolé soucieux de pénétrer dans un domaine souvent mal compris de la physique.

Son contenu illustre le programme classique de deuxième année d'enseignement supérieur de la physique. Les auteurs ont jugé bon d'insister beaucoup sur l'utilisation de l'équation caractéristique d'un corps. Il s'agit en effet d'un préalable à la thermodynamique auquel, en pratique, se heurtent bon nombre d'étudiants. Les relations entre coefficients différentiels des fonctions d'état sont largement développées à cause de leur importance et de la difficulté rencontrée par l'étudiant pour les manipuler sans crainte. Le calcul des coefficients différentiels par la méthode des jacobiens y est présenté concurremment à la méthode classique.

Une place particulière a été réservée à la notion d'enthalpie, si importante du point de vue pratique. Le deuxième principe a été présenté d'une manière facilement utilisable, à l'aide de la notion de bilan d'entropie. La part de la thermodynamique statistique, a été réduite aux éléments essentiels. L'application envisagée des principes est menée de façon suffisamment générale pour éclairer tout scientifique, aussi bien le futur physicien que le futur chimiste.

Cette deuxième édition conserve la méthode pédagogique et la progression qui ont fait le succès de la collection « Comprendre et appliquer ». Des améliorations ont pu être apportées par rapport à l'édition originale. Ainsi, le premier principe est présenté de manière plus directe, assez proche de celle qui servait déjà à l'introduction du deuxième principe.

288 p., 230 fig., 79 F. prix au 15.06.78

MASSON

Service lecteur : inscrivez le n° 816.

oe

NOUVELLES ÉCONOMIQUES

FRANCE

Le Ministère de l'Industrie a publié un certain nombre de statistiques concernant le commerce extérieur de la France en 1977 en matière d'industries de l'informatique et d'industries électroniques :

Industries de l'informatique					
Exportations de la France vers			Importations de la France en provenance de		Solde (en milliers)
Rang	Pays	Montant (F)	Rang	Montant (F)	
1	R.F.A.	1 175 711 434	2	1 020 445 163	155 266
2	Gr.-Bret.	646 675 803	3	704 457 659	— 57 782
3	Italie	491 644 399	4	339 405 159	152 239
4	États-Unis	464 003 863	1	1 890 302 862	— 1 426 299
5	Pays-Bas	261 888 356	8	63 074 803	198 814
6	Espagne	207 552 758	6	113 562 991	93 990
7	Belg. - Lux.	201 106 013	7	66 322 778	134 784
8	Suède	144 041 740	5	189 434 682	— 45 393
9	Suisse	124 169 251	14	17 725 812	106 444
10	Japon	109 625 450	9	36 100 433	73 525
11	Danemark	70 250 406	19	3 672 543	66 578
12	URSS	61 812 686		31 920	61 781
13	Finlande	47 029 436		622 093	46 407
14	Norvège	42 630 534	17	4 483 760	38 147
15	Algérie	35 330 006		0	35 330
16	Australie	29 372 741		729 896	28 643
17	Irak	28 782 134		0	28 782
18	Maroc	28 008 737		1 380 176	26 628
19	Afrique Sud	26 249 071		238 465	26 011
20	Brésil	20 616 359	12	21 130 983	— 514
Total 20 premiers pays . . . 4 216 492 000			Total 20 premiers pays . . . 4 573 782 000		
Total Exportations (tous pays) 4 613 098 000			Total Importations (tous pays) 4 596 061 000		
% Couverture 91,4 %			% Couverture 99 %		

Industries électroniques

Exportations de la France vers			Importations de la France en provenance de		Solde (en milliers)
Rang	Pays	Montant (F)	Rang	Montant (F)	
1	R.F.A.	1 932 781 717	1	3 229 961 637	— 1 297 180
2	Pays-Bas	747 023 326	4	1 010 756 972	— 263 733
3	Italie	581 518 446	6	912 041 274	— 330 523
4	Gr.-Bret.	565 113 890	5	934 605 964	— 369 492
5	États-Unis	475 053 615	2	2 599 050 305	— 2 123 997
6	Belg. - Lux.	394 002 631	7	767 912 725	— 373 910
7	Maroc	370 914 894		16 884 152	354 030
8	Espagne	299 002 490	14	124 293 902	174 709
9	Algérie	291 218 165		10 845	291 208
10	Irak	246 528 533		0	246 528
11	Afrique Sud	238 511 312		4 437 097	234 074
12	Iran	211 666 201		13 546	211 653
13	URSS	203 901 865		21 132 264	182 769
14	Suisse	190 882 875	8	362 219 364	— 171 337
15	Indonésie	175 077 213		206 648	174 871
16	Égypte	160 766 582		3 915	160 763
17	Brésil	159 735 151		14 114 200	145 621
18	Libye	143 978 721		0	143 978
19	Arabie Saou.	142 460 420		329 590	142 131
20	Japon	142 110 678	3	1 226 436 452	— 1 084 326
Total 20 premiers pays 7 672 238			Total 20 premiers pays . . 12 306 281 000		
Total Exportations (tous pays) 10 565 683 000			Total Importations (tous pays) 12 609 000 000		
% Couverture 73 %			% Couverture 98 %		

CORÉE DU SUD

Au cours du premier trimestre de 1978, la Corée du Sud a exporté pour 255 M\$ de **produits électroniques**. Rappelons que l'objectif d'exportations pour 1978 en la matière est de 1 500 M\$.

Au cours de son 5^e Plan quinquenal de développement économique (1982-1986), le Gouvernement de la Corée du Sud a fixé à 10 % le **taux moyen de croissance de son Produit National Brut**.

GRANDE-BRETAGNE

Au 31 mars 1978, il y avait 71 586 **installations de télex** en Grande-Bretagne (+10,5 %).

D'après l'Electronic Components Industry Federation britannique, le marché des dispositifs à semi-conducteur en 1977 a été le suivant (en M£) :

- Dispositifs discrets :**
- dispositifs petits signaux : 62;
 - dispositifs de puissance : 49;
 - dispositifs opto-électroniques : 10;

- Circuits intégrés :**
- numériques : 37;
 - linéaires : 30;
 - logiques MOS : 31;
 - mémoires 32.

HONG-KONG

En 1977, Hong-Kong a **importé** pour 2 milliards de \$ de Hong-Kong de **produits électroniques bruts ou semi ouvrés** (+23 %).

INDE

En 1977, l'Inde a **produit** pour 5 000 M de Roupies de **biens électroniques** (+ 24 %) dont 370 M ont été exportés (grand public : 83 M; électronique militaire : 110 M et logiciel : 25 M). Au cours de cette même année l'Inde a produit 0,24 M de téléviseurs (+ 60 %) et 3,76 M de radiorécepteurs.

JAPON

Au cours des six premiers mois de 1978, le Japon a **exporté** 0,363 M de **magnétoscopes** représentant une valeur de 49 000 M de yens dont 31 500 M de yens à destination des USA.

JAPON (suite)

Au cours de l'année fiscale close au 31 mars 1978, le montant des investissements japonais à l'étranger s'établit à 2,8 milliards de \$ (— 19 %) dont :

- 865 M\$ en Asie (— 30,5 %);
- 686 M\$ aux USA (+ 3,5 %);
- 455 M\$ en Amérique Latine;
- 214 M\$ en Europe (— 36 %).

Par secteur d'activité, les industries manufacturières (construction électrique, chimie, textile) représentent 39 % du total, l'exploitation des matières premières 16,7 % et le commerce 12,7 %.

D'après l'Association des fabricants de piles sèches japonais, le Japon produirait en 1978 pour 75 milliards de yens de piles sèches (+ 10 %).

SUISSE

La Direction Générale de l'Entreprise des Postes, Télégraphes et Téléphones de la

Suisse a publié un certain nombre de statistiques concernant les télécommunications de ce pays.

Au 31 décembre 1977 on dénombrait en Suisse :

- 2 598 762 raccordements téléphoniques principaux (+75 564);
- 4 145 169 postes téléphoniques (+ 128 847);
- 5 094 demandes de raccordement non satisfaites (— 1 103);
- 26 051 raccordements au télex (+1972);
- 2 157 lignes interurbaines louées (+344) dont 1 644 assurant des relations nationales et 513 des relations internationales.
- 3 378 lignes locales louées;
- 7 400 modems (+ 29 %).

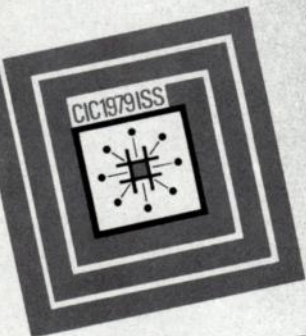
En 1977, d'après la firme suisse Ebauches, la Suisse a exporté vers Hong-Kong 13,3 M de mouvements de montres mécaniques (+ 7,3 %) représentant une valeur de 156,3 M\$ (+ 19,5 %). Hong-Kong est le premier débouché extérieur de mouvements de montres pour la Suisse.

TAÏWAN

En 1978, Taïwan compte exporter 10 M de montres numériques (+42,8 %) représentant un montant de 1 milliard de \$ dont 400 M\$ vers les USA, 384 M\$ vers le Japon et 50 M\$ vers l'Europe (+ 47 %).

U.S.A.

Le consultant américain Venture Development Corporation a réalisé une étude intitulée Home Computers (ordinateurs résidentiels). D'après cette étude le marché américain des ordinateurs résidentiels et des ordinateurs pour amateurs passerait de 9,71 M\$ (17,458 unités) en 1976 à 57,13 M\$ (75 609 unités) en 1981. Entre 1977 et 1981 la proportion des ordinateurs résidentiels passerait de 8,3 % à 42 %, celle des ordinateurs pour amateurs de 79,6 % à 53,4 % (VDC : 1 Washington Street, Wellesley, Mass 02181, USA).



colloque
international
de la
commutation
internationale
switching
symposium

paris mai 1979

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



**$k_2, k_3, d_2,$
par
boutons poussoirs**



Mesureur de niveau sélectif SPM-11 Tiroir générateur PSE-11

Le tiroir générateur prend place dans le mesureur de niveau SPM-11. Il permet, selon le mode de mesure, d'accorder le récepteur sélectif sur 1, 2, ou 3 fois la fréquence d'émission.

La mesure d'intermodulation est réalisée en générant deux fréquences dont la différence est égale à 200 Hz, le récepteur étant directement accordé sur 200 Hz.

Il est donc possible à l'aide de simples boutons poussoirs de mesurer k_2 , k_3 et d_2

PARMI LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES :

- une gamme de fréquences de 15 Hz - 200 kHz sans commutation de gamme
- deux sélectivités : 8 Hz ou 40 Hz
- l'affichage numérique de la fréquence avec une résolution de 1 Hz
- une sensibilité pleine déviation de -110 dB ($3 \mu V$)
- un niveau de sortie variable de -50 à $+10$ dB par bons et de façon continue
- en option toutes les fonctions principales télécommandables .



Wandel & Goltermann France
APPAREILS DE MESURES ÉLECTRONIQUES

SOGARIS 156 - 94534 RUNGIS CEDEX
☎ 687.32.70 - Télex: 260006 W.et G.F.

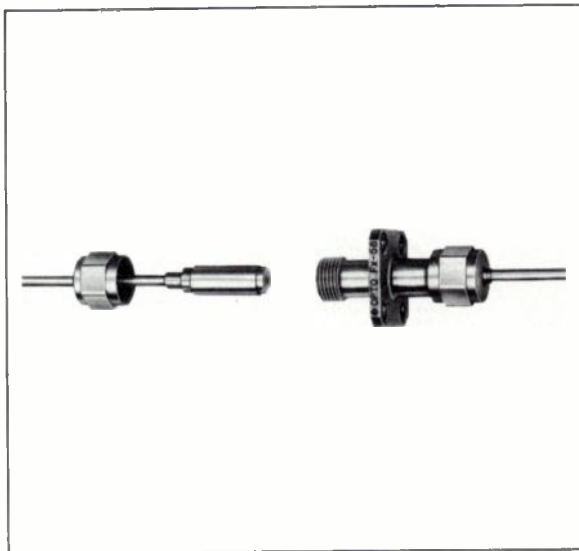
LIGHT FROM THE EAST

We are keen to pursue high-precision of micron range.



Optical fiber splicing apparatus FX-302

Less than 0.2 dB average loss



Optical fiber connectors FX-58

Less than 0.5 dB average loss

U.S.PAT.3936143 Canadian PAT.1027400

U.K.PAT.1489297



"MARV" Micro manipulator FX-118

Capable of taming 0.1 μ m



Optical fiber cutting and polishing machine FX-204 Series

Within 0.5° polishing angle to the center axis

Other products include:

- Optical fiber stainless steel pipes
- Diamond cutter for optical fibers
- Rotation and tilting attachment
- Centering device for double eccentric optical fiber connectors
- Optical fiber drawing system

❖ AOI SANSO CO., LTD. (Sales)

❖ OPTO MICRON IND. CO., LTD. (Manufacturing)

7-9,2-chome, Yaesu, Chuo-Ku,
Tokyo 104, Japan

Phone: Tokyo (03) 275-0811
Cables: OPTOAOI

Representative in Europe :

 **DR. KUBELIK OHG**

Jung-Stilling-Straße 16. D-7500 Karlsruhe 41. W-Germany

Phone : 0721 / 405552

Cables : TWOHEMIREP KARLSRUHE

Service lecteur : inscrivez le n° 818.

oe

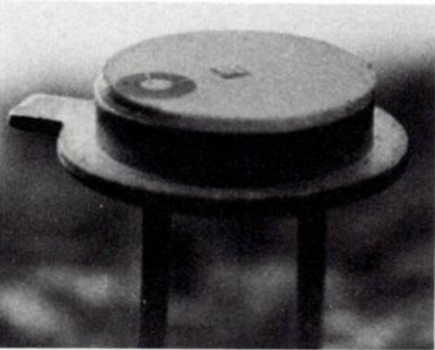
NOUVEAUTÉS TECHNIQUES

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.

DIODE ELECTROLUMINESCENTE POUR TELECOMMUNICATIONS OPTIQUES

Siemens modèle FV 21 1 R

Siemens présente une nouvelle diode électroluminescente à l'arséniure de gallium émettant dans l'infrarouge et spécialement destinée aux transmissions par fibres optiques. L'élément actif recouvert d'une résine époxyde, peut être directement couplé à la fibre à alimenter. La longueur d'onde des radiations émises est de 820 nm et la puissance lumineuse émise est comprise entre 1 et 2 mW pour un courant de 100 mA.



SIEMENS FRANCE, 59, boulevard Ornano, 93200 Saint-Ouen (tél. 820.61.20).

Service lecteur : inscrivez le n° 851.

MEMOIRE NON VOLATILE DE 1 K BIT

Nitron modèle NC 7053

La firme américaine Nitron introduit une mémoire morte non volatile du type $\overline{\text{A}}\text{ROM}$, dont le contenu peut être modifié électriquement. Ce dispositif est destiné à être incorporé dans des ensembles réalisés en petite série ou personnalisés.

Caractéristiques :

- Type : mémoire morte altérable électriquement ;
- Organisation : 128 mots de 8 bits ;
- Technologie : MOS à canal N ;
- Oscillateur interne à 10 kHz contrôlé extérieurement ou synchronisable avec une horloge externe ;
- Entrées-sorties : compatibles avec la logique TTL ;
- Décodeur d'adresse incorporée ;
- Durée de rétention moyenne de l'information : 10 ans ;
- Tension d'alimentation : $\pm 5 \text{ V}$ et $\pm 25 \text{ V}$ (effacement-écriture) ;

- Tension d'écriture et d'effacement : $\pm 25 \text{ V}$;
- Gamme de température : civile (0-70 °C) ou militaire ($- 55$ à $+ 125$ °C) ;
- Boîtier : DIL à 24 broches.

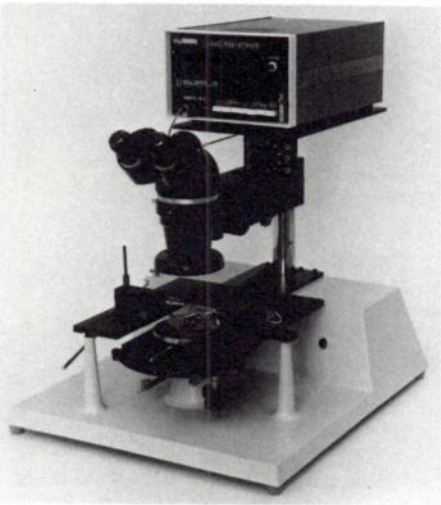
NITRON (USA). Représentation en France : Technology Resources, 27, rue des Poissonniers, 92200 Neuilly-sur-Seine (tél. 747.47.17).

Service lecteur : inscrivez le n° 852.

APPAREIL POUR LA MESURE DES RESISTANCES DIFFUSEES

Probe Rite

La firme américaine Probe Rite présente un appareil permettant la mesure précise des résistances diffusées dans les dispositifs à semiconducteur. Cet équipement utilise un ohmmètre et un circuit de kelvin et permet la mesure directe de résistance sur des fenêtres dont l'ouverture est de 1 mil grâce à deux sondes de kelvin. Ces dernières sont fournies en version standard pour une ouverture de fenêtre de 2 mils ou plus ou montées sur deux micro-positionneurs. Par ailleurs, cet équipement s'adapte sur la plupart des sondes manuelles. L'appareil peut être fourni en totalité ou par éléments selon les besoins de l'utilisateur.



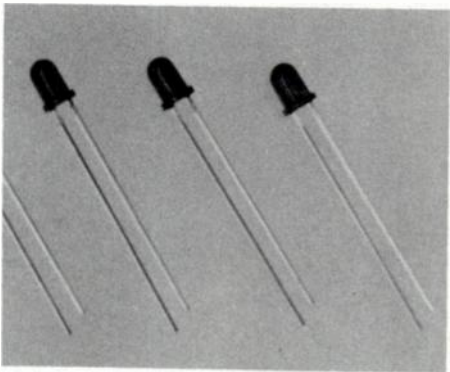
PROBE RITE INC, 2725 Lafayette Street, Santa Clara, CA 95050 (USA).

Service lecteur : inscrivez le n° 853.

DIODES ELECTROLUMINESCENTES

Litronix modèles RL 209-A, 1 et 2

La firme américaine Litronix complète sa série RL 209 de voyants à diodes électroluminescentes par trois modèles caractérisés par une durée de vie élevée et un prix intéressant.



Les modèles RL 209-A, RL 209-1 et RL 209-2 émettent dans le rouge et présentent une brillance moyenne de 0,8 ; 1,5 et 2,4 mcd lorsqu'ils sont parcourus par un courant de 20 mA.

LITRONIX (USA). Représentation en France : Composants et Produits Electroniques, 51, rue de la Rivière, 78420 Carrières-sur-Seine (tél. 941.61.36).

Service lecteur : inscrivez le n° 854.

AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE POUR TELECOMMUNICATIONS PAR SATELLITE

Hughes Aircraft modèle 9225 H 04

La division «Electron Dynamics» de Hughes Aircraft présente un amplificateur de puissance destiné à être utilisé pour les liaisons montantes dans les stations terrestres de télécommunications par satellite fonctionnant dans la bande de 12-14 GHz. Les programmes de télécommunications par satellite qui utilisent cette bande sont le Satellite Business System (USA), Anik (CND) et Intelsat V.

Conçu autour du TOP modèle 880 H, l'amplificateur 9225 H 04 délivre une puissance continue de 250 Watts dans la bande de fréquences s'étendant de 14 à 14,5 GHz.



QUOI DE NEUF

?

**nouvel
échantillonneur bloqueur
vidéo
type 4858**



- Temps acquisition
 - 75 ns à 0.2 % pour 2 Volts de pas.
 - 100 ns à 0.05 % pour 2 Volts de pas.
 - 150 ns à 0.01 % pour 5 Volts de pas.
- Délai ouverture: 80 PS
- Spécifications garanties:
 - de -25°C à +85°C
- Boîtier métallique
- APPLICATIONS:
 - Système d'acquisition des données ultra rapide
 - Numérisation de signal vidéo
 - Enregistrement de transitoires large bande

Le 4858 est la suite logique du 4855, 250 ns de temps d'acquisition



**TELEDYNE
PHILBRICK**

4, rue des Bergers
75015 Paris
Tél. : (1) 577.95.86
Télex : (842) 200731

Ce nouvel amplificateur comprend deux ensembles : un tiroir contenant la partie haute fréquence et un tiroir comportant l'alimentation et les éléments de contrôle. Une option pilote à semiconducteur, permet de porter le gain de 41 à 56 dB.

Le 9225 H 04 présenté dans une baie au standard 19" pèse 77 kg, il est équipé de nombreuses sécurités et protections et peut être télécommandé.

HUGHES AIRCRAFT (USA). Représentation en France : Elexience, 7, rue Henri Gatot, 92320 Chatillon (tél. 253.46.20).

Service lecteur : inscrivez le n° 855.

CONVERTISSEURS NUMERIQUE ANALOGIQUE RAPIDE A 12 BITS

Teledyne Philbrick modèle 4065 et 4065-82

La firme américaine Teledyne Philbrick introduit deux nouveaux convertisseurs numérique-analogique à sortie en courant et réalisés en technologie hybride. Ces dispositifs à haute fiabilité sont destinés aux applications militaires et aux applications relatives à l'affichage ou à la distribution de données, à l'instrumentation, à la conversion rapide de données.



Caractéristiques :

- Entrée : 12 bits ;
- Logique d'entrée : TTL et DTL ;
- Sortie en courant programmable extérieurement : 0.4 mA ou 2 mA ;
- Résistance de sortie : 1.5 kΩ (sortie unipolaire) ou 1.2 kΩ (sortie différentielle) ;
- Non linéarité : $\pm 1/2$ DBS sur toute la gamme de monotonie ;
- Gamme de monotonie : - 36 à + 125 °C ;
- Stabilité du zéro : ± 1 ppm de la pleine échelle /°C en sortie unipolaire, ± 10 ppm de la pleine échelle en sortie différentielle ;
- Coefficient de température de gain : ± 20 ppm de la pleine échelle /°C ;
- Réjection de la tension d'alimentation : ± 0.0024 %/ΔA (ΔA : variation de la tension d'alimentation) ;
- Tension d'alimentation : ± 15 V ;
- Protection contre les courts circuits en sortie ;
- Gamme de température : - 55 à + 125 °C ;
- Boîtier DIP à 24 broches.

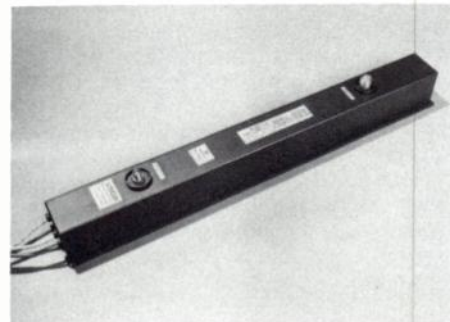
TELEDYNE PHILBRICK FRANCE, 4, rue des Bergers, 75015 Paris (tél. 577.95.86).

Service lecteur : inscrivez le n° 856.

TOP A LARGE BANDE POUR LES APPLICATIONS RADAR

Thomson-CSF modèle TH 3551

La division «Tubes Electroniques» de Thomson-CSF introduit sous la référence TH 3551, un tube à ondes progressives fonctionnant en impulsions et plus particulièrement destiné à être utilisé comme pilote à large bande dans l'étage amplificateur de sortie de radars à haute puissance modernes. Ce tube fonctionne dans une bande de fréquences allant de 2850 à 3450 MHz où il délivre une puissance crête de sortie à la saturation de 6 kW. Son gain minimal est de 47 dB à la puissance nominale.



Le facteur d'utilisation moyen du TH 3551 est de 0,03 ce qui permet d'amplifier des impulsions dont la durée peut atteindre 40 μs. Ce TOP à focalisation par aimants alternés est refroidi par eau.

(Cliché Thomson-CSF).

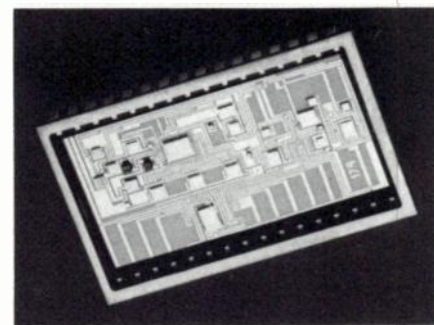
THOMSON-CSF-DTE, 38, rue Vauthier, 92100 Boulogne Billancourt (tél. 604.81.75).

Service lecteur : inscrivez le n° 857.

CONVERTISSEUR ANALOGIQUE-NUMERIQUE RAPIDE A 12 BITS

Micro Networks modèle MN 5240

La firme américaine Micro Networks Corporation introduit une nouvelle série de convertisseurs analogique-numérique linéaires rapides sur 10 ou 12 bits et réalisés en technologie hybride. Ces dispositifs proposés en version industrielle ou militaire conviennent aux applications relatives à l'acquisition ou à la numérisation de données mettant en œuvre éventuellement des microprocesseurs.



Caractéristiques :

- Tension d'entrée : sélectionnables par l'utilisateur
 - différentielles : $\pm 2,5$; ± 5 ou ± 10 V
 - unipolaires : 0-5 ou 0-10 V ;

- Impédances d'entrée : 2,5 ; 5 ou 10 k Ω selon les gammes de tension d'entrée ;
- Amplificateur tampon à l'entrée en option présentant une impédance d'entrée de 100 M Ω au minimum ;
- Sortie : binaire TTL série et parallèle ;
- Temps de conversion : 5 μ s ;
- Bit d'état ;
- Horloge : interne ou externe ;
- Fréquence de l'horloge interne : 2,6 MHz ;
- Erreur de linéarité : $\pm 1/2$ DBS ;
- Erreur de décalage : $\pm 0,05$ à $\pm 0,15$ % de la pleine échelle (selon les variations de température) ;
- Tension de référence interne : + 6,3 V ;
- Alimentation : ± 15 V et + 5 (alimentation logique) ;
- Puissance consommée : 1,4 W ;
- Compatibilité broche à broche avec les modèles ADC 84 et 85 ;
- Gamme de température : 0 à + 70 °C (version industrielle) et - 55 à + 85 °C (version militaire) ;
- Présentation : boîtier DIP à 32 broches.

MICRO NETWORKS CORPORATION (USA). Représentation en France : Microel, Immeuble Alpha, 128, avenue des Champs Lasniers, 91440 Bures-sur-Yvette, les Ullis (tél. 907.08.24).

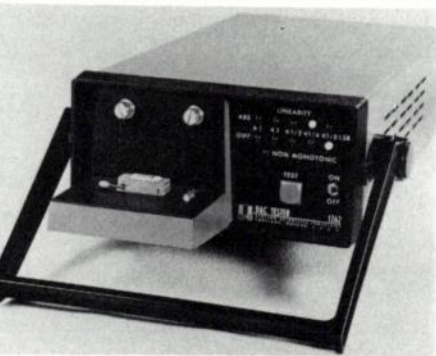
Service lecteur : inscrivez le n° 858.

APPAREIL DE TEST POUR CONVERTISSEURS NUMERIQUE-ANALOGIQUE

E S I modèle 1262

La firme américaine Electro Scientific Industries Inc présente un appareil à micro-processeur destiné au test des convertisseurs numérique-analogique sur 6, 8 10 ou 12 bits utilisant n'importe quel format d'entrée, BCD ou autre.

Cet appareil dont le prix est particulièrement intéressant permet de vérifier la linéarité absolue, la linéarité différentielle et la monotonie. Les résultats sont affichés sur la face avant.

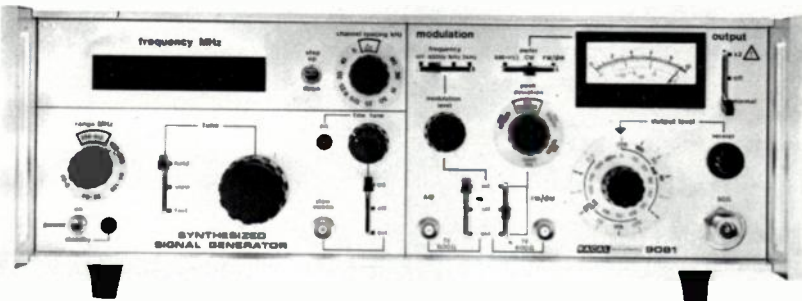


La durée effective du test est de 2 secondes, auxquelles il convient d'ajouter le temps de mise en température des convertisseurs sous test. Une sortie est prévue pour la commande d'un manipulateur automatique. L'adaptation à un circuit donné s'effectue au moyen d'une platine interchangeable.

E S I, 13900 NW Science Park Drive, Portland, Oregon 97229 (USA).

Service lecteur : inscrivez le n° 859.

LE GENERATEUR SYNTHETISE A COMMANDE ANALOGIQUE



RACAL-DANA 9081

L'expérience RACAL et la conception de pointe POUR MOINS DE 25000 F.H.T.

- Fréquence affichée par compteur 8 LED : 5 MHz à 520 MHz
avec doubleur * : 1040 MHz
sur demande * : 1,5 MHz à 520 MHz
- Commande de fréquence par codeur optique pour balayage continu
- Commande «pas à pas» pour variation de fréquence par bonds correspondant à des espacements de canaux aux standards inter-
- Choix de la résolution et de la vitesse d'excursion
- Modulation AM (0-100%) / FM (0-100KHz) / Φ M
- Indication du niveau de sortie et de la modulation sur galvanomètre
- Possibilité de suppression de porteuse
- Sortie 50 Ω de 0,07 μ V à 316mV (ou 612mV)
ou de -130dBm à +3dBm (ou 6 dBm)
- Stabilité sur toute la gamme $\pm 0,5$ dB
- Protection 25W en option
- Rayonnement parasite très faible permettant l'utilisation à proximité de récepteurs radio très sensibles
- Précision en fréquence 2×10^{-8} et stabilité 3.10^{-9} /jour

*Avec supplément

RACAL-DANA INSTRUMENTS S.A.

91, route des Gardes - 92190 Meudon-Bellevue
Tél. (1) 027 75 75 + ● Telex : 200 207 F

LYON/TOULON (94) 46 52 41

NANCY (28) 29 11 17

VANNES (97) 66 77 58

Service lecteur : inscrivez le n° 820.

INTERFACES UNIVERSELS A/N N/A 12 BITS MICRO NETWORKS CORPORATION

PLUS DE PROBLÈMES DE SOFT OU HARD !

MN 5500 12 bits C A/N

- Entrée analogique multigammes
- Rapide : 25 μ s
- 40 broches DILP

MICROPROCESSEUR 8 BITS

SBC 80 - 20, 8080, 8085, 8048, 6500, 6800, Z 80...

MN 3500 12 bits C N/A

- Sortie tension multigammes
- Rapide : 3 μ s
- 32 broches DILP

ALIMENTEZ VOS CIRCUITS
AVEC NOS ALIMENTATIONS
ET CONVERTISSEURS
MODULAIRES

MICROEL

Avenue des Champs-Lasniers
«ALPHA 128»
91440 LES ULIS

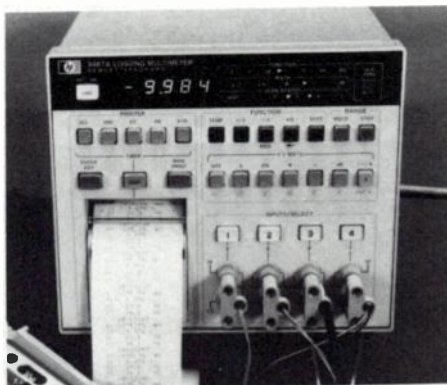
Tél. : 907.08.24 Téléx 692493 F

MULTIMÈTRE NUMÉRIQUE A 4 CANAUX Hewlett Packard modèle HP 3467 A

Hewlett Packard présente un nouveau multimètre automatique à 4 1/2 chiffres qui présente la particularité de comporter un scrutateur à 4 canaux et une unité d'impression.

Cet appareil mesure les tensions continues, les tensions alternatives efficaces vraies, les résistances et les températures.

Il dispose de fonctions mathématiques incorporées permettant de convertir les entrées mesurées en d'autres grandeurs : écarts, rapports, changements d'échelle. Le modèle HP 3467 A scrute, mesure et imprime automatiquement les données à une cadence pouvant être réglée de 15 secondes à 3 heures entre chaque cycle.



Cet appareil convient aux études de vieillissement, aux études de cycles, aux applications à basse fréquence jusqu'à 100 kHz et aux télécommunications.

HEWLETT PACKARD FRANCE, BP 70,
91401 Orsay (tél. 907.78.25).

Service lecteur : inscrivez le n° 860.

MODULOMÈTRES

Racal modèles 9008 et 9009

La firme britannique Racal introduit sur le marché deux nouveaux modulomètres plus particulièrement destinés à effectuer des mesures en ondes métriques et décimétriques. Le modèle 9008 est programmable et sa bande de fréquences s'étend de 1,5 MHz à 2 GHz ; le 9009 couvre une gamme de fréquences allant de 10 MHz à 1,5 GHz. L'accord et le réglage d'amplitude de ces appareils est automatique. Ces modulomètres disposent de 8 gammes de mesure en modulation de fréquence avec une excursion crête maximale de 100 kHz et de 6 gammes de mesure en modulation d'amplitude avec une profondeur de modulation maximale de 100 %.



Ces appareils peuvent être fournis, en option, avec une alimentation par batterie d'accumulateurs.

RACAL DANA, 91, route des Gardes,
92190 Meudon (tél. 027.75.75).

Service lecteur : inscrivez le n° 861.

APPAREIL DE TEST PORTATIF POUR LA LOCALISATION DES DÉFAUTS SUR CARTE IMPRIMÉE

GenRad modèle GR 2225

GenRad présente un appareil portatif de test pour cartes imprimées câblées permettant la maintenance et la réparation sur site d'équipements électroniques. Cet appareil programmable est équipé d'un microordinateur à 16 bits ; il comprend 192 excitateurs-senseurs programmables avec des possibilités d'extension, six alimentations, un logiciel de diagnostic avec une sonde, une unité imprimante, une unité à cartouche magnétique, un clavier alphanumérique et un multimètre intégré.



L'appareil de test GR 2225 comprend une interface à la norme RS-232 permettant de traduire les programmes de test préparés pour les systèmes de test GenRad, Teradyne, Membrain, etc. Notons qu'un modem à coupleur acoustique incorporé à l'appareil permet la transmission des programmes de test sur ligne téléphonique et donc l'adaptation rapide au test des différentes cartes imprimées sur le site.

GENRAD FRANCE, 96, rue Orfila, 75020 Paris (tél. 797.07.39).

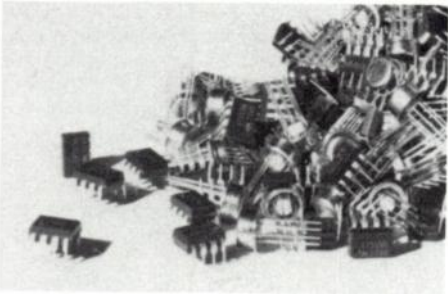
Service lecteur : inscrivez le n° 862.

AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL MONOLITHIQUE

Motorola séries LF 155 à 157, 255 à 257 et 355 à 357

Motorola introduit trois nouvelles séries d'amplificateurs opérationnels monolithiques utilisant la technologie BI-TEC (transistor Bipolaires et Transistors à Effet de Champ). La présence de transistors à effet de champ a permis d'obtenir d'intéressantes caractéristiques d'entrée. Les applications de ces dispositifs concernent :

les échantillonneurs-bloqueurs, les amplificateurs tampon à haute impédance d'entrée, les convertisseurs analogique-numérique et numérique-analogique rapides, les intégrateurs rapides à haute précision, les amplificateurs à faible bruit, faible dérive et à large bande.



Caractéristiques :

- Impédance d'entrée : 10^{12} ;
- Courant de polarisation à l'entrée : 30 pA ;
- Courant de décalage à l'entrée : 3 pA ;
- Tension de décalage à l'entrée : 1 mA ;
- Compensation de la tension de décalage à l'entrée : $3 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$;
- Bruit à l'entrée : $0,01 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$;
- Gain continu en boucle ouverte : 106 dB ;
- Réjection en mode commun : 100 dB ;
- Temps d'établissement à 0,01 % : $4 \mu\text{s}$ (LF 155 A) ; $1,5 \mu\text{s}$ (LF 156 A et LF 157 A) ;
- Vitesse de balayage : $5 \text{ V}/\mu\text{s}$ (LF 155 A) ; $12 \text{ V}/\mu\text{s}$ (LF 151 A) et 50 V (LF 157 A) ;
- Produit gain bande passante : 2,5 MHz (LF 155 A) ; 5 MHz (LF 156 A) ; et 20 MHz (LF 157 A) ;
- Tension de bruit à l'entrée : $20 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (LF 155 A) ; $12 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (LF 156 A et LF 157 A) ;
- La série LF X 55 convient aux applications nécessitant une faible consommation, la série LF X 56 aux applications à large bande et la série LF X 57 aux applications à très large bande et non compensées ;
- Tension maximale d'alimentation : de ± 18 à $\pm 22 \text{ V}$ selon les modèles ;
- Présentation : boîtier DIL en plastique ou en céramique à 8 broches, boîtier cylindrique métallique ;
- Gamme de température : $0-70^\circ\text{C}$;
- 55 à $+125^\circ\text{C}$ et -25 à $+85^\circ\text{C}$ selon les modèles et les versions.

MOTOROLA SEMICONDUCTEURS SA,
15, avenue de Ségur, 75007 Paris (tél. 551.50.61).

Service lecteur : inscrivez le n° 863.

OSCILLOSCOPE A MEMOIRE NUMERIQUE

Gould Advance modèle OS 4100

Gould Advance introduit un second oscilloscope à mémoire numérique pouvant représenter des courbes en coordonnées XY. Il présente une sensibilité de $100 \mu\text{V}$ et il est possible d'isoler la terre des entrées afin d'éliminer tout ronflement et toute boucle de masse.

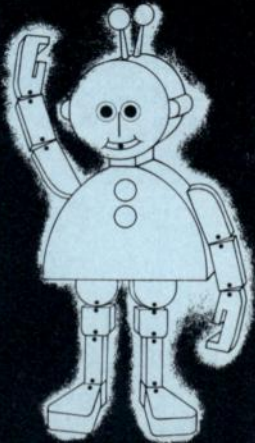
**l'automatisme,
c'est plus simple et moins cher
avec la carte programmable.**

CLP 40/16

Voici une carte programmable dérivée du Sprint-Logic qui permet de résoudre au meilleur prix tous les petits problèmes d'automatisation industrielle (40 entrées/16 sorties). Le changement du processus de mémoire est pratiquement instantané.

LSPAUTE
LSTHOM

95, rue Frédéric Faÿs 69627 VILLEURBANNE CEDEX Tél. (78) 53.02.50 Télex 300384
Délégation commerciale : 110, rue Anatole-France 92309 Levallois Perret Tél. 758.13.13



Service lecteur : inscrivez le n° 822.

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.

oe Carte information		L'ONDE ÉLECTRIQUE SERVICE LECTEUR (cochez la case appropriée).													
Nom : _____		☐ Direction Technique													
Prénom : _____		☐ Direction Commerciale													
Firme : _____		☐ Ingénieur Production													
Adresse : _____		☐ Ingénieur Étude/Recherche													
_____		☐ Ingénieur Commercial													
_____		☐ Autre Cadre Technique													
_____		☐ Service Achat													
Téléphone : _____		☐ Service Documentation													
_____		☐ Enseignement													
_____		☐ Autre (précisez)													
Je désire recevoir une documentation plus complète sur les produits ou nouveautés, portant les numéros suivants :		Précisez votre SPÉCIALISATION :													
<table border="1"><tr><td>301</td><td>306</td><td>322</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>		301	306	322										_____	
301	306	322													

N'OUBLIEZ PAS DE REMPLIR COMPLÈTEMENT VOTRE CARTE INFORMATION que vous trouverez dans chaque fascicule de l'Onde Électrique, en fin de volume.

QUOI DE NEUF ?

**nouveau
convertisseur
tension/fréquence
type 4727 et 4727-01
faible coût**



- Entrée différentielle faible dérive 10 KHz
 - Spécifications garanties de -25°C à +85°C
 - Alimentation ± 12 Volts à ± 18 Volts (spécifications garanties)
 - Fréquence d'entrée de 0,01 Hz à 13 KHz
 - 120 dB de dynamique 80 dB de CMRR
 - Non linéarité meilleure que 0,005%
- APPLICATIONS:**
- Transmission 2 fils
 - Convertisseur analogique digital 20 bits
 - Intégrateur sans dérive
 - Disponibles aussi convertisseurs 5 MHz, 1 MHz, 100 KHz et 10 KHz très faible coût.



**TELEDYNE
PHILBRICK**

4, rue des Bergers
75015 Paris
Tél. : (1) 577.95.86
Télex : (842) 200731



Cet appareil est adapté à l'observation de phénomènes lents et à longue durée de vie dans les domaines industriel, scientifique et médical.

Les signaux des deux voies échantillonnées à 1 MHz sont convertis numériquement et stockés dans une mémoire vive de 1 K mot de 8 bits de capacité.

En plus de la représentation XY, l'OS 4100 possède d'intéressantes possibilités de conditionnement de signaux. Il peut ainsi représenter sur la somme et la différence de deux signaux simultanément, ou cette somme ou cette différence sur une trace et l'un des signaux sur l'autre trace.

Cet oscilloscope dispose de trois modes de mémorisation :

- le mode « rafraîchi » dans lequel le contenu de la mémoire est renouvelé après chaque déclenchement ;
- le mode « monocoup » permet la capture d'un signe unique à partir d'un signal de déclenchement avec ou sans retard, avec ou sans avance ;
- le mode « dédoublé » où une trace seule est mémorisée dans la mémoire et où l'autre trace donne l'évolution d'un signal en « temps réel ».

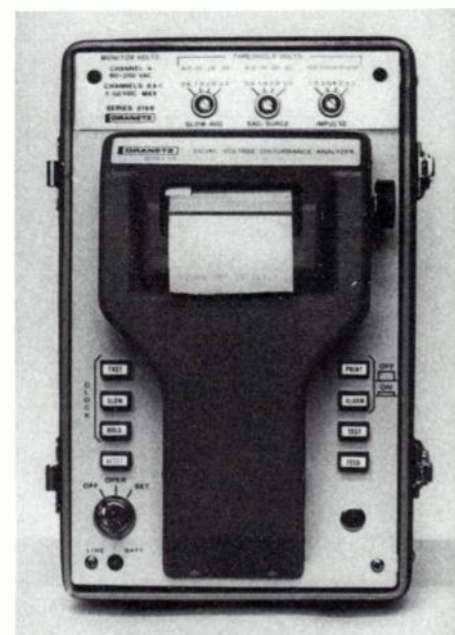
Le constructeur propose en option une sortie analogique pour table XY.

GOULD ALLCO, BP 31, 91160 Longjumeau
(tél. 909.10.67).

Service lecteur : inscrivez le n° 864.

ANALYSEUR DE PERTURBATIONS DES RESEAUX ALTERNATIFS

Dranetz modèle 616



La firme américaine Dranetz Engineering Laboratories introduit un nouvel analyseur-enregistreur de perturbations affectant les réseaux d'alimentation alternatif et dérivé du précédent modèle 606. Il réalise les mesures sur un réseau alternatif à 50 Hz et sur deux sources continues.

Cet appareil mesure et effectue des calculs sur 3 paramètres de la tension : valeur moyenne sur 10 secondes, valeur du niveau de l'alternance et valeur des impulsions comprises entre 0,5 et 800 μ s.

Dès que ces valeurs dépassent des niveaux présélectionnés, le modèle 616 imprime la valeur des phénomènes perturbations en donnant leur amplitude et leur durée sous la forme : valeur moyenne, surtension-sous-tension, impulsion, heure-minute et seconde.

La mémoire de l'appareil stocke les informations enregistrées pendant une période de 24 heures. Celles-ci sont restituées avec les limites maximum et minimum des 3 paramètres.

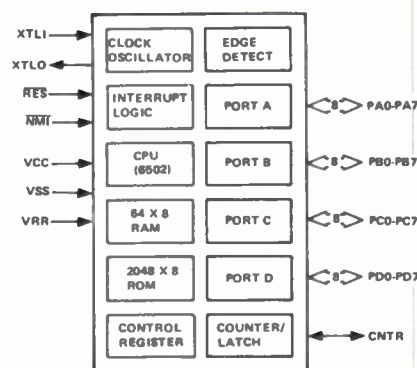
Les mesures s'effectuent sur un réseau à 50 Hz dont la tension efficace est comprise entre 40 et 250 V ou 80 et 350 V et deux sources continues comprises entre ± 4 et ± 25 V ou ± 8 et ± 50 V.

DRANETZ (USA). Représentation en France : Kontron Electronique, BP 99, 78140 Vélizy Villacoublay (tél. 946.97.22).

Service lecteur : inscrivez le n° 865.

MICROORDINATEUR MONOLITHIQUE A 8 BITS

Rockwell modèle R 6500/1



Interface Diagram

La firme américaine Rockwell International présente un microordinateur monolithique à 8 bits réalisé en technologie MOS à canal N. Ce dispositif est compatible avec tous les circuits de la famille 6500.

Le 6500/1 contient une unité centrale du type 6502, un oscillateur d'horloge, une mémoire morte programmée par masque de 2048 octets, une mémoire vive statique de 64 octets et une circuiterie d'interface aux possibilités étendues. Le circuit d'interface comporte un compteur programmable à 16 bits possédant 4 modes de fonctionnement, 32 lignes d'entrée-sortie bidirectionnelles.

Service lecteur : inscrivez le n° 823.

Caractéristiques :

- Fréquence maximale de l'horloge externe : 4 MHz ;
- Fréquence de l'horloge interne : 1 ou 2 MHz ;
- Temps maximal d'exécution d'une instruction : 1 µs ;
- Tension d'alimentation : 5 V ;
- Puissance consommée : 0,5 W ;
- Entrée d'alimentation séparée pour la mémoire vive permettant d'assurer une non-volatilité à l'aide d'une batterie tampon de faible capacité ;
- Présentation : boîtier DIL à 40 broches en céramique ou en plastique ;
- Gamme de température : 0-70 °C ;
- Module de simulation et de mise au point : disponible ;
- 5 niveaux d'interruption ;
- 13 modes d'adressage ;
- Traitement arithmétique en décimal ou en binaire ;
- Indexage indirect ou direct.

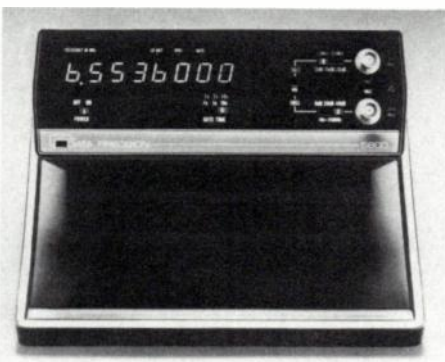
ROCKWELL INTERNATIONAL. Représentation en France : REA, 9, rue Ernest Cognacq, 92300 Levallois Perret (tél. 758.11.11).

Service lecteur : inscrivez le n° 866.

FREQUENCYMETRE

Data Precision modèle 5800

La firme américaine Data Precision Corporation introduit un nouveau fréquencesmètre destiné aux applications relatives aux télécommunications. Cet appareil autonome est également utilisable en atelier.



Caractéristiques :

- Gamme de mesure 10 Hz - 520 MHz ;
- Capacité de l'indicateur : 8 chiffres ;
- Deux entrées :
 - entrée à haute impédance (1 MΩ) pour les mesures entre 10 Hz et 250 MHz ;
 - entrée à basse impédance (50 Ω) pour les mesures entre 25 et 520 MHz ;
- Atténuateur d'entrée :
 - entrée haute impédance : 0 ; 20 et 40 dB ;
 - entrée basse impédance : 0 ; 10 et 20 dB ;
- Temps d'ouverture de porte :
 - entrée à haute impédance : 0,1 ; 1 et 10 s ;
 - entrée à basse impédance : 0,2 ; 2 et 20 s ;

les aide-mémoire dunod

INFORMATIQUE

Systèmes d'information. Représentation et organisation des données. Fichiers. Banques de données. Programmation Fortran. Cobol. PL/1. Téléinformatique. Tables de codification 49 F

AUTOMATIQUE

Analyse et synthèse des systèmes continus et des systèmes échantillonnés, linéaires ou non. Espace d'état, identification. Systèmes logiques et séquentiels 49 F

COMPOSANTS DE L'ÉLECTRONIQUE

Grandeurs physiques et électriques. Matériaux et composants passifs. Réseaux et filtres. Dipôles non linéaires. Tripôles actifs 49 F

FONCTIONS DE L'ÉLECTRONIQUE

Circuits à diode. Éléments amplificateurs. Rétroaction. Amplificateur opérationnel. Dispositifs à seuil. Multiplicateur et fonction-produit. Générateurs harmoniques. Éléments de circuits logiques 49 F

RADIO ET TÉLÉVISION

Signaux et messages. Composants en haute fréquence, lignes et guides. Antennes et propagation. Réception en modulation de fréquence. Stéréophonie, récepteurs-émetteurs. Télévision. Télécommunications. Radionavigation et radiolocalisation 45 F

ANALYSE MATHÉMATIQUE

Fonctions de variable réelle. Espaces métriques. Topologie générale. Intégration. Orthogonalité. Fonctions de variable complexe. Équations différentielles. Transformations de Fourier et Laplace. Distributions. Formulaires et tables. 40 F



pour le spécialiste

Service lecteur : inscrivez le n° 824.

- Sensibilité nominale : 10 mV ;
- Protection incorporée contre les surtensions à l'entrée ;
- Option : oscillateur à quartz compensé en température présentant une variation maximale de 2 ppm pour une variation de température de 0 à 40 °C ;
- Alimentation : par batterie de piles ou d'accumulateurs.

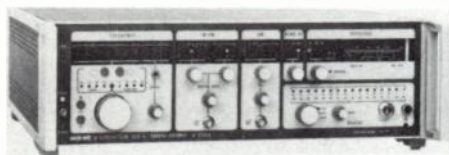
DATA PRECISION CORPORATION (USA). Représentation en France : Eurotron, 34, avenue Léon Jouhaux, ZI, 92160 Antony (tél. 668.10.59).

Service lecteur : inscrivez le n° 867.

GENERATEUR DE FREQUENCE

Adret Electronique modèle 7100 A

La société française Adret Electronique présente un nouveau générateur de fréquence synthétisé faisant appel à un microprocesseur et délivrant des signaux en modulation d'amplitude, de fréquence ou de phase dans une gamme unique de fréquences s'étendant de 0,3 à 650 MHz (1,3 GHz en option).



En mode manuel, la résolution en fréquence est de 1 kHz et la stabilité est celle du résonateur à quartz d'asservissement ($5 \cdot 10^{-9}$ /jour).

En mode vernier, la résolution affichée, à travers le fréquencemètre à quartz incorporé est de 1 Hz ; la stabilité sur les trois derniers chiffres étant de $\pm 10^{-3}$ sur 10 mn.

La valeur de la fréquence est indiquée sur un dispositif d'affichage à diodes électroluminescentes à 9 chiffres ; la sélection de fréquence est obtenue par une manivelle à 100 pas de fréquence par tour, la valeur du pas pouvant varier de 1 MHz à 1 kHz. Un autre dispositif à bouton-poussoir permet de faire varier la fréquence par bonds de 50 ; 25 ; 12,5 ou 20 kHz.

Le signal délivré par cet appareil est d'une pureté élevée. Le niveau de sortie peut être réglé à l'aide d'une commande de + 20 dBm à - 140 dBm par pas de 1 ou 10 dB.

Les modulations d'amplitude, de phase ou de fréquence peuvent être réalisées à l'aide du générateur interne à 400 et à 1 000 Hz ou en utilisant un signal externe avec couplage alternatif ou continu.

La modulation d'amplitude peut être obtenue dans une bande de fréquence allant de 0 à 150 kHz avec une profondeur de modulation pouvant atteindre 100 %.

L'appareil dispose de trois gammes de modulation de fréquence (0-3 kHz ; 0-30 kHz et 0-300 kHz).

La modulation de phase est réalisable entre 0 et 300° avec une bande de modulation de 0 à 60 kHz (couplage continu) ou 30 Hz à 60 kHz (couplage alternatif). Par ailleurs, le 7100 A est directement compatible avec les systèmes de navigation VOR-

ILS ; en position VOR-ILS ; le déphasage est de 0,20° à 30 Hz.

Le microprocesseur incorporé par l'appareil outre ses fonctions de commande permet la localisation des défauts et défaillances éventuelles.

Notons enfin que cet appareil dispose de nombreuses options : extension à 1300 MHz ; interface BUS-IEC ; protection interne par fusible.

ADRET ELECTRONIQUE, BP 33, 78192 Trappes Cedex (tél. 051.29.72).

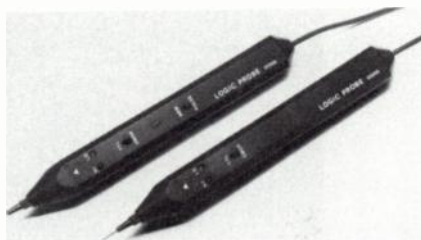
Service lecteur : inscrivez le n° 868.

SONDES POUR LE TEST DES CIRCUITS LOGIQUES

Alco modèles 3100 A et 3200 A

La firme américaine Alco présente deux sondes pour le test des circuits logiques TTL, DTL et MOSC.

Ces sondes comportent deux voyants à diodes électroluminescentes indiquant l'état haut et bas. Le modèle 3100 A permet la capture et la mise en mémoire de signaux brefs uniques dont la durée minimale est de 30 ns. Le modèle 3200 A ne permet pas l'analyse de signaux brefs. Ces dispositifs prélèvent la tension d'alimentation sur le circuit à analyser et présentent une grande impédance d'entrée, ce qui réduit les problèmes de sortance.



ALCO ELECTRONIC PRODUCTS INC (USA). Représentation en France : Augat, rue des Champs Lasniers, Immeuble Alpha 128, 91440 Bures-sur-Yvette, les Ulis (tél. 907.11.02).

Service lecteur : inscrivez le n° 869.

CONVERTISSEUR POUR TRANSMISSION DE DONNEES

CGS-CONSYST modèle SAC 4/4

La société italienne CGS-Consynt introduit sous la référence SAC 4/4, un nouveau convertisseur synchrone-asynchrone permettant le raccordement d'équipements asynchrones sur des lignes transmettant des flux de données en mode synchrone. Cet appareil comporte un microprocesseur commandant 4 canaux synchrones-asynchrones en duplex intégral. Chaque canal peut fonctionner à une vitesse différente des autres canaux, et qui dépend des caractéristiques principales de la transmission.

Caractéristiques :

- Compatible avec les avis V 24 et V 28 du CCITT ;
- Capacité : 1 à 4 canaux par adjonction de modules enfichables ;



- Vitesses de transmission : 150 ; 300 ; 600 ; 1 200 ; 2 400 ; 4 800 et 9 600 bits/s ;
- Code de transmission de 7 à 8 niveaux avec parité paire ou impaire et jusqu'à deux éléments d'arrêt ;
- Contrôle de parité ;
- Conversion de code ;
- Fonction de test incorporée.

CGS-CONSYST (I). Représentation en Europe : Interep, 4, cours des Bastions, CH 1205 Genève (Suisse).

Service lecteur : inscrivez le n° 870.

MODULE MEMOIRE D'IMAGE A SEMI-CONDUCTEUR

Intel modèle In 5770

Intel présente un module mémoire d'image en une carte imprimée spécialement conçue pour le stockage d'images numériques dans les systèmes de présentation graphique à tube cathodique commandés par ordinateur. Le module a une capacité de 256 K mots de 4 bits organisée en 4 images permettant d'obtenir une échelle de 16 gris. L'image ainsi stockée et reproduite présente une qualité élevée et de ce fait ce module peut être utilisé dans les systèmes biomédicaux radiographiques et les équipements de modélisation. Le In 5770 permet entre autre une amélioration de contraste et une analyse partielle des images. Ce module est conçu autour de mémoires vives dynamiques MOS de 16 K bits et il est donc nécessaire de prévoir des cycles de rafraîchissement.

INTEL CORPORATION SàRL, 74, rue d'Arcueil, Silic 223, 94528 Rungis Cedex (tél. 698.22.21).

Service lecteur : inscrivez le n° 871.

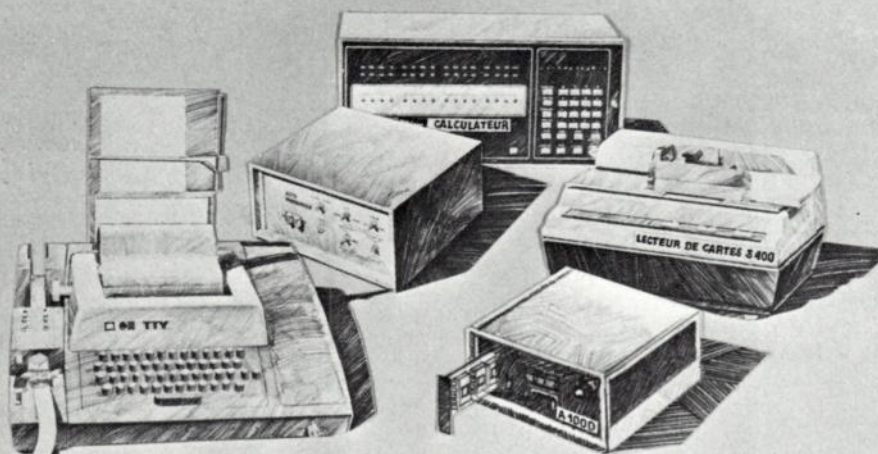
UTILISEZ LE SERVICE LECTEUR

si vous désirez une documentation complète sur un ou plusieurs produits.

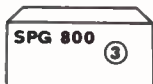
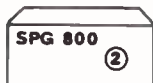
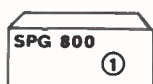
Dans chaque fascicule de *L'Onde Électrique* vous trouverez, en fin de volume, les cartes information mises à votre disposition.

INSTRUMENTATION GENERALE

vous avez l'un de ces périphériques...

INTERSTATE
ELECTRONICS
CORPORATION

Subsidiary of A-T-O Inc.

faites du TEST AUTOMATIQUE
avec le SPG 800

Si vous possédez l'un des périphériques ci-dessus : télécype, lecteur de cartes, lecteur de bande, mini-calculateur, auto-programmeur etc..., vous pouvez désormais réaliser facilement un équipement de test automatique simple et peu coûteux grâce au générateur multiple programmable SPG 800. Le périphérique servira à stocker le programme de test destiné à commander le SPG 800 ainsi que d'autres appareils si nécessaire... Vous raccordez le tout... et voilà ! Plus de manipulations de boutons, plus de fréquencemètres, d'oscilloscopes ou de voltmètres pour contrôler les signaux de test délivrés par le générateur.

Grâce à sa modularité le SPG 800 remplace cinq appareils : ① une source de tension continue et ② un générateur de fonctions programmable (0,1 Hz à 13 MHz) dans sa version de base, et par adjonction de cartes : ③ un générateur synthétisé (stable à 5.10^{-8} par an), ④ un générateur d'impulsions avec largeur, retard et fronts de montée et de descente programmables, enfin ⑤ un générateur de rafales jusqu'à 20.000 périodes.

Le couplage du SPG 800 est très simple. A partir de la version de base équipée d'une interface ASC II, on peut, au moyen de cartes optionnelles obtenir les interfaces suivantes : I EEE, RS 232 C, boucle de courant 20 mA et BCD parallèle.

Le SPG 800 peut également être associé à l'autoprogrammeur A 1000 développé par IEC, ayant une capacité de stockage de 100 pas de programme de test. Cette combinaison permet d'aborder de façon simple et économique le test automatique.

Pour en savoir plus, écrire ou téléphoner à TEKELEC-AIRTRONIC, département Instrumentation Générale, B.P. N° 2, 92 310 Sèvres, Tél. : (1) 027-75-35, Télex : TEKLEC 204 552 F.

TEKELEC TA AIRTRONIC

oe

ACTIVITÉS DES LABORATOIRES

HÉTÉROÉPITAXIE DE GERMANIUM
SUR ARSÉNIURE DE GALLIUMD. Delagebeaudeuf, D.V. Bui, M. Lescroel,
M. Colombier

Objectif des études et travaux

Réalisation et caractérisation de couches épitaxiales de germanium sur arsénure de gallium destinées à de nouveaux composants en hyperfréquence.

Programme de recherche

1. Étude bibliographique : constatation de nombreuses lacunes dans la compréhension des phénomènes observés. Très peu de résultats publiés concernant les hétérojonctions isotopes où le modèle d'Anderson (1962) dit "à couche d'accumulation" se révèle nettement insuffisant. Il implique la dépendance de la discontinuité de potentiel électronique ΔE_c vis-à-vis des dopages ce qui semble inadmissible. Les tentatives d'interprétation se contredisent parfois les unes les autres (Anderson, Fang et Howard). Il en résulte des valeurs proposées pour ΔE_c comprises entre 0,11 eV (Ribben et Feucht) et 0,54 eV (Anderson). La valeur théorique résultant de la différence des affinités électroniques mesurées des deux matériaux étant de 0,06 eV).

2. Réalisation et caractérisation des couches

Différents procédés technologiques ont été mis en œuvre :

- procédé au GeCl_4 (VPE)
- procédé au GeH_4 (VPE)
- évaporation sur substrat As Ga chaud
- jet moléculaire (MBE)

Sur les structures isotopes ainsi réalisées mise en évidence des anomalies observées dans d'autres laboratoires :

- valeur déduite de l'intersection du prolongement de la caractéristique $(1/\text{capacité})^2 = f(V)$ avec l'axe des tensions anormalement élevées et systématiquement plus fortes que le potentiel de diffusion (Anderson, Esaky).
- sens de variation anormal de la capacité en fonction de la tension appliquée dans certains cas que nous avons observés et, sans doute, d'autres expérimentateurs (Aladinskii).
- sens de variation anormal du potentiel de diffusion côté AsGa en fonction du dopage de ce matériau celui du germanium étant constant (Fang et Howard).
- tendance à la saturation du courant direct.

Les couches de Germanium présentent un bel aspect, sont monocristallines, de type N (4 à $6 \cdot 10^{17}$ At/cm³) ou de type P⁺ ($> 10^{18}$ at/cm) dopage qui reste trop élevé pour les applications envisagées.

3. Travail théorique

— élaboration d'un modèle électrique simple pour les hétérojonctions N/N, faisant appel à une charge d'interface, expliquant les anomalies énumérées ci-dessus et ayant permis la caractérisation des couches réalisées.

— recherche d'applications d'hyperfréquences : plusieurs types de structures ont été envisagés notamment des sources IMPATT simple drift à haut rendement, un hétérocontact limitant pour effet Gunn, un générateur millimétrique à injection tunnel.

Conclusion

L'étude n'a pas encore permis la réalisation d'un dispositif hyperfréquence utilisant une hétérojonction Ge/AsGa du fait de la difficulté actuelle d'élaboration de couches de germanium modérément dopées.

Elle a permis par contre la définition des conditions optimales d'élaboration pour atteindre ce but et éclairci les phénomènes régissant le comportement des hétérostructures isotopes N/N. La recherche d'application hyperfréquences à ces nouvelles structures a de plus permis le dépôt de plusieurs demandes de brevet.

Laboratoire ayant exécuté la recherche :

Laboratoire Effet de Volume, Thomson-CSF, LCR Corbeville, BP 10, 91401 Orsay.

Contrat D.R.M.E. n° 76-34-395.

Les différentes parties de cette étude feront l'objet d'articles à paraître dans :

— La *Revue technique Thomson-CSF* (Juin 1978) pour les applications aux diodes IMPATT

— La revue : *Solid State and electron devices* (SSSED) pour ce qui concerne le modèle électrique que nous avons élaboré.

EFFETS MAGNÉTIQUES EN OPTIQUE
INTÉGRÉE

par J.P. Castéra et G. Hepner

Objectif des études

Étude des interactions magnétooptiques dans une couche mince ferrimagnétique et application à la réalisation de dispositifs non réciproques en optique intégrée.

Programme de recherche

L'étude comporte trois phases principales :

1. Choix du matériau magnétique,
2. Étude de l'effet Faraday et de l'effet Cotton-Mouton en optique intégrée,

3. Application à la réalisation d'un isolateur et d'un circulateur.

Principaux résultats

Les couches minces de grenat d'yttrium et de fer (YIG) (d'épaisseur 5 μm) substituées avec des atomes de gadolinium et de gallium, obtenues par épitaxie en phase liquide sur un substrat de grenat de gadolinium et gallium (GGG) présentent des effets magnétooptiques importants ainsi que de faibles pertes optiques (quelques dB/cm) à la longueur d'onde de 1,15 μm .

La lumière se propage dans ces couches sous forme de modes de type transverse électrique (TE) et transverse magnétique (TM). Ces modes sont couplés grâce aux interactions magnétooptiques (effet Faraday ou effet Cotton-Mouton). Le taux de conversion maximum qu'il est possible d'obtenir est limité par la différence entre les vitesses de propagation des deux modes couplés. Nous avons résolu ce problème en égalisant les phases des deux modes à l'aide d'une biréfringence induite par une désadaptation des mailles cristallines de la couche et du substrat.

L'effet Faraday a la propriété d'être indépendant du sens de propagation de la lumière. Associé à l'effet Cotton-Mouton qui est un effet réciproque, il permet la réalisation de dispositifs non réciproques tels que isolateur ou circulateur. On peut ainsi réaliser un convertisseur de modes unidirectionnel en juxtaposant un tronçon gyromagnétique (Faraday) et un tronçon anisotrope (Cotton-Mouton). Pour un sens de propagation, ce dispositif transformera un mode TE en un mode TM, mais en revanche n'aura aucun effet sur ce mode pour l'autre sens de propagation. L'isolateur est obtenu en associant un convertisseur de modes unidirectionnel et un absorbant pour le mode TM. Ce dernier consiste en un dépôt métallique sur la surface du YIG. Le circulateur proposé est du type interféromètre Mach-Zehnder comportant dans une branche l'élément non réciproque donnant une différence de phase de π entre les deux sens de parcours. Ce dispositif comprend deux coupleurs directs entre guides. Cette dernière étude a nécessité la réalisation de guides optiques à confinement latéral dans le YIG ainsi que l'étude théorique et expérimentale du comportement de l'aimantation dans ces guides.

Organisme contractant :

Thomson-CSF - Laboratoire Central de Recherches - Domaine de Corbeville - 91401 Orsay.

Laboratoire ayant exécuté la recherche :
Laboratoire d'Acoustique et Magnétisme

Contrat DRME : N° 75 34 278



SERIE 7000

LA GAMME A L'INFINI.

Avec un oscilloscope de la série 7000, vous investissez dans la technique à son plus haut niveau. Quel que soit votre domaine d'activité, systèmes numériques, télécommunications, physique appliquée, vous optimisez votre système de mesures grâce à une gamme très complète de tiroirs amplificateurs, bases de temps,

analyseurs de spectres, traceurs de caractéristiques, échantillonneurs, analyseurs logiques... La série 7000 : ce sont des performances incomparables mais elle représente surtout des possibilités d'extension à l'infini, vous assurant de posséder demain, un système adapté aux développements croissants de la mesure.

Tektronix®

LA REFERENCE EN MESURE ELECTRONIQUE

Pour tous renseignements, veuillez écrire ou téléphoner à :
 Service Promotion des Ventes - B.P. 13 - 91401 Orsay - Tél. 907 78 27
 Centres régionaux : Lyon - Tél. (78) 76 40 03 - Strasbourg - Tél. (88) 39 49 35 - Toulouse - Tél. (61) 40 24 50
 Rennes - Tél. (09) 51 21 16 - Aix en Provence - Tél. (49) 50 24 66

Service lecteur : inscrivez le n° 826.

oe LIVRES RECUS

Evacuation de la chaleur dissipée dans les équipements électroniques

S. ELBERG et P. MATHONNET,

Eyrolles, Paris, 1978, 254 p.

Chapitre 1 : la dissipation de chaleur dans les équipements électroniques (12 p.) - Chapitre 2 : rappel de lois fondamentales de transfert de chaleur (30 p.) - Chapitre 3 : transfert de chaleur avec changement de phase (32 p.) - Chapitre 4 : calculs des transferts de chaleur par analogie électrique (14 p.) - Chapitre 5 : classification des environnements thermiques et conceptions thermiques d'ensemble (40 p.) - Chapitre 6 : caractéristiques thermiques des composants électroniques (34 p.) - Chapitre 7 : dispositifs de transfert de chaleur (46 p.) - Chapitre 8 : refroidissement des équipements électroniques par ébullition nucléée (22 p.) - Chapitre 9 : la climatisation des équipements électroniques à bord des véhicules spatiaux (22 p.) - Adresses des fournisseurs cités dans le texte (1 p.).

An introduction to linear programming and matrix game theory

M.J. FRYER,

Arnold, London, 1978, 120 p., ISBN 0 7131 2661 2

1. Introduction (7 p.) - 2. The algebraic simplex method (5 p.) - 3. The tableau (4 p.) - 4. Practicalities (6 p.) - 5. Further algorithms (11 p.) - 6. Introduction to game theory (6 p.) - 7. Solution of simple games (7 p.) - 8. Generalisation and duality (7 p.) - Problems (14 p.) - Solutions (53 p.) - Index.

Introduction aux systèmes asservis non linéaires

J.C. GILLE,

Dunod, Paris, 1977, 128 p., ISBN 2 04 010154 3

Chapitre 1 : Généralités : historique, non-linéarités usuelles, asservissements possédant un organe non linéaire (14 p.) - Chapitre 2 : Réponse temporelle (13 p.) - Chapitre 3 : approximation de l'équivalent harmonique (première partie) : gain complexe équivalent des non-linéarités usuelles (21 p.) - Chapitre 4 : approximation de l'équivalent harmonique (seconde partie) : stabilité, oscillations libres, oscillations forcées (14 p.) - Chapitre 5 : méthode géométrique de Poincaré : points singuliers, cycles limite (18 p.) - Chapitre 6 : plan de phase : systèmes multilinéaires, systèmes par plus-moins, commutation optimale (15 p.) - Chapitre 7 : stabilité : définition, interprétation métrique, stabilité locale par l'approximation du premier degré, stabilité globale par la décroissance de la distance (18 p.) - Chapitre 8 : stabilité absolue : problème d'Ajzerman, critère de Popov, critère du cercle (10 p.) - Bibliographie (4 p.).

Signal analysis

A. PAPOULIS,

Mc Graw Hill Book Company, 1977, 431 p., ISBN 0 07 048460 0

Part one : signals, systems and transforms, chapter 1 introduction (27 p.) - Chapter 2, discrete systems (26 p.) - Chapter 3, fourier analysis (45 p.) - Chapter 4, continuous systems (38 p.) - Chapter 5, digital processing of analog signals (44 p.) - Part two : selected topics, Chapter 6, bandlimited functions (38 p.) - Chapter 7, Factorization, windows, hilbert transforms (41 p.) - Chapter 8, frequency modulation, uncertainty, ambiguity (37 p.) - Part three : Data smoothing and spectral estimation, Chapter 9, stochastic processes (25 p.) - Chapter 10, Data smoothing (27 p.) - Chapter 11, Ergodicity, correlation estimators, fourier transforms (27 p.) - Chapter 12, Spectral estimation (15 p.) - Problems (13 p.) - Solutions (15 p.) - Index (9 p.).

Primary batteries — Recent advances

R.W. GRAHAM,

Noyes Data Corporation, New Jersey, 1978, 362 p., ISBN 0 8155 0695 3

Introduction (2 p.) - Zinc dry cells (71 p.) - Silver oxide-zinc, air-zinc and other batteries (52 p.) - Lithium nonaqueous electrolyte systems (61 p.) - Sodium and lithium solid electrolyte systems (31 p.) - Seawater, reserve and thermal batteries (90 p.) - Batteries for pacemakers and film packs (47 p.) - Company index (2 p.) - Inventor index (4 p.) - U.S. patent number index (1 p.).

Secondary batteries — Recent advances

R.W. GRAHAM,

Noyes Data Corporation, New Jersey, 1978, 398 p., ISBN 0 8155 0696 1

Introduction (2 p.) - Lead-acid batteries (143 p.) - Zinc electrodes and batteries (57 p.) - Nickel-cadmium and other alkaline batteries (62 p.) - Sodium-sulfur solid electrolyte batteries (53 p.) - Lithium batteries (39 p.) - Other battery system (32 p.) - Company index (2 p.) - Inventor index (4 p.) - U.S. Patent number index (3 p.).

Méthodes de programmation,

B. MEYER et C. BAUDOUIN,

Eyrolles, Paris, 1978, 688 p.

Chapitre I : Généralités sur la programmation (28 p.) - Chapitre II : Introduction aux langages de programmation Fortran, Algol W, PL/1 (48 p.) - Chapitre III : Structures de contrôle (62 p.) - Chapitre IV : Sous-programmes (69 p.) - Chapitre V : Structures de données (113 p.) - Chapitre VI : Récursion (80 p.) - Chapitre VII : Algorithmes (100 p.) - Chapitre VIII : Vers une méthodologie de la programmation. - Bibliographie. - Index.

De la logique câblée aux microprocesseurs

Tome 1 : circuits combinatoires et séquentiels fondamentaux,

BERNARD, HUGON et LECORVEC,

Eyrolles, Paris, 1978, 209 p.

Chapitre 1 : notation binaire, algèbre binaire et fonctions logiques (19 p.) - Chapitre 2 : les opérateurs logiques élémentaires (10 p.) - Chapitre 3 : les familles logiques (22 p.) - Chapitre 4 : fonctions combinatoires usuelles et circuits associés (18 p.) - Chapitre 5 : représentation des nombres, codes (16 p.) - Chapitre 6 : opérations arithmétiques et circuits associés (11 p.) - Chapitre 7 : la fonction de mémorisation. La bascule RS (11 p.) - Chapitre 8 : les fonctions de décalage et de comptage. Principes et exemples d'applications (9 p.) - Chapitre IX : propriétés générales des cellules mémoires de décalage et de comptage (7 p.) - Chapitre 10 : les bascules RS maître-esclave JK et D (15 p.) - Chapitre 11 : réalisation des registres de mémorisation et à décalage (14 p.) - Chapitre 12 : réalisation des compteurs (16 p.) - Chapitre 13 : les mémoires (18 p.) - Chapitre 14 : les circuits spéciaux (11 p.) - Chapitre 15 : représentation symbolique des fonctions logiques (10 p.) - Lexique (1 p.).

De la logique câblée aux microprocesseurs

Tome 2 : applications directes des circuits fondamentaux

BERNARD et HUGON,

Eyrolles, Paris, 1978, 135 p.

Chapitre 1 : simplification des fonctions logiques (24 p.) - Chapitre 2 : étude et assemblage de quelques circuits combinatoires (33 p.) - Chapitre 3 : synthèse des fonctions logiques (15 p.) - Chapitre 4 : changement de code (13 p.) - Chapitre 5 : les additionneurs (18 p.) - Chapitre 6 : les registres compteurs (15 p.) - Chapitre 7 : le décalage (6 p.) - Chapitre 8 : gestion de mémoire en pile ou en file (6 p.).



CONSEIL ET PROMOTION

PRESENTE

IC MASTER 78

UN LIVRE UNIQUE QUI CONTIENT:

CINQ SECTIONS SPECIALISEES. Tous les circuits intégrés fabriqués par plus de 80 sociétés sont répartis entre ces cinq sections : Digitaux, Interface, Linéaires, Mémoires et Microprocesseurs. Chaque section est divisée en sous-sections correspondant aux fonctions et aux paramètres clés. Vous y trouverez donc tous les produits disponibles correspondant à votre besoin précis.

PLUS DE 1000 PAGES d'informations techniques fournies directement par les fabricants de circuits intégrés vous donnent les détails indispensables à la sélection du circuit qui vous convient parmi 17000 autres.

LE RÉPERTOIRE DES SECONDES SOURCES. Ce répertoire est le plus complet et le plus fiable à ce jour. Nous avons demandé à chaque fabricant de nous indiquer, sous sa propre responsabilité, quels étaient les circuits de ses confrères pour lesquels il proposait une seconde source directement interchangeable broche à broche. Vous évitez les recherches fastidieuses, les comparaisons hasardeuses et les erreurs malencontreuses.

UN INDEX COMPLET DE LA NOMENCLATURE MILITAIRE américaine et un tableau de correspondance permettant d'identifier tous les produits qualifiés JAN. Ce tableau de conversion permet de retrouver les références commerciales à partir des références de la norme MIL STD 38510.

UN TABLEAU DES HOMOLOGATIONS donne la liste de 40 fabricants et des produits qu'ils proposent sous les normes MIL STD 38510 et MIL STD 883. Il signale également les fabricants qui acceptent de faire des sélections particulières.

UN INDEX JAN. Pour la première fois au monde, ce guide par fonction vous permet de savoir s'il existe un produit homologué JAN répondant à votre application. S'il existe, il précise ses références commerciales et militaires (MIL STD 38510).

UN RÉPERTOIRE PAR NUMÉRO. Cette idée révolutionnaire consiste à présenter par ordre numérique, sans tenir compte des préfixes et suffixes littéraux, tous les produits des 84 fabricants répertoriés. Vous pouvez ainsi retrouver sans difficulté un circuit dont vous ne connaissez pas le fabricant ou dont les références sont incomplètes. Le répertoire vous indique tous les produits ayant un chiffre commun pour base, la page et la ligne où vous le trouverez dans les sections spécialisées et, éventuellement, les notes d'application le concernant.

LE RÉPERTOIRE DES NOTES D'APPLICATION. Pour l'établir, nous avons demandé à chaque fabricant de nous donner la liste des notes d'application qu'il considère comme étant d'actualité. Nous avons ainsi éliminé tous les documents périmés ou dépassés. Chaque note fait l'objet d'un résumé très bref; le fabricant du produit et la référence de la note sont indiqués.

UN RÉPERTOIRE DES PRODUITS. Chacun des 84 fabricants répertoriés y figure avec la liste complète et à jour des produits qu'il propose. Bien entendu, à côté de chaque référence figure la page et la ligne correspondant dans les sections spécialisées.

UN GUIDE DE DECODAGE. Chaque fabricant ayant son propre système d'identification des boîtiers, gamme de température, fonction, ... il nous a paru indispensable de préciser pour chacun d'eux le code correspondant. Ce guide vous permettra soit de mieux identifier un produit, soit d'éviter des erreurs coûteuses au moment de passer une commande d'approvisionnement.

UN ANNUAIRE DES FABRICANTS ET DISTRIBUTEURS. Vous y trouverez les adresses, téléphones et télex de tous les fabricants. Après chacun d'eux nous avons donné les mêmes renseignements sur ses agents et ses distributeurs.

TROIS MISES A JOUR PAR AN. L'information est une denrée périssable surtout dans le domaine des circuits intégrés. Trois fois par an, nous vous envoyons sous forme de brochure les mises à jour qui font que votre IC MASTER n'est jamais périmé quelle que soit la rapidité de l'évolution.

BON DE COMMANDE

Je vous passe commande d'un IC MASTER 78 au prix exceptionnel de 620,00 francs toutes taxes comprises, franco de port et d'emballage.

mon nom ma société

mon adresse

ci-joint chèque bancaire ☐ CCP ☐ de 620,00 francs à l'ordre de CONSEIL ET PROMOTION, 1 rue

Damiens - 92100 - Boulogne-Billancourt



LIVRES REÇUS

De la logique câblée aux microprocesseurs, Tome 3 : méthodes de conception de systèmes,

J.M. BERNARD et H. HUGON,

Eyrolles, Paris, 1978, 164 p.

Chapitre 1 : le temps dans les systèmes logiques (11 p.) - Chapitre 2 : systèmes séquentiels simples (6 p.) - Chapitre 3 : systèmes séquentiels complexes (9 p.) - Chapitre 4 : le séquenceur câblé (8 p.) - Chapitre 5 : synthèse d'un ensemble piloté par séquenceur cablé (5 p.) - Chapitre 6 : le séquenceur microprogrammé (13 p.) - Chapitre 7 : synthèse d'un ensemble piloté par un séquenceur microprogrammé (5 p.) - Chapitre 8 : les anomalies les plus fréquentes dans les schémas de logique (23 p.) - Chapitre 9 : caractéristiques générales des microprocesseurs (21 p.) - Chapitre 10 : les outils de développement associés aux microprocesseurs (9 p.) - Chapitre 11 : synthèse avec microprocesseur (11 p.) - Chapitre 12 : quelques aspects de la réalisation des équipements (15 p.) - Chapitre 13 : comparaisons entre méthodes de conception (6 p.) - Lexique (21 p.).

De la logique câblée aux microprocesseurs, Tome 4 : application des méthodes de synthèse,

J.M. BERNARD et H. HUGON,

Eyrolles, Paris, 1978, 268 p.

Chapitre 1 : cycles d'horloges, équations logiques, décalage d'horloges (13 p.) - Chapitre 2 : détection de début et de fin d'impulsion, filtrage logique d'un signal (9 p.) - Chapitre 3 : établissement d'organigrammes fonctionnels (14 p.) - Chapitre 4 : réalisations de séquenceurs câblés (10 p.) - Chapitre 5 : logique d'édition de caractères, réalisation avec un séquenceur câblé (14 p.) - Chapitre 6 : logique d'édition de caractères, réalisation avec un séquenceur réparti, à bascules (8 p.) - Chapitre 7 : logique d'édition de caractères, réalisation avec un séquenceur microprogrammé (12 p.) - Chapitre 8 : logique d'édition de caractères, étude d'une réalisation non structurée (18 p.) - Chapitre 9 : système de télémesure, analyse fonctionnelle (26 p.) - Chapitre 10 : système de télémesure, réalisation avec un séquenceur câblé (18 p.) - Chapitre 11 : système de télémesure, réalisation avec un séquenceur microprogrammé (35 p.) - Chapitre 12 : présentation du microprocesseur, Motorola 6800, le matériel (9 p.) - Chapitre 13 : présentation du microprocesseur 6800, le logiciel (7 p.) - Chapitre 14 : système de télémesure, réalisation avec un microprocesseur 6800, le matériel (21 p.) - Chapitre 15 : système de télémesure, réalisation avec le microprocesseur 6800, le logiciel (11 p.) - Chapitre 16 : exercices sur le système de télémesure (12 p.) - Chapitre 17 : exemple d'utilisation de micro-ordinateur (11 p.) - Lexique (19 p.).

Programmation conversationnelle BASIC,

R. LORTAL,

Masson, Paris, 1978, 128 p.,
ISBN 2 225 49819 9.

Avant-propos.

1. Généralités.

Origine et caractères généraux du langage Basic. - Situation du Basic dans l'évolution des langages de programmation. - Dualité de la syntaxe et de la sémantique. - La programmation conversationnelle. - Les étapes de la réalisation d'un travail sur ordinateur. - Les possibilités pédagogiques du « temps partagé ».

2. Le langage Basic.

Les composants du langage Basic. - Les instructions.

3. Analyse numérique.

Systèmes linéaires : résolution de $Ax = B$. - Résolution numérique des équations. - Intégration numérique. - Résolution numérique d'équations différentielles. - Résolution numérique d'équations aux dérivées partielles.

Annexes : Fichier. - Résumé des instructions Basic et des commandes Système.

Index alphabétique des matières.

Initiation à la fiabilité de l'électronique moderne

Titu I. BAJENESCO,

Masson, Paris, 1978, 120 p.,
ISBN 2 225 48741 8

Avant propos (2 p.) - Chapitre introductif (8 p.) - Quelques notions fréquemment utilisées (10 p.) - Les bases mathématiques (12 p.) - Echantillon, estimation, confiance (8 p.) - Redondance et fiabilité (10 p.) - Le programme de fiabilité (10 p.) - Prévisions de fiabilité (12 p.) - Essais de fiabilité (12 p.) - Fiabilité, maintenabilité, disponibilité (10 p.) - La fiabilité et l'influence de l'environnement (6 p.) - Glossaire (6 p.) - Index alphabétique des matières (5 p.).

Data structures and computer architecture,

K.J. THURBER et P.C. PATTON,

Lexington Books, England, 1977, 205 p.,
ISBN 0 669 00723 4.

Chapter 1 : Introduction (14 p.). - Chapter 2 : Data structures and algorithms (28 p.). - Chapter 3 : Data organization and memory management (36 p.). - Chapter 4 : Data base organization and access methods (38 p.). - Chapter 5 : Data description languages (24 p.). - Chapter 6 : Computer architecture and data structures (54 p.). - Chapter 7 : Conclusion (6 p.). - Index (6 p.). - About the authors (2 p.).

Radar and electronic navigation,

G.J. SONNENBERG,

Butterworth & Co Ltd, Borough Green, 1978, 400 p.,
ISBN 0 408 00272 7.

Introduction (49 p.). - Underwater navigational aids (43 p.). - Direction finders (37 p.). - The Consol system (9 p.). - The Decca system (36 p.). - The Loran system (20 p.). - The Omega system (25 p.). - The navigation satellite system (30 p.). - Radar (104 p.). - Integrated navigation systems (16 p.). - Symbols for radio and radar stations (1 p.). - Index (29 p.).

Acoustic surface waves, (Vol. 24),

A.A. OLINER,

Springer Verlag, Berlin, 1978, 331 p.,
ISBN 3 540 08575 0.

Introduction (12 p.). - Types and properties of surface waves (46 p.). - Principles of surface wave filter design (36 p.). - Fundamentals of signal processing devices (90 p.). - Waveguides for surface waves (38 p.). - Materials and their influence on performance (80 p.). - Fabrication techniques for surface wave devices (20 p.). - Subject index (6 p.).

Stéréophonie. Cours de relief sonore théorique et appliqué,

R. CONDAMINES,

Masson, Paris, 1978, 320 p.,
ISBN 2 225 49577 7.

Introduction (15 p.). - 1. Généralités : Chapitre I : Rappels et compléments de psychoacoustique (50 p.). - Chapitre II : Les théories de la stéréophonie (28 p.). - 2. La stéréophonie à deux canaux : Chapitre III : La prise de son (37 p.). - Chapitre IV : Problèmes de l'écoute (20 p.). - Chapitre V : Problèmes d'exploitation professionnelle (28 p.). - Chapitre VI : Diffusion de la stéréophonie (19 p.). - 3. La téraphonie : Chapitre VII : Problèmes généraux de la prise de son et de l'écoute (24 p.). - Chapitre VIII : La téraphonie matricée (19 p.). - Chapitre IX : Études spéciales de téraphonie à 4 canaux (21 p.). - 4. Développements futurs : Chapitre X : Transmission globale de l'espace sonore (13 p.). - Chapitre XI : La stéréophonie et la télévision (11 p.). - Chapitre XII : Applications scientifiques et techniques de la stéréophonie (9 p.). - Conclusion (1 p.). - Bibliographie (3 p.). - Index (21 p.).

Une lithographie originale

de Thiollier

Qui est Thiollier ?

Thiollier a fait ses études
de 1947 à 1953
à l'Ecole Nationale Supérieure
des Beaux Arts de Paris.
Massier de l'atelier de lithographie.
Expose au Grand Palais, aux Peintres
témoins de leur temps à Paris et en
Province.

Les critères d'une lithographie originale

L'artiste dessine sur une pierre calcaire
à grain fin, il y a autant de pierres que de
couleurs ; chaque couleur fait l'objet
d'un tirage distinct (jusqu'à $\times$ passages).
L'artiste contrôle toutes les opérations,
signe et numérote chaque lithographie.
Le tirage est limité, il varie entre 50 et 200.
Les pierres seront effacées après
utilisation, afin qu'il soit impossible
de tirer une épreuve supplémentaire.

**Cette lithographie originale est réalisée
dans ces conditions à l'Atelier Deprest
dont le sceau en garantit l'authenticité.**



Les Moutons

175 exemplaires, format 50 x 65
715 F (une réduction de 10 % est accordée
aux abonnés de la revue).

BON DE COMMANDE

Je désire acquérir la lithographie originale de Thiollier - Les Moutons.

☐ Je joins un chèque de 715 F* à ma commande.

☐ Je joins un chèque de 650 F* à ma commande (réservé aux abonnés).

* ces prix s'entendent port payé.

Nom et adresse _____

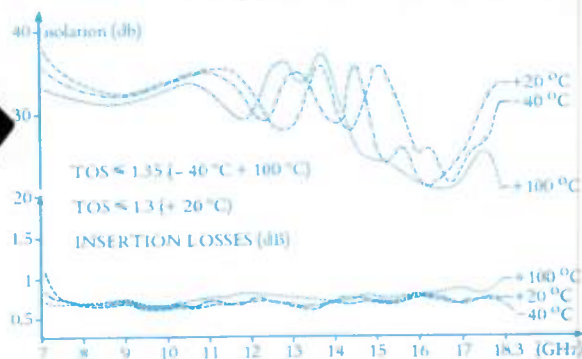
Masson Services
64 bd St-Germain
75005 Paris

MS
325.74.73.



LTT Osel

a new range of high performances multioctave isolators 2-18.3GHz



LTT multi-octave isolators.

This new type of isolator is based on a non-reciprocal edge mode propagating in a three-plate structure with an appropriately shaped central conductor.

Although the main interest of these new isolators resides in their very broad bandwidth, they also offer excellent properties regarding :

- insertion losses (< 1 dB typically)

- Isolation (> 20 dB typically)

- temperature derating (-40°C to +100 °C typically)

LTT proposes 12 types of OSEL isolators completely covering the 2 to 18.3 GHz frequency range and a device operating in the 225 to 400 MHz band.

They can be used in many applications such as: broadband measurement equipments, counter-measurements etc.

These devices can be fitted with DC block connectors

	Type number	Frequency range	at room temperature			in temperature range			dimensions mm	weight g	temperature range °C
			insertion losses db	Typical isolation db	VSWR all ports	max insertion losses db	min isolation db	max VSWR all ports			
very broad bandwidth	F 30078	225 400 MHz	2.2	15	1.35	2.5	10	1.40	90 x 135 x 65	3400	-10 + 70
	F 30022	2 10 GHz	1.5	15	1.25	2	13	1.30	80 x 52 x 30	500	0 + 50
	F 30074	3.5 14 GHz	1	20	1.30	1.4	18	1.35	67 x 33 x 30	250	-40 + 85
	F 30076	7 18 GHz	1	20	1.30	1.3	18	1.35	30 x 24 x 22	70	-40 + 100
	F 30088	3 18 GHz	2	17	1.45	2.2	15	1.50	50 x 35 x 26	180	0 + 50
small insertion losses	F 30022 A	2.5 6 GHz	0.7	20	1.20	1	20	1.20	67 x 33 x 30	500	0 + 50
	F 30079	3.2 11 GHz	0.6	20	1.25	0.7	20	1.30	50 x 35 x 26	180	0 + 50
	F 30075	7 12.4GHz	0.8	20	1.25	1	20	1.25	30 x 24 x 22	80	-40 + 100
	F 30077	9 18.3GHz	0.9	20	1.30	1.2	18	1.35	22 x 19 x 19	50	-40 + 100
high isolation	F 30114	2 4 GHz	1.2	35	1.22	1.2	30	1.25	80 x 52 x 30	500	0 + 50
	F 30115	4 8 GHz	0.7	30	1.25	0.8	30	1.25	50 x 35 x 26	180	0 + 50
	F 30116	8 12.4GHz	0.8	35	1.25	0.9	30	1.25	30 x 24 x 22	80	-40 + 100

89, rue de la Faisanderie 75782 Paris Cedex 16 télex 620356 Gralifil Paris tél. 504.45.50

Please send me more information on the "Osel" multi-octave isolator type number:



name _____ address _____
 title _____ city _____
 company _____ state _____ zip _____

Le codage de la télévision à 34 Mbits/s ⁽¹⁾

TRANSMISSION T.V.

L'onde électrique
1978, vol. 58, n° 10
pp. 631-636



par Jacques SABATIER (2),

Ingénieur de Télédiffusion de France au
Centre Commun d'Études de Télévision
et Télécommunications.

CCETT, Centre Commun d'Études de Télévision et Télécommunications, 2, rue de la Mabilais, B.P. 1266, 35013 Rennes Cedex (Tél. (99) 01.11.11).

RÉSUMÉ

Cet article ne concerne que le codage des signaux de Télévision de qualité radiodiffusion. Il souligne quelques décisions importantes prises par l'Union Européenne de Radiodiffusion pour l'échange international de signaux entre ses membres. On décrit une structure possible du multiplex luminance-chrominance et les méthodes de codage utilisables dans l'état actuel de leur développement.

SUMMARY

Télévision coding at 34 Mbits/s

Only broadcast quality television signals are considered in this paper; it underlines some important decisions taken by European Broadcasting Union for the international exchange of signals between its members. A possible structure of the luminance and chrominance multiplex and usable coding techniques in their present days state of development are described.

INTRODUCTION

L'ensemble de cet article ne concerne que le cas de la télévision pour usage de radiodiffusion. Les méthodes de codage envisagées ne visent pas à atteindre un rapport de réduction de débit très important; la qualité de l'image codée est essentielle. Dans tous les cas, la mesure de la dégradation de l'image codée par rapport à l'image de référence est faite par application stricte des méthodes définies dans l'Avis 500 du CCIR : conditions photométriques, disposition des observateurs, méthode de présentation des images, exploitation statistique des résultats sont des paramètres soigneusement contrôlés. De plus, les systèmes de codage doivent être tels que, cumulés deux fois avec passage au signal analogique, la qualité globale obtenue soit encore très bonne (dégradation imperceptible par rapport à l'image de référence pour la moitié des observateurs).

L'objectif majeur en matière de télévision pour radiodiffusion est la recherche d'un système commun d'échange de signaux de télévision entre pays. Des contraintes fondamentales sont imposées au choix du débit de transmission par des décisions prises indépendamment de considérations sur la transmission des signaux de Télévision; ce débit doit être une valeur extraite de l'ensemble des niveaux hiérarchiques. Dans la hiérarchie Européenne seul le débit de 34,368 Mbit/s peut pratiquement et économiquement convenir. Cette remarque implique qu'un système commun ne peut voir le jour qu'à l'intérieur d'une région utilisant une même hiérarchie. Par chance, l'emprise géographique des pays ayant choisi la hiérarchie « Européenne », donc un niveau hiérarchique à 34,368 Mbit/s coïncide assez bien avec celle des pays utilisant les systèmes à 625 lignes, 25 images par seconde.

Mais parler de système commun nécessite aussi, pour les

pays du 625 lignes, de dépasser les difficultés dues à l'existence de deux méthodes de codage de la couleur : le PAL et le SECAM. Seules des méthodes basées sur le codage séparé des composantes Rouge, Vert, Bleu (ou mieux les combinaisons linéaires couramment utilisées : luminance Y, signaux de différence de couleur R-Y et B-Y) identiques pour les deux systèmes pouvaient résoudre le problème.

Ces idées ont conduit l'UER * à recommander que, pour l'échange international de signaux entre ses membres, on utilise un codage basé sur les composantes séparées du signal de Télévision et que cet échange se fasse à 34 Mbits/s. Au cours de leurs réunions finales de septembre-octobre 1977 le CCIR et le CMTT ont pris acte de cette recommandation.

Tout ce qui est développé dans le présent article se place dans ce cadre. On va d'abord examiner rapidement la structure du multiplex, en déduire le débit disponible pour l'image, et passer en revue les méthodes de réduction de débit, soit déjà proposées, soit envisageables dans le but fixé.

1. STRUCTURE GÉNÉRALE DU MULTIPLEX

Cette structure doit tenir compte de deux contraintes :

- le multiplex doit pouvoir transmettre toutes les informations qui sont déjà transmises par le signal de Télévision analogique,
- le multiplex devrait contenir tout ce qui est nécessaire au programme et en particulier le son associé qui est traditionnellement transmis dans un canal différent.

Les signaux à transmettre sont donc :

- a. le signal d'image qui utilisera la plus grande partie du canal,

(1) Article reçu le 13 janvier 1978 et accepté en mars 1978.

(2) Membre SEE.

* Union Européenne de Radiodiffusion.

b. les signaux test d'insertion. Les signaux existants n'ont pas d'intérêt pour tester la qualité d'un maillon numérique; toutefois afin de permettre au récepteur de connaître la totalité de l'« histoire » de la transmission, il faudra transmettre :

- soit la forme d'onde elle-même échantillonnée à fréquence élevée et quantifiée finement (le débit équivalent serait approximativement égal à celui de 4 lignes d'image codées par ligne test),

- soit le résultat de mesures automatiques faites à l'entrée du maillon numérique. Cette deuxième solution présente de gros avantages à cause du bas débit auquel elle correspond.

c. les données déjà transmises sur les lignes 16 et 329 nécessitent des débits faibles et n'influenceront que très peu la structure du multiplex,

d. les signaux sonores peuvent être divisés en plusieurs catégories : les signaux de haute qualité codés à 320 kbits/s, et les signaux de commentaire codés à 64 kbits/s. Il est souhaitable de réserver un nombre important de voies sonores pour l'échange international de signaux, afin de transmettre en même temps que le signal d'image des commentaires en plusieurs langues.

e. les signaux de télétexte ou plus généralement de « nouveaux services » qu'il serait préférable de transmettre sous forme d'éléments binaires plutôt que de formes d'onde.

Les signaux du type b) et c) sont réservés au transmetteur. On peut les confondre en un train de données associé aux mots de verrouillage de trame numérique, afin qu'ils soient facilement accessibles indépendamment du programme. Les signaux sonores d) se voient attribuer un débit de 2,048 Mbits/s, le multiplex correspondant étant fabriqué à l'extérieur du multiplex principal. Les intervalles de temps sont attribués en fonction des demandes d'exploitation (il faut remarquer que ce débit global correspond à 2 voies son haute qualité et 20 voies commentaires, ce qui est un objectif pratique raisonnable en échange international). En ce qui concerne les signaux de « nouveaux services », plutôt orientés vers les applications nationales, on peut les inclure dans les canaux libres du 2,048 Mbit/s ou leur réserver un canal spécialisé adjacent au canal défini plus haut, si le débit global le permet. Le choix relève alors des divers pays, qui peuvent avoir à décider sur des arguments non techniques. Le train à 2,048 Mbits/s et le train « Image » sont multiplexés de façon asynchrone dans le train principal, afin de satisfaire à toutes les conditions d'exploitation prévisibles.

Si l'on réserve environ 2 % du débit global pour le verrouillage de trame numérique, les diverses indications de justification, la transmission des synchronisations TV et si l'on retranche les 2,048 Mbits/s relatifs au son, il reste environ 31,7 Mbits/s pour l'image. Il faut de plus prévoir une redondance voisine de 5 % pour la correction d'erreurs : il reste environ 30 Mbits/s bruts pour le signal d'image. C'est sur ce chiffre que l'on va baser les hypothèses sur le choix des méthodes de codage.

2. LES PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE DE L'IMAGE TV

Depuis plusieurs années, on étudie en parallèle les méthodes de codage numérique du signal TV sous la forme de ses

composantes séparées, et sous la forme composite (seul le PAL composite a fait l'objet d'études; on n'a jamais envisagé de numériser le signal SECAM; bien que ce soit tout à fait possible, la France a toujours préféré l'approche en composantes séparées beaucoup plus prometteuse et efficace).

Les évolutions récentes des deux méthodes ont permis une compatibilité entre les deux approches :

- d'une part les meilleures fréquences d'échantillonnage pour le PAL composite se sont révélées être le 4 Fsc et le 2 Fsc (Fsc = fréquence de la sous-porteuse couleur = 4,43... MHz) à l'exclusion du 3 Fsc utilisé jusque-là,

- d'autre part, les partisans du codage en composantes séparées ont défini leurs paramètres d'échantillonnage en termes de structure (position relative des échantillons dans l'espace et dans le temps) et en termes de nombre de points par ligne active [1].

Il est en effet préférable de parler de structure plutôt que de fréquence, car une structure peut être réalisée à partir de fréquences différentes; cette notion permet un langage commun entre pays pour lesquels la fréquence d'échantillonnage doit être liée à Fsc et pays pour lesquels elle doit être liée à la fréquence ligne : les deux peuvent utiliser la même structure d'échantillonnage.

On a choisi pour la composante de luminance 462 points par ligne active (même nombre que celui obtenu en échantillonnage du PAL à 2 Fsc) et une structure en quinconce ligne. Les signaux de différence de couleur sont échantillonnés à l'aide d'une structure quasi orthogonale à 231 points par ligne active. Leurs échantillons coïncident avec des échantillons du signal de luminance (fig. 1).

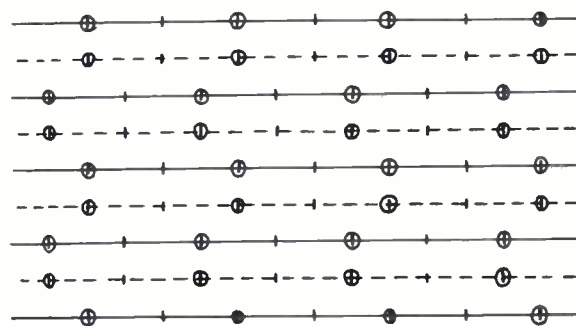


Fig. 1. — Structures d'échantillonnage choisies pour les composantes du signal TV quinconce ligne pour la luminance (+) et quasi-orthogonale pour les signaux de différence de couleur (- o -). La période horizontale entre deux échantillons du signal de luminance est de 112 ns.

Comme on a deux signaux de différence de couleur, on peut considérer que luminance et couleur sont représentées par deux trains de 462 échantillons par ligne. Tous les calculs de débit à venir seront faits à partir de cette valeur. La distance horizontale entre échantillons des signaux de différence de couleur correspond à une fréquence de 4,4375 MHz : cette valeur est élevée par rapport à la largeur de bande qui leur est traditionnellement attribuée (de 1 à 1,5 MHz à 3 dB).

On envisage donc pour réduire le débit global de modifier les paramètres d'échantillonnage des signaux de différence de couleur :

- a. on peut réduire le nombre de points par ligne à 115 c'est-à-dire diviser par deux la « fréquence » d'échantillonnage horizontale.

b. on peut utiliser un principe de transmission séquentielle en ligne (sur lequel est basé le SECAM); cette méthode permet aussi de diviser par deux le débit,

c. on peut enfin utiliser un principe de transmission séquentielle en trame (par exemple transmettre R-Y sur une trame et B-Y sur l'autre); cette dernière méthode permet encore de diviser par deux le débit global.

Un système [2] déjà proposé utilise le cumul de ces trois possibilités. Il reste à étudier plus en détail les dégradations associées à chacune de ces opérations; mais des essais préliminaires permettent d'envisager avec un certain optimisme l'utilisation de ces techniques.

En conclusion, si N est le nombre d'éléments binaires utilisés pour coder les échantillons de luminance, et P le nombre d'e.b. utilisés pour coder les échantillons de couleur, le débit par échantillon (à 462 pt/ligne) sera de :

$$(N + P/2), (N + P/4), (N + P/8)$$

suivant qu'une, deux ou trois méthodes de réduction des paramètres d'échantillonnage seront utilisées en couleur.

En supposant que l'on transmet 576 lignes actives par image, le nombre d'échantillons à transmettre par seconde est de : $462 \times 576 \times 25$. Le nombre global d'éléments binaires par point est donc au maximum de 4,5; ce qui correspond à un débit total de 29,9376 Mbit/s.

$$\Rightarrow (N + P/2) \text{ ou } (N + P/4) \text{ ou } (N + P/8) = 4,5.$$

C'est en fonction de cette limitation que l'on va étudier les systèmes de codage proprement dits.

3. LES PARAMÈTRES DE CODAGE DE L'IMAGE TV

Aucune méthode basée sur le codage interimage n'a encore été proposée. La réduction de débit recherchée ne semble pas devoir mériter l'utilisation de techniques plus élaborées que les techniques classiques intrimages. On va détailler l'état actuel des études de codage des signaux de luminance et de couleur.

3.1. Le codage différentiel de la luminance

Le codage différentiel consiste à appliquer une quantification non linéaire à la différence entre l'amplitude d'un échantillon et une prédiction de sa valeur. Cette méthode de réduction de débit, découverte, il y a plus de 25 ans, fait toujours l'objet de recherches et des améliorations sont encore aujourd'hui apportées à ses performances. A l'origine, on a utilisé des méthodes de calcul simples pour définir prédiction et caractéristique de quantification associée : par exemple minimisation de l'erreur quadratique moyenne entre image d'origine et image codée. Mais, dès que l'on a réalisé des systèmes en temps réel, on s'est aperçu que les défauts les plus gênants visuellement étaient d'origine temporelle et dus au bruit de source. On a donc commencé à introduire les paramètres visuels dans l'optimisation des systèmes de codage sous la forme de fonctions de pondération de l'erreur quadratique moyenne. Cette tendance n'a cessé de s'amplifier et l'on peut dire qu'actuellement les critères visuels sont essentiels dans la définition des paramè-

tres d'un codeur différentiel, les calculs statistiques ne venant qu'en appoint dans certains cas bien précis.

Trois paramètres de base définissent un codeur différentiel : la prédiction, la caractéristique de quantification et le codage de transmission, c'est-à-dire la façon de transmettre les valeurs quantifiées. On ne parlera pas ici des méthodes de protection contre les erreurs de transmission.

a. LA PRÉDICTION.

De nombreuses méthodes de prédiction linéaire ont été développées par calcul sur les répartitions statistiques des amplitudes des échantillons d'une image. Ces opérations conduisent à une décorrélation de plus en plus grande entre image et erreur de prédiction, à mesure que la prédiction s'améliore : l'erreur de prédiction devient indépendante des propriétés locales de l'image. On a tendance à revenir à la prédiction simple utilisant seulement le point précédent, car l'erreur de prédiction est alors significative du relief local de l'image et se prête bien à une quantification adaptée à la vision.

En prédiction, par l'échantillon précédent (dite prédiction à un point), les erreurs de transmission détruisent au maximum une ligne entière, mais une ligne seulement; les lignes adjacentes n'étant pas perturbées, on peut dissimuler les effets de l'erreur, si on a pu la détecter. Avec des prédictions élaborées, faisant intervenir plusieurs lignes, les erreurs « bavent » sur les lignes adjacentes et la dissimulation est beaucoup plus difficile, voire impossible.

b. LA CARACTÉRISTIQUE DE QUANTIFICATION.

On se limitera au cas de la prédiction par le point précédent et on va essayer d'adapter la répartition des codes à la perceptibilité des défauts créés par le codage différentiel. Ceux-ci se répartissent en trois grandes classes bien connues :

- le bruit granulaire est le résultat des erreurs de quantification lors du codage des plages quasi uniformes. Il concerne donc les niveaux de quantification de valeur absolue faible. C'est le seul domaine où l'application directe d'un critère basé sur l'erreur quadratique moyenne permet de définir les niveaux correspondants de la caractéristique. La visibilité du bruit blanc sur plage uniforme est une donnée bien connue en télévision et l'effet du cumul de codages se simule aisément;

- le traînage est lié à la valeur quantifiée maximale disponible. Si celle-ci est insuffisante pour restituer les transitions importantes du signal vidéo, on a une impression de flou sur transition montante (vers les blancs) ou descendante (vers les noirs) (fig. 2);

- le flottement de contour est dû aux hésitations du codeur entre deux valeurs quantifiées consécutives lorsque la valeur de l'erreur de prédiction est proche d'un seuil de décision. Le bruit de source rend ce choix aléatoire de ligne à ligne et d'image à image sur une transition donnée.

Plusieurs approches [3, 4, 5] ont permis d'évaluer ces phénomènes à l'aide de mesures adaptées et ont permis d'introduire les paramètres subjectifs dans l'optimisation des caractéristiques de quantification. Des études plus précises ont permis de mieux cerner le phénomène [6]. On a récemment proposé une méthode générale d'étude d'un

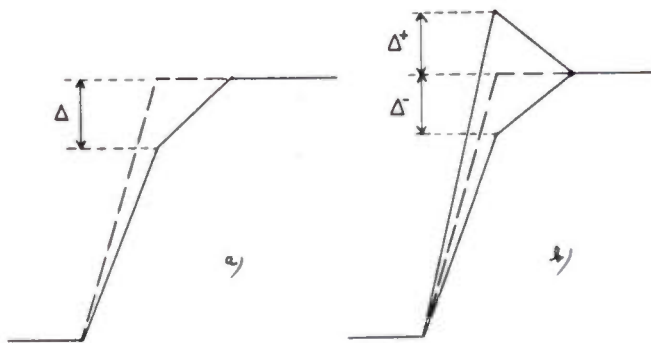


Fig. 2. — Défauts créés par le codage différentiel sur les transitions (en trait plein, la transition après décodage, en pointillé la transition avant codage).

- a) La transition est codée par une valeur inférieure à sa valeur vraie : c'est le trainage.
b) Le rendu de la transition fluctue entre 2 chemins possibles : c'est le flottement de contour.

critère objectif de qualité [7], dont les premiers résultats sont exposés dans [8]. Les remarques exposées ci-après sont empruntées à ces deux dernières publications.

La méthode consiste à mesurer d'abord sur une mire, dont les paramètres sont contrôlés avec précision, les seuils de visibilité des dégradations précédemment caractérisées. La figure 3 montre que ces seuils de visibilité dépendent d'un grand nombre de paramètres (contraste, niveau bas, durée des transitions) et sont différents au pied et au sommet des transitions. Toutefois, ces seuils sont mesurés dans des conditions très critiques et il est à prévoir que les seuils de visibilité sur image seront plus élevés à cause de l'effet de l'environnement. On a fait l'hypothèse que l'on pourrait multiplier ces seuils par un facteur de qualité, qui est, lui, déterminé sur image.

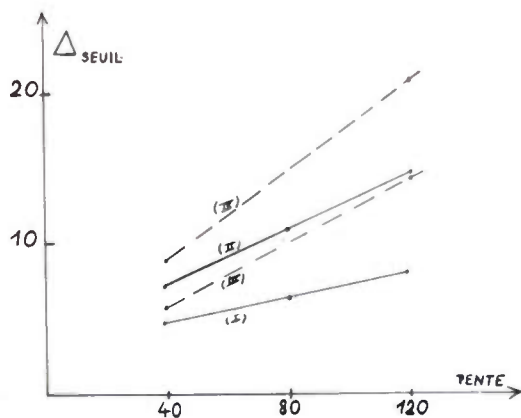


Fig. 3. — Seuils de visibilité sur mire artificielle des défauts de codage représentés en figure 2.

- I. — Flottement de contour au sommet de la transition (transition du noir au blanc).
- II. — Flottement de contour au pied de la transition (transition du blanc au noir).
- III. — Trainage au sommet de la transition (transition du noir au blanc).
- IV. — Trainage au pied de la transition (transition du blanc au noir).

Ces mesures font apparaître des dissymétries encore peu ou mal utilisées (résultats de MM. KRETZ F., BOUDEVILLE J. L., SALLIO P.).

Cette méthode a permis de définir une caractéristique à 16 niveaux dissymétriques présentée en [8], telle que les défauts générés par un codage différentiel soient imperceptibles à une distance d'observation de 6 fois la hauteur de l'écran. On n'a pas tenu compte de la nécessité de pouvoir mettre deux codecs en cascade, et il est à prévoir qu'il faudrait ajouter 3 à 4 niveaux supplémentaires pour conserver la qualité globale exigée avec une caractéristique unique.

c. LE CODAGE DE TRANSMISSION.

Afin de réduire au maximum le débit de transmission nécessaire pour transmettre les valeurs quantifiées définies précédemment, on devrait utiliser un codage à longueur variable adapté aux statistiques de la nouvelle source de signal.

Ce codage est *a priori* réversible et n'impose pas de contrainte spéciale sur le nombre de valeurs quantifiées. Toutefois, des évaluations faites au CCETT sur des codeurs en temps réel ont montré que l'on ne pouvait pas s'attendre à un gain très important (16 niveaux en 3,5 bits/point environ). En effet, les images de qualité radiodiffusion nécessitent un codage fin des petites différences et comportent un nombre important de différences de valeur moyenne (dans les zones détaillées) : la statistique des valeurs quantifiées utilisées est plus « étalée » que celle à laquelle on pourrait s'attendre. L'amélioration de la performance globale nécessiterait un choix des transcodings adaptés à l'image. De plus, ce type de codage nécessite des procédures spéciales de réaction, en cas de surcharge de la mémoire tampon nécessaire pour régulariser le débit variable issu du transcoding. Le codage statistique ne sera utilisé que s'il est vraiment nécessaire, après que l'on ait épuisé les solutions de codage à longueur fixe.

Celui-ci est immédiat si le nombre de niveaux de quantification est une puissance de deux. Dans le cas contraire, on cherchera par des astuces de groupement d'échantillons à s'approcher au mieux du débit réel. Cette méthode n'ayant qu'une performance globale limitée, on a tendance à s'orienter vers des méthodes dites de « commutation de caractéristiques ».

d. LES MÉTHODES DE COMMUTATION DE CARACTÉRISTIQUES

Leur principe est simple : entre deux ou trois caractéristiques différentes, on choisit à tout moment celle qui est le mieux adaptée au codage de l'échantillon suivant [9]. La loi de commutation est basée sur un calcul fait à partir d'échantillons déjà transmis : le choix de la caractéristique à utiliser au décodeur est donc automatique et aucune transmission d'information complémentaire n'est nécessaire. On impose d'autre part aux caractéristiques d'avoir un nombre de valeurs quantifiées égal à une puissance de deux, ce qui donne simplement la longueur fixe. Les caractéristiques sont définies en fonction du contexte où l'on a prévu de les utiliser et non plus globalement comme en b). On peut attendre un gain de qualité par rapport à une caractéristique unique de même nombre de niveaux. Cette méthode présente toutefois des défauts : en un point donné, la caractéristique utilisée n'est pas forcément la même, d'image à image, car le bruit de source pollue les échantillons qui servent à la prise de décision : la dégradation supplémentaire ainsi apportée a été jusqu'ici mal évaluée. Les avis sont partagés sur la susceptibilité de ces systèmes aux erreurs de transmission. Le système décrit en [2] utilise ce procédé. Cette technique est *a priori* compatible avec l'une des configurations du 34 Mbits/s décrite au paragraphe 4.

3.2. Le codage par transformation du signal de luminance

Lorsqu'elles sont apparues, les méthodes de codage par transformation ont été présentées comme beaucoup plus

efficaces que les méthodes de codage différentiel. On a rapidement parlé, après des études en simulation, de débits voisins de 1 bit/point, voire moins. Toutes les simulations avaient été faites sur image « gelée » et les algorithmes correspondants étaient plutôt complexes. Malgré cela, dans plusieurs laboratoires, on a essayé d'appliquer ces méthodes au codage d'images de qualité radiodiffusion lorsque le développement des technologies a permis de réaliser des transformateurs en temps réel aux vitesses nécessaires.

L'opération de transformation consiste à appliquer une transformation linéaire à des sous-images de l'image de départ (les dimensions en général utilisées sont $4 \text{ points} \times 4 \text{ lignes}$, 8×4 , 8×8 , 16×16) et d'en déduire un tableau de nombres, de même dimension, sur lequel la réduction de débit est possible : c'est-à-dire que l'on peut négliger des termes, en tronquer d'autres, quantifier non linéairement, tout en conservant une image proche de l'image de départ après transformation inverse. Les transformations les plus utilisées sont celles de Hadamard, Slant, Haar, car ce sont les plus simples à mettre en œuvre en temps réel. Les opérations précédemment décrites peuvent s'interpréter comme la décomposition de la sous-image de départ sur des sous-images de base, l'opération de réduction de débit consistant à ne transmettre que les coefficients « significatifs » de cette décomposition.

Une méthode simple de réduction de débit consiste à grouper les coefficients en plusieurs zones de codage à l'intérieur desquelles seul un nombre déterminé d'éléments binaires est systématiquement transmis. On définit par des calculs statistiques sur plusieurs images la dynamique maximale à transmettre (c'est-à-dire peu souvent dépassée) et on fixe la précision des coefficients (en éliminant des e.b. de poids faible) pour que le bruit sur image soit non perceptible (fig. 4). Cette méthode, facile de mise en œuvre, suppose une répartition statistique des coefficients transformés relativement indépendante de l'image.

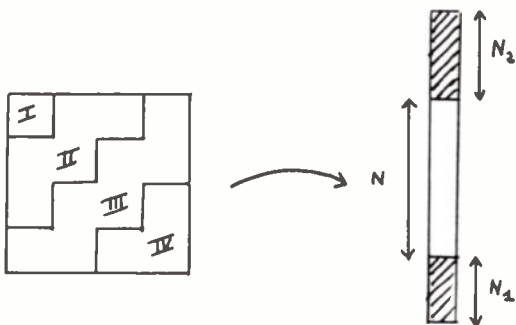


Fig. 4. — Méthode de codage par zones sur une sous-image transformée. A chacune des zones (ici 4 pour l'exemple) est associé un masque qui élimine N_1 e.b. de faible poids et N_2 e.b. de fort poids et transmet systématiquement N éléments binaires.

Cette situation est certainement exacte lorsque la transformée est appliquée à la totalité de l'image, mais ne se maintient pas lorsque la dimension des sous-images diminue. Elle n'est pratiquement plus vraie pour des dimensions faibles, par exemple 4×4 . Aux dimensions auxquelles l'on travaille, des simulations sur image « gelée » avaient montré qu'un débit voisin de 3,5 à 4 bits/point serait nécessaire pour avoir une image de bonne qualité. L'expérimentation en temps réel a même montré qu'il faudrait ajouter 1 bit/point environ à ces estimations pour pallier les effets dus au bruit de source (étude utilisant la transformée de Hadamard).

On a constaté en étudiant le train binaire fourni par ce type de codeur que l'on transmettait en fait un nombre important de zéros, car beaucoup de coefficients n'avaient pas d'e.b. significatif dans la gamme définie par le masque. D'autre part, on a vu que dans les sous-images de petite dimension les coefficients de forte amplitude pouvaient se trouver à peu près n'importe où. Ces remarques militent pour l'abandon des méthodes de codage par zones au profit d'une méthode adaptative : il suffit de fixer un seuil (lié à la précision nécessaire sur les coefficients, et *a priori* unique sur l'image) et de transmettre tous les coefficients dont l'amplitude est supérieure. Cette méthode a été utilisée et est exposée en détail dans [10]. Le transformateur de Hadamard, alors utilisé, fonctionnait à 12 MHz d'échantillonnage; l'étude a dégagé quelques tendances générales :

- le débit global (compte tenu de l'utilisation d'un code à longueur variable pour transmettre l'amplitude des coefficients et de l'envoi des informations d'adresse des coefficients transmis) se situe au voisinage de 2,5 à 3 bits/point. Ce débit global est donc compatible avec la place allouée à la composante de luminance dans le train à 34 Mbits/s puisqu'on utilise les temps de suppression ligne pour transmettre de l'information utile. Ce débit variant très peu lorsque l'on modifie la dimension des sous-images, on choisira plutôt la dimension 4×4 pour sa simplicité de réalisation;
- ce type de codeur produit nécessairement un débit variable. Les complications amenées par ce mode de transmission, la nécessité de stratégies de contrôle du remplissage des mémoires tampon, le rendent plus difficile à manier que le codeur à longueur fixe. On essaiera en passant de 12 MHz de fréquence d'échantillonnage à la norme d'échantillonnage définie ci-dessus de mettre en œuvre une méthode à longueur fixe; c'est-à-dire que le nombre d'éléments binaires par sous-image est fixé, l'adaptativité ne joue qu'à l'intérieur de la sous-image. Les premiers résultats sont relativement encourageants au voisinage de 3,5 bits/point, et excellents à 4 bits/point.

3.3. Le codage des composantes de couleur

Un petit nombre d'études ont été faites sur le sujet, la quasi totalité de l'effort étant en général reportée sur la composante de luminance.

On utilise généralement une quantification linéaire à 8 e.b. pour faire l'acquisition des signaux de différence de couleur. En pratique cette quantification est trop fine, aucun défaut n'est perceptible à 7 e.b., les premiers défauts gênants apparaissent à 5 e.b. par échantillon. Sans entrer dans les détails de quantifications éventuellement différentes pour les deux signaux de différence de couleur, on peut penser que 6 e.b. par échantillon avec quelques astuces liées à la limitation de l'espace coloré reproductible pourraient être suffisantes. On a cherché à aller plus loin et à utiliser les différences de visibilité des erreurs colorées suivant la région du triangle des couleurs où l'on se trouve : on a ainsi été amené à définir des corrections non linéaires sur chacun des signaux de couleur afin d'adapter les erreurs de quantification aux dimensions des seuils de perception des différences de couleur. Ces seuils varient suivant la méthode de mesure utilisée et les conclusions fournies par le calcul peuvent être différentes [11, 12]. Une réalisation en temps réel a montré qu'une quantification indépendante des deux signaux de différence de couleur donnait d'excellents résultats à 5 bits

par échantillon [12], alors que quelques défauts subsistaient à 4 bits par échantillon.

Ce type d'approche est intéressant car il reste une approche MIC c'est-à-dire beaucoup moins sensible aux erreurs de transmission que les méthodes plus élaborées déjà décrites pour le codage de la luminance.

Les autres systèmes proposés jusqu'ici utilisent en général un codage différentiel. Bien qu'aucune étude systématique, de l'ampleur de celles faites sur le signal de luminance, n'ait été menée, il semble que 16 niveaux soient suffisants pour assurer une excellente qualité de l'image décodée : on peut admettre que 4 bits par échantillon seraient nécessaires si on réduisait le nombre de points par ligne à 115. Par contre, si ce nombre de points conservés est égal à 231, l'expérience acquise permet de penser que 3 bits par échantillon seront suffisants (dans ce cas deux méthodes de réduction de la cadence d'échantillonnage au maximum seront disponibles). Il est possible que ce passage à 3 bits nécessite des études subjectives plus approfondies.

3.4. Répartition du débit entre luminance et couleur

Le paragraphe II a fixé une borne aux valeurs possibles de N et P, nombres d'éléments binaires par échantillon. En utilisant les ordres de grandeurs précédemment définis, on peut dresser un tableau représentant le nombre de bits par échantillon N disponibles pour coder le signal de luminance en fonction du nombre de bits P utilisés pour coder le signal de couleur (fig. 5) et le nombre de méthodes de réduction des paramètres d'échantillonnage en couleur. On peut immédiatement voir que les configurations définies dans les cases I, II, IV, VII, ne semblent pas actuellement envisageables et que la

configuration IX n'a pas d'intérêt, car elle laisse une place trop importante au signal de luminance.

— La première conséquence est qu'au moins deux méthodes de réduction des paramètres d'échantillonnage en couleur devront être utilisées.

— Les configurations définies dans les cases III, V, VIII, appelleraient plutôt le codage par transformation orthogonale, car le codage différentiel devrait dans ce cas être suivi d'un codage statistique qui rendrait le matériel au moins aussi compliqué que celui nécessaire au codage par transformation et produirait de plus un débit variable.

— La configuration définie dans la case VI utiliserait un codage simple différentiel du signal de luminance, mais il reste à prouver que le cumul des trois méthodes de réduction des paramètres d'échantillonnage en couleur est acceptable dans le contexte d'utilisation de ces systèmes de codage.

4. CONCLUSION

Les remarques développées dans cet article sont liées à l'état de la technique et à l'avancement des études à une date déterminée. Des méthodes nouvelles risquent de modifier les conditions des divers choix. Il semble toutefois se dégager deux points essentiels : d'une part, le traitement des signaux de différence de couleur, un peu délaissé jusqu'ici, sera la véritable clé de la répartition de débit entre luminance et couleur et influera beaucoup le choix de la méthode de codage; d'autre part, la structure du multiplex, la méthode de codage et les objectifs de performance sont intimement liés et doivent être développés en parallèle.

Bibliographie

[1] SABATIER J. — Setting the Standarts for a digital Television System. Conférence G1. 10^e Symposium International de Montreux. Symposium record.

[2] HEITMAN J. — COMET, a new compatible encoding system for European colour TV signals. Conférence D10. 10^e Symposium International de Montreux. Symposium record.

[3] LIMB J. O. — Source - receiver encoding of Television signal. Proc. IEEE, mars 1967, 55, n° 3, pp. 364-379.

[4] CANDY J. C. and BOSWORTH R. H. — Methods for designing differential quantizers based on subjective evaluation of edge business. B.S.T.J., sept. 1972, pp. 1495-1516.

[5] THOMA W. — Optimizing the DPCM for video signals using a model for the human visual system. International Zurich Seminar on Digital Communications. Suisse, mars 1974.

[6] BARBA D. — Caractéristiques statistiques du flottement de contour en MIC différentiel. Annales des Télécommunications, Janvier-février 1977, 32, n° 1-2, pp. 3-18.

[7] KRETZ F. et BOUDEVILLE J. L. — Dégradation des signaux d'image et qualité subjective en codage numérique : visibilité du flottement de contour. Annales des Télécommunications, septembre-octobre 1976, 31, n° 9-10, pp. 333-356.

[8] KRETZ F., BOUDEVILLE J. L. and SALLIO P. — Optimization of DPCM video coding scheme using subjective quality criteria. IERE Conference n° 37. Loughborough (Royaume-Uni), septembre 1977.

[9] KUMMEROV T. — Ein DPCM system mit zweidimensionalen prädiktor und gesteuertem quantizierer. Congrès sur le traitement des signaux. Erlangen, 4-6 avril 1973, pp. 425-439 organisé par NIG et section allemande de IEE.

[10] MOTSCH R. — Adaptive bit rate reduction by Hadamard Transform. IERE Conference n° 37. Loughborough (Royaume-Uni), septembre 1977.

[11] STENGER L. — Quantization of TV chrominance signals considering the visibility of Small Color Differences. IEEE Transactions on Communications. Spécial Issue on Image Bandwith compression, novembre 1977, pp. 1393-1406.

[12] KRETZ F. et DE LA TRIBONNIERE J. P. — Non linear Quantization of colour difference signals using data on colour difference thresholds. IERE. Conference n° 37. Loughborough (Royaume-Uni), septembre 1977.

P \ R				
	1	2	3	
6	1,5 I	3 II	3,75 III	
4	2,5 IV	3,5 V	4 VI	
3	3 VII	3,75 VIII	4,125 IX	

Fig. 5. — Combinaison des méthodes de codage luminance et couleur satisfaisant au gabarit fixé en fin du paragraphe 2. On a représenté la valeur de N (nombre d'e.b. par échantillon de luminance) disponible pour chaque valeur de P et R (P = nombre d'e.b. par échantillon de couleur, R = nombre de méthodes de réduction des paramètres d'échantillonnage utilisées en couleur).

Présentation d'informations par tubes cathodiques. Les écrans multifonctions ⁽¹⁾

COMPOSANTS

L'onde électrique
1978, vol. 58, n° 10
pp. 637-644



par Jean-Pierre GALVES,

Ingénieur ENSEEG (1956), Chef du Service physico-chimie à la Division Tubes Électroniques, Thomson-CSF.

Thomson-CSF, Division tubes électroniques, 38, rue Vauthier, 92100 Boulogne-Billancourt (tél. : 604.81.75).

RÉSUMÉ

Cet article est consacré à l'examen des propriétés des tubes à rayons cathodiques en tant que dispositifs de visualisation, c'est-à-dire des propriétés immédiatement sensibles optiquement par l'observateur. Celles-ci dépendent avant tout des matériaux cathodo-luminescents utilisés pour la fabrication des écrans fluorescents, de la compatibilité de leur rayonnement avec les qualités physiologiques de l'œil humain et de l'ambiance lumineuse existant pendant l'observation.

Les problèmes posés par les cas pratiques difficiles (cockpit d'avion, par exemple) sont résolus par l'emploi de filtres optiques ainsi que par l'utilisation de la couleur. Dans les applications professionnelles, la couleur est obtenue grâce aux tubes à pénétration. Les matériaux servant à l'élaboration des écrans de ces tubes sont susceptibles de fournir non seulement une couleur variable mais également une rémanence variable en fonction de l'énergie des électrons incidents. On obtient ainsi des écrans multifonctions dont des exemples d'application seront donnés.

SUMMARY

Cathode-ray tubes considered as display devices; multifunction screens.

This article examines the characteristics of cathode-ray tubes considered as display devices; that is to say, the properties that are immediately, visually perceived by the observer. These properties depend mainly on the cathodoluminescent materials used to make the fluorescent screen, on the compatibility of their emission with the physiological properties of the human eye, and on the luminous environment during observation.

The problems encountered in difficult applications (in aircraft cockpits, for example) can be resolved by employing optical filters and by using color. In professional application, color displays are obtained by using penetration tubes. In addition to giving variable color, the materials used in the screens of these tubes may also have a persistence that varies as a function of the incident electron energy. Multifunction screens, of which several examples will be given, can be obtained in this way.

1. INTRODUCTION

Malgré l'existence de nombreux et nouveaux dispositifs d'affichage, le tube à rayons cathodiques (TRC) reste non seulement l'organe de visualisation le plus largement utilisé pour les utilisations classiques, mais s'impose dans de nouveaux systèmes de présentation moderne aux exigences poussées et sévères.

Cet état de fait trouve son explication, d'une part, dans les caractéristiques intrinsèques de l'affichage par tube cathodique et la parfaite compatibilité de l'image délivrée par un TRC avec les caractéristiques de l'œil, et d'autre part, dans les développements récents réalisés dans la technologie de ces tubes pour répondre aux nouveaux besoins d'affichage d'information.

Les quelques développements présentés dans cet article ont surtout porté sur les écrans luminescents, partie intégrante des tubes cathodiques, avec comme principaux objectifs :

- l'adaptation de l'image aux besoins nés de l'environnement et aux facteurs humains s'y rapportant;
- la mise au point de nouveaux écrans dits « multifonction » pouvant assurer plusieurs fonctions en un seul

affichage, complétée par une étude de structure de tube adaptée à ce type d'écran.

Ces développements sont présentés à l'aide d'exemples précis de réalisation.

2. LE TUBE CATHODIQUE

2.1. Constitution

Schématiquement et par analogie avec tous les dispositifs d'affichage, on peut dire qu'un TRC comprend 2 parties fonctionnelles :

- un émetteur de lumière,
- et un système d'adressage par faisceau électronique.

L'émetteur de lumière est constitué d'un matériau luminescent, ou luminophore, et sa caractéristique principale est qu'il présente une surface continue d'émission par opposition à une surface constituée d'éléments discrets. En réalité, cette surface présente une certaine discontinuité puisque constituée d'une couche de microcristaux, mais les dimensions de ces cristaux sont telles qu'il n'y a pas discontinuité visuelle.

Ces luminophores sont caractérisés par leurs diverses propriétés qui définissent l'aptitude du luminophore à

(1) Article reçu initialement le 1 juillet 1977 et accepté dans sa forme définitive le 31 mars 1978.

émettre une certaine énergie lumineuse d'une certaine couleur :

- Caractéristiques photométriques :
 - rendement lumineux en lm/W d'excitation,
 - rendement énergétique en W radié/W d'excitation,
 - équivalent lumineux en lm/W radié.
 - Caractéristiques colorimétriques :
 - coordonnées trichromatiques dans les diagrammes (x, y) et (u, v),
 - longueur d'onde équivalente.
 - Caractéristiques temporelles :
 - constante de temps avant et après excitation.
- Ces caractéristiques seront vues en détail plus loin.

Le système d'adressage classique par faisceau électronique possède des propriétés uniques :

- Il permet une excitation spatialement continue de la surface du luminophore. Cette notion de continuité est extrêmement importante et il faut l'associer à la continuité de la surface émettrice.
- Le faisceau électronique fournit lui-même l'énergie qui sera transformée en énergie lumineuse par l'intermédiaire du matériau luminescent.
- La possibilité d'adresser simultanément plusieurs points différents de l'écran par l'utilisation de multiples faisceaux électroniques. C'est cette dernière caractéristique qui est utilisée si heureusement pour les tubes couleur shadow-mask. Cet adressage peut répondre à n'importe quelle loi spatio-temporelle désirée.

- En pratique, on distingue trois modes d'adressage :
- l'adressage dit « cavalier ». Dans ce cas, le faisceau électronique se déplace sur l'écran en suivant d'une façon continue le schéma lumineux à présenter. Son déplacement est analogue à celui d'un crayon écrivant sur un papier. Ce mode de balayage est réservé principalement à la présentation des symboles alphanumériques et graphiques.
 - Le balayage dit télévision en coordonnées orthonormées xy fonctions linéaires du temps, avec modulation de l'intensité du faisceau électronique pour la présentation d'images avec demi-teintes.
 - Le balayage PPI ou radar en coordonnées polaires où ρ et θ sont fonctions aussi du temps pour la présentation d'images radar en temps réel.

Ces trois modes de balayage peuvent être utilisés simultanément sur un même écran grâce à la persistance rétinienne. En réalité, ces trois adressages sont séquentiels suivant un cycle à répétition suffisamment élevée.

2.2. Compatibilité avec l'œil

- Le tube cathodique avec son écran est donc l'interface directe entre :
- d'une part, un ensemble d'informations électroniques issues de circuits ou calculateurs plus ou moins élaborés ;
 - d'autre part, l'observateur.
- Le transfert de ces informations se fait par l'intermédiaire

d'une perception visuelle faisant intervenir les caractéristiques physiologiques de l'organe de vision c'est-à-dire l'œil de l'observateur.

Le tableau I donne quelques propriétés se rapportant aux caractéristiques de l'œil d'un observateur moyen dans des conditions normales d'observation. Il apparaît évident que si l'on veut utiliser complètement les possibilités de la vision humaine, l'information lumineuse doit apparaître en couleur et ceci est un point extrêmement important.

TABLEAU I

- Pouvoir de résolution
• 1 minute d'arc,
• 1/10 mm à 50 cm de distance d'observation.
- Sensibilité aux sources de lumière pulsée.
• Pas de gêne si la fréquence est au-dessus de la F.L.S. = 60 Hz
- Transfert de l'information au cerveau :
• Impulsion électrique de tension de l'ordre de 2 mV et dont la fréquence est proportionnelle au logarithme de la luminance.
- Moyen de transmission :
• Fibre nerveuse transmettant l'information de luminance.
• Fibre nerveuse transmettant une information différentielle de couleur vert-rouge/jaune-bleu.

Le tableau II montre la compatibilité d'un affichage par TRC et de la vision humaine :

- la résolution de l'écran est généralement suffisante pour la présentation d'une image sans granulation apparente;
- la résolution du système d'adressage c'est-à-dire de l'optique électronique est aussi compatible avec la résolution de l'œil;
- les images pulsées ne sont pas gênantes pour l'œil, à condition que la fréquence de renouvellement de l'image soit supérieure à 60 Hz;
- l'étendue des luminances et couleurs possibles permet l'affichage de n'importe quelle image.

TABLEAU II

- Résolution de l'écran
• de 10 pl/mm à 160 pl/mm, à comparer aux 5 pl/mm de pouvoir de résolution de l'œil à 50 cm de distance
- Résolution de l'optique électronique
• de 2 pl/mm (TV grand public) à 120 pl/mm
- Image pulsée
• Scintillement non visible si la fréquence de renouvellement > 60 Hz
- Étendue de luminance et couleur
• Luminance jusqu'à 15 000 Cd/m ²
• La TV couleur théoriquement meilleure que les films couleur
• Les écrans dits à pénétration permettant un bon codage de couleur

Ces quelques considérations montrent que cette compatibilité assez étonnante entre l'œil et le TRC pourrait être une des causes de la longévité du tube à rayons cathodiques face à ses concurrents affirmés ou potentiels.

3. CARACTÉRISTIQUES D'UN DISPOSITIF D'AFFICHAGE ÉLECTRONIQUE

- Les différents types d'information que l'on désire présenter sont généralement :
- les caractères alphanumériques et les symboles,

- le graphisme,
- les images, en particulier TV avec un certain nombre de demi-teintes.

Par ailleurs, ces informations peuvent être fixes ou mobiles.

Elles concernent en particulier :

- l’effaçage sélectif,
- la durée d’inscription de l’information,
- la mémoire interne ou externe,
- la rapidité de passage d’une information à une autre,
- et bien entendu la possibilité d’introduire la couleur.

Dans notre propos, nous nous intéresserons principalement aux développements récents, concernant l’écran du tube cathodique, qui ont été réalisés pour répondre aux diverses exigences de la présentation moderne.

Ces développements sont présentés à partir d’exemples précis correspondant à des besoins réels.

4. AFFICHAGE EMBARQUÉ A BORD D'AVION

4.1. Affichage multimode.

Nous appelons affichage « embarqué » tout système de présentation d’informations nécessaires à un pilote pour la conduite de son avion, intégré dans une cabine de pilotage. Actuellement, et tout aussi bien pour les avions civils que militaires, la quantité d’informations que reçoit un pilote pour sa tâche de décisions est extrêmement importante. La qualité de ces informations est telle qu’elles doivent être « prédigérées » dans un ordinateur de façon à fournir au pilote une synthèse de l’ensemble des paramètres caractérisant la machine, le vol, la navigation, les télécommunications, etc.

Cette présentation se fait généralement sur un écran « tête basse » (1) où sont rassemblées toutes ces informations. Le tube cathodique a été choisi comme étant le seul système de présentation susceptible de répondre à toutes les exigences spécifiques de l’affichage « embarqué ».

Les trois types de présentation préalablement définis sont utilisés simultanément. Rappelons qu’il s’agit :

- de caractères alphanumériques,
- de graphismes et symboles,
- d’une image TV avec un grand nombre de demi-teintes.

Cet impératif rend nécessaire l’emploi « simultané » de deux des trois types de balayage définis précédemment :

- le balayage cavalier pour le graphisme et les caractères alphanumériques,
- le balayage TV.

En réalité cette simultanéité n’est que visuelle. En effet grâce à la persistance rétinienne qui permet une fréquence d’image de 50 Hz, la durée totale de la présentation d’une

(1) Il s’agit d’un écran intégré dans la planche de bord, ce qui oblige le pilote à incliner la tête pour l’observer, par opposition avec la présentation « tête haute » pour laquelle l’information est projetée à l’infini en provenance apparente du pare-brise, de manière à être superposée au paysage.

image complète est de 20 ms et cette durée d’un cycle se partage entre les 2 types de balayage par commutations successives de l’un sur l’autre : c’est le fonctionnement multimode.

4.2. Éclairage ambiant

Dans la conception du système de présentation embarqué, on se heurte à un problème fondamental :

- l’information doit être rendue visible et lisible quel que soit l’environnement lumineux ambiant, y compris dans le cas de l’incidence directe des rayons solaires sur le dispositif d’affichage, ce qui correspond à un éclairage de 100 000 lux.

La figure 1 montre un écran soumis à un éclairage E, donc de luminance de fond $L_0 \left(L_0 \simeq \frac{E}{\pi} \right)$. Soit L_1 la luminance du signal à détecter. On définit classiquement le contraste $Cr = \frac{L_1}{L_0}$.

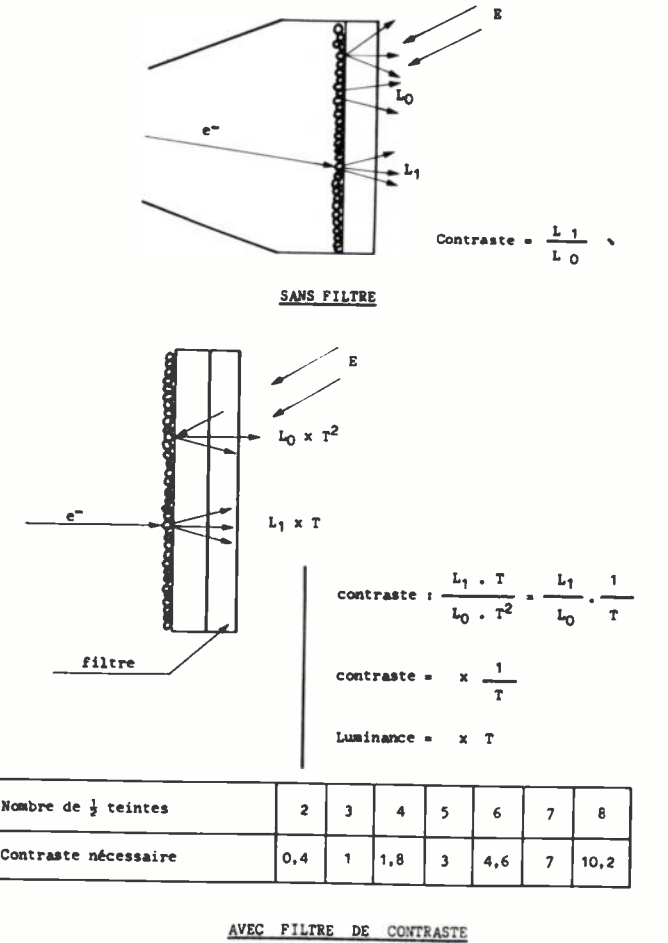


Fig. 1.

Dans le cas d’éclairage incident extrêmement élevé, on interpose habituellement un filtre de transmission T

$L_1 \rightarrow L_1 \times T$ et $L_0 \rightarrow L_0 \times T^2$

puisque la lumière ambiante traverse deux fois le filtre.

Le contraste correspondant devient $Cr = \frac{L_1}{L_0} \times \frac{1}{T}$.

En conséquence :

1. Le contraste est augmenté : il est multiplié par $1/T$ ($T < 1$),
2. La luminance de signal est très nettement diminuée : elle est multipliée par T .

Généralement, pour obtenir un contraste acceptable, la transmission du filtre est de l'ordre de 10 %, et la luminance du signal lumineux est réduite dans un facteur de 10. Si les caractéristiques obtenues sont suffisantes pour un affichage graphique et symbolique, elles sont nettement insuffisantes pour obtenir une image avec 6 ou 7 demi-teintes.

4.3. Affichage monochrome.

L'action pour améliorer le contraste a porté sur l'étude de matériaux luminescents à faible largeur de bande de spectre d'émission et en particulier sur les matériaux à base de terres rares.

Cela a abouti à la mise au point de matériaux tels que l'oxysulfure d'yttrium ou de gadolinium dopé au terbium ou au praseodyme.

La figure 2 montre la courbe du spectre d'émission $L(\lambda)$ à bande extrêmement étroite d'un luminophore terre rare. On remarque la longueur d'onde de la bande principale correspondant à celle de sensibilité maximale de l'œil.

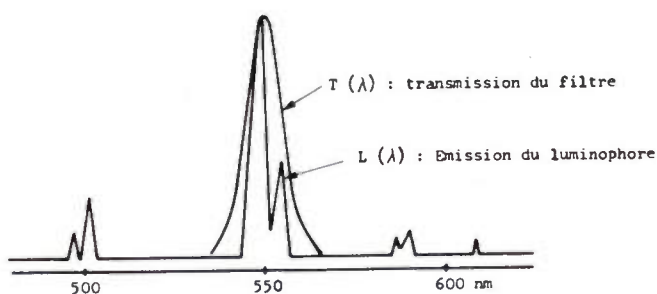


Fig. 2.

L'association d'un filtre à bande de transmission $T(\lambda)$ rigoureusement adaptée au spectre d'émission $L(\lambda)$ de luminophore permet d'obtenir des contrastes 2 à 3 fois supérieurs à ceux obtenus avec un filtre neutre.

La luminance de fond d'écran est réduite dans un rapport de 100 alors que la luminance du signal lumineux n'est réduite que dans un rapport de 2 à 5. Cette action sur les matériaux a permis l'adoption définitive du tube cathodique comme organe de visualisation dans les systèmes modernes aéroportés.

4.4. Affichage en couleur

A. INTÉRÊT DE LA COULEUR

Quand on utilise un tube monochrome, toutes les informations apparaissent de la même couleur et les différentes données peuvent seulement être distinguées par leurs formes et leur luminance.

Avec un écran multichrome, chaque paramètre peut être présenté de différentes couleurs selon un code prédéterminé et le fond d'écran peut être aussi d'une autre couleur.

Cela apporte un certain nombre d'avantages incontestables, par rapport aux écrans monochromes :

- augmentation de la densité d'informations,
- réduction du temps d'acquisition des données,
- réduction du risque d'erreur dans l'identification du symbole,
- possibilité d'un codage pour la couleur, donnant ainsi une information supplémentaire sans avoir à passer par un codage de forme.

Il était bien évident que de tels avantages devaient intéresser l'aviation où la couleur s'impose, non comme un atout supplémentaire, mais comme une nécessité.

Les tubes couleur de type shadow-mask n'ont évidemment pu s'implanter dans ce domaine, leur structure mécanique interne ne leur permettant pas de résister dans les conditions d'environnement (chocs et vibrations) des systèmes aéroportés.

Une action a donc été entreprise, principalement à Thomson-CSF, pour utiliser des tubes couleur dits « à pénétration » présentant la robustesse des tubes monochromes.

B. PRINCIPE DU TUBE COULEUR A PÉNÉTRATION (fig. 3).

Ce tube est en tout point identique à un tube monochrome, excepté dans sa structure d'écran. Le principe de fonctionnement d'un écran à pénétration est basé sur la pénétration différentielle des électrons dans les solides. Qualitativement, on peut dire que plus l'énergie d'un électron (c'est-à-dire la THT du tube) est élevée, plus l'électron pénètre profondément dans un matériau. Dans le cas où le matériau est un luminophore, on peut donc ainsi déplacer à volonté le lieu d'émission de lumière. Par une stratification, perpendiculaire au faisceau électronique, de deux luminophores de couleur différente, on peut donc exciter l'un ou l'autre des luminophores.

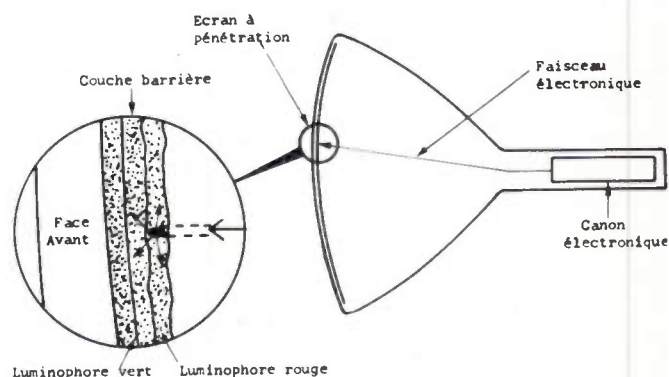


Fig. 3.

En principe donc, un écran couleur à pénétration (ECP) est constitué de deux luminophores émettant chacun une luminescence de caractéristiques photocolorimétriques et temporelles différentes. Par exemple, les deux luminophores émettent sous excitation électronique respectivement de la lumière verte et de la lumière rouge. Les deux luminophores constituent deux couches d'épaisseur uniforme sur l'écran. La figure 4 montre la luminance relative des deux luminophores sous bombardement électronique.

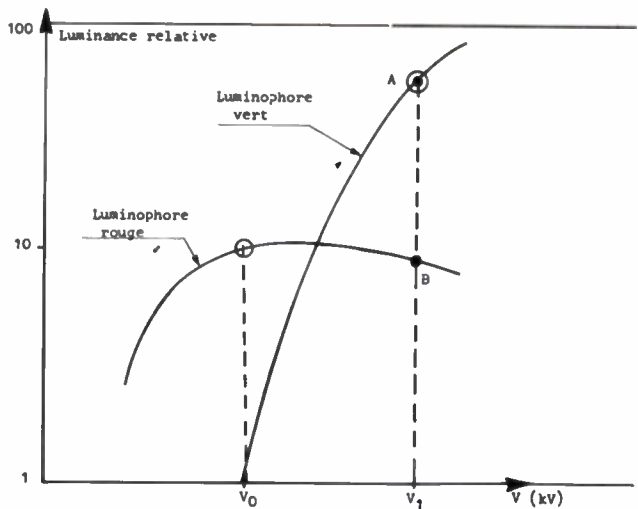


Fig. 4.

- Pour une tension $V < V_0$ l'énergie du faisceau électronique n'est absorbée que dans le premier luminophore et une émission rouge est obtenue.
- Le second luminophore vert ne commence à être excité que pour une tension $V > V_0$ et son rendement lumineux croît très rapidement lorsque l'on dépasse la tension V_0 de quelques kV. On définit ainsi deux tensions extrêmes de fonctionnement :
 - V_0 où seul le luminophore rouge est excité,
 - $V_1 = V_0 + \Delta V$ où le second luminophore vert est principalement excité.

Pour les tensions V_i telles que $V_0 < V_i < V_1$, les deux luminophores sont simultanément excités et l'on obtient des couleurs intermédiaires.

La Thomson-CSF a développé spécialement un écran couleur à pénétration référencé E17 dont les caractéristiques colorimétriques sont présentées dans le diagramme des couleurs (xy) (fig. 5).

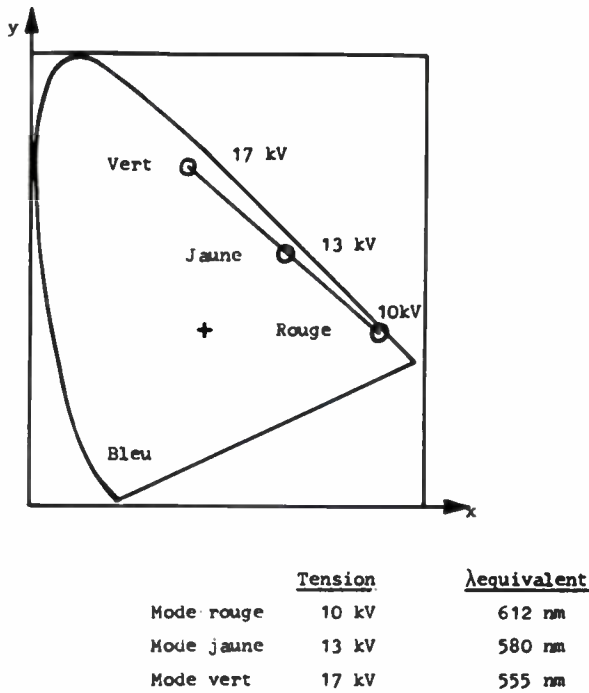


Fig. 5.

- Trois modes de fonctionnement correspondant à trois couleurs différentes ont été retenus :
- le mode rouge : correspondant à une tension d'anode de 10 kV,
 - le mode jaune : correspondant à une tension d'anode de 13 kV,
 - le mode vert : correspondant à une tension d'anode de 17 kV.

Le passage d'une couleur à une autre se fait par commutation rapide d'une tension à une autre.

C. LE TUBE COULEUR AÉROPORTÉ

La conception du tube couleur aéroporté est identique à celle d'un tube monochrome quant à sa rigidité mécanique et à sa présentation générale. La résolution de l'écran est comparable à celle d'un tube monochrome. Il est soumis au même environnement lumineux de 100 000 lux d'éclairage incident mais le filtre de contraste dont il est muni est de conception complètement différente de celle du tube monochrome.

En effet, il n'a pas été possible jusqu'à ce jour de réaliser un filtre à deux bandes de transmission correspondant aux bandes de transmission verte et rouge.

Le filtre neutre peut apporter une solution dans le cas où la luminance des informations est assez élevée, ce qui peut être obtenu par une vitesse de balayage faible par exemple. La transmission du filtre ne doit pas dépasser 10 % en environnement lumineux élevé.

Mais en fonctionnement multimode ou dans le cas d'une forte densité d'informations, la vitesse de balayage est relativement rapide, et pour obtenir une augmentation de luminance, il est nécessaire d'augmenter la transmission du filtre, tout au moins dans l'axe de vision. C'est ce qui est obtenu avec le filtre dit « directif ».

C'est simplement un filtre neutre dont la transmission est

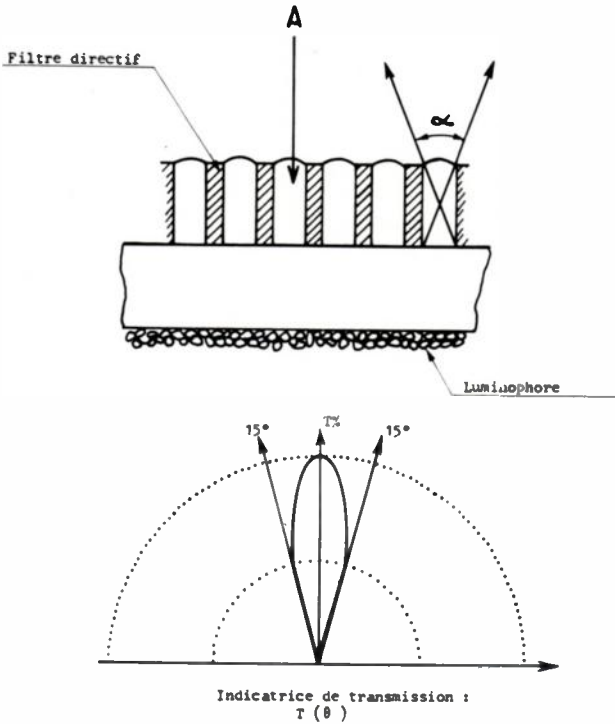


Fig. 6.

fonction de l'angle d'incidence par rapport à la normale. Cette transmission est nulle à partir d'un certain angle. On définit ainsi une indicatrice de transmission et un angle de vision (fig. 6).

Ce filtre est constitué d'une multitude de petits cylindres transparents à bords opaques juxtaposés perpendiculairement au plan de l'écran.

L'œil de l'observateur placé dans l'axe des cylindres voit donc directement l'information lumineuse. Les bords opaques des cylindres empêchent tout rayonnement incident, extérieur à un certain angle, d'atteindre l'écran. Ils diminuent par là même l'éclairement et la luminance du fond d'écran. C'est le principe de la visière.

Un tel filtre nécessite un positionnement assez précis de la tête du pilote dans l'axe du tube, ce qui ne paraît pas être un problème actuellement.

Le tube ainsi constitué permet l'affichage simultané :

- de caractères alphanumériques et symboles,
- de graphisme,
- d'image du type TV,

et ce en trois couleurs : rouge, jaune et vert.

Il suffit pour cela, pendant un cycle complet d'une image, c'est-à-dire pendant 20 ms, d'effectuer les commutations nécessaires de THT et de balayage. La présentation est du type multimode couleur.

La figure 7 donne un exemple du cycle des commutations successives de balayage et de THT pendant les 20 ms correspondant à une fréquence d'image de 50 Hz.

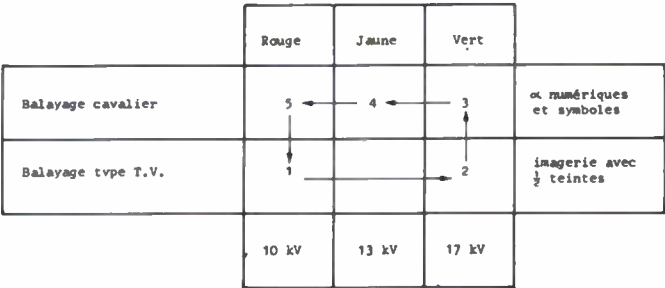


Fig. 7.

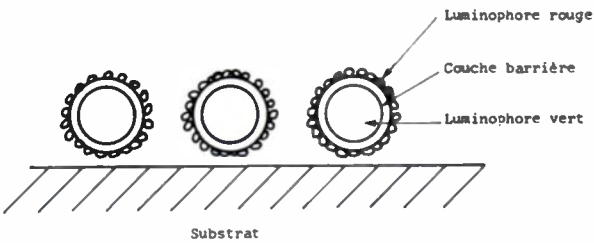
On notera que le temps de commutation THT n'est que de 15 à 20 μs, ce qui est relativement faible par rapport au temps complet du cycle.

5. LA CONSOLE GRAPHIQUE COULEUR STANDARD

Un terminal d'ordinateur du type alphanumérique ou graphique est équipé généralement d'un tube classique monochrome. L'introduction de la couleur, avec tous les avantages cités précédemment, n'a pas été possible tant que l'on ne disposait que de tube shadow-mask, étant donné la faible résolution de ce type de tube. Avec l'apparition de l'écran à pénétration, nous disposons maintenant de tubes alliant une résolution élevée, nécessaire à la présentation de caractères alphanumériques et graphiques, à une présentation en différentes couleurs.

Le principe de fonctionnement d'un tel écran est identique à celui présenté précédemment mais la technologie en est différente compte tenu de la dimension de cet écran qui peut atteindre 55 cm de diamètre ou 65 cm de diagonale.

L'écran est constitué d'une couche de cristaux luminescents, dont chaque élément a la propriété d'être à lui seul bicolore (fig. 8).



	H T	λ équivalent
Rouge	10 kV	612 nm
Orange	11,5 kV	595 nm
Jaune	13 kV	580 nm
Vert	17 kV	555 nm

Fig. 8.

Chaque grain comporte au centre un luminophore émettant une fluorescence verte; il est entouré d'une couche barrière assurant le retard de potentiel qui est elle-même recouverte d'une couche de microcristaux de luminophore rouge.

En ce qui concerne les différentes structures de tube adaptées au fonctionnement multitension :

- Dans la structure classique, la simple commutation de l'anode aux différentes THT nécessite des corrections de déviation et de focalisation pour chacun des modes.
- Avec les différentes structures à post-accélération, les corrections nécessaires sont plus réduites et la conception des circuits s'en trouve facilitée.

6. LES TUBES A ÉCRANS MULTIFONCTION

Le tube couleur décrit précédemment fait partie de la famille des tubes à écrans multifonction basés sur le principe de la « pénétration ».

6.1. Les luminophores

Nous avons vu précédemment que les luminophores peuvent être caractérisés par leurs propriétés colorimétriques et temporelles, c'est-à-dire :

- la couleur de la radiation lumineuse émise sous excitation électronique,
- la persistance de l'émission après arrêt de l'excitation.

Dans le tube couleur classique précédent, seule la couleur a été choisie comme variable avec la THT. La persistance (ou rémanence) associée ou non à une variation de couleur, est une seconde variable. On considère en général 3 sortes de

persistances correspondant à 3 utilisations différentes dans l’affichage par TRC :

- la persistance du type moyen : le temps pour atteindre 10 % de la luminance initiale est au plus égal à 20 ms. La fréquence d’image correspondante ne doit pas descendre à moins de 50 Hz,
- la persistance du type antiscintillement : la forme de la courbe et le temps de décroissance sont tels qu’ils permettent une fréquence de renouvellement de l’image n’excédant pas 25 images/seconde sans scintillement visible à l’œil.
- dans le 3^e type, se situent tous les luminophores longs ou très longs, pour affichage type radar, où la persistance est supérieure à une seconde, à 10 % de la luminance initiale.

Il a été développé toute une série d’écrans à pénétration basés sur la variation de couleur et/ou de persistance avec la THT.

Ces luminophores permettent d’obtenir donc simultanément sur un même écran une présentation couleur de persistance différente selon les couleurs.

Nous avons établi une classification des différentes combinaisons existant actuellement en fonction de ces deux paramètres :

- dans le premier groupe (fig. 9a), seule la couleur varie et la persistance est gardée constante quand la tension est commutée.

Persistance						
longue						
antiscintillement						E 62
moyenne	E20 E11					
couleur	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Blanc	

Fig. 9a.

L’écran E21 de la console couleur précédente appartient à ce groupe de même que l’écran E17 pour usage aéroporté,

- dans le deuxième groupe (fig. 9b), seule la persistance varie et la couleur est gardée constante.

Persistance						
longue						
antiscintillement						E59
moyenne						
couleur	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Blanc	

Fig. 9b.

L’écran E59 permet une présentation simultanée d’une image radar réelle avec balayage radar et d’une image synthétique (en balayage cavalier de même couleur),

- dans le troisième groupe (fig. 9c), la couleur et la persistance varient en fonction de la THT.

L’écran E58 permet la présentation simultanée d’image radar et d’image synthétique, chacune dans une couleur différente : verte et orange.

- Dans le quatrième groupe (fig. 9d), on trouve les écrans les plus élaborés à 3 modes de fonctionnement. L’écran E64

Persistance						
longue						
antiscintillement						
moyenne	E56 E53				E58 E61 E55	E57
couleur	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Blanc	

Fig. 9c.

Persistance						
longue						
antiscintillement						E64
moyenne						E63
couleur	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Blanc	

Fig. 9d.

permet la présentation d’un affichage synthétique de symbole et d’alphanumérique par exemple en 2 couleurs différentes ainsi qu’une présentation radar en une troisième couleur.

6.2. Les structures du tube adaptées aux écrans multifonction.

Des structures de tube adaptées aux écrans multifonction ont été étudiées dans le but de diminuer la complexité des circuits électroniques associés au fonctionnement multitension (puissances de commutations – corrections de focalisation et de positionnement, etc...) et d’augmenter encore la diversité des informations pouvant être présentées sur le même écran :

- la commutation est évidemment supprimée par l’utilisation d’une structure bicanon. Chacun des canons étant porté à un potentiel différent par rapport à l’écran. Ces canons peuvent être soit parallèles soit convergents (fig. 10a-10b),

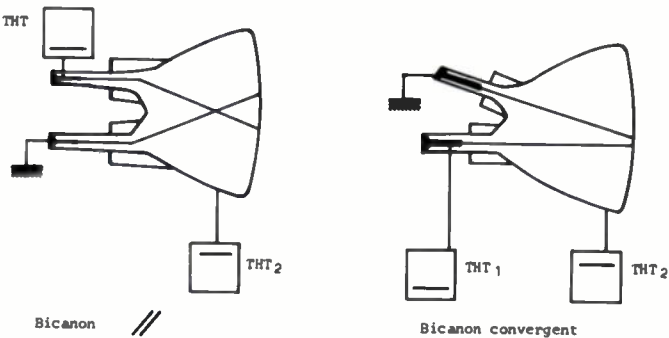


Fig. 10a.

- L’addition d’une fenêtre optique de projection permet la présentation supplémentaire simultanée d’images fixes ou mobiles d’origine optique (fig. 10c-10d).

Par exemple, un tube du type d, c’est-à-dire bicanon à fenêtre optique arrière muni d’un écran multifonction E63, permet la présentation simultanée sur le même écran d’informations d’origines diverses :

- une vidéo-radar réelle avec un balayage PPI présentant des informations à longue persistance de couleur orange,
- une vidéo synthétique en provenance de calculateur,

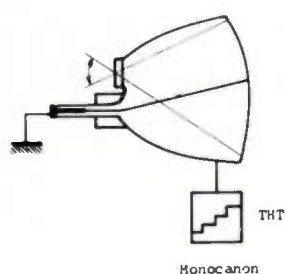


Fig. 10c.

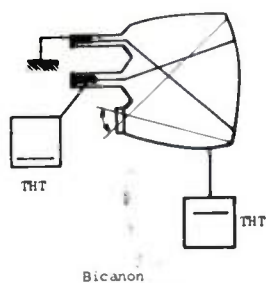


Fig. 10d.

présentant des informations de type graphique et alphanumérique en deux autres couleurs différentes : verte et jaune,

— une imagerie d'origine optique superposée aux informations précédentes et transmise par l'intermédiaire de la fenêtre optique.

7. CONCLUSION

Tous les tubes présentés, n'en sont plus au stade de laboratoire, mais correspondent bien à des réalisations commercialisées actuellement, en utilisation, soit dans des systèmes aéroportés pour la conduite d'avions, soit dans des bases aériennes pour l'entraînement du pilote ou la surveillance du trafic aérien, soit simplement comme console graphique couleur classique à divers usages.

Bibliographie

- Multicolor and persistence screen for CRT's, de J. P. GALVES (*Electrochemical society meeting*, Mai 1974, San Francisco).
- Multicolor and multipersistence penetration CRT's, de A. MARTIN (*SID Journal*, Avril 1974).
- Choisissez pour vos applications le tube à rayons cathodiques qui vous convient! de M. LAMBALIEU (*Electronique et micro-électronique industrielle*, Octobre 1974).
- Tubes cathodiques pour oscilloscopie jusqu'à 1 GHz, de A. MARTIN et A. ALBERTIN (*Journée SEE*, Mars 1975).
- Tubes cathodiques pour oscilloscopie jusqu'à 1 GHz, de A. ALBERTIN (*L'Onde Électrique*, Mai 1976).
- Tubes cathodiques à mémoire, de B. COURTAN et C. PONCHON (*Journée SEE*, Mars 1975).
- Tubes cathodiques à mémoire, de B. COURTAN et C. PONCHON (*L'Onde Électrique*, Mars 1976).
- Color head-down and head-up CRT's for cockpit displays, de A. MARTIN et J. BRUN (*Meeting AGARD*, Avril 1975, Edimbourg).
- Colour and brightness requirements for cockpit displays, de J. P. GALVES et J. BRUN (*Meeting AGARD*, Avril 1975, Edimbourg).
- Photoactivated liquid crystal light valve for real time TV display, de J. L. PLOIX et J. REBOUL-M. MOULIN (*ESSDERC*, Septembre 1975, Grenoble).
- Idem meeting AGARD 75, de J. P. GALVES (*Congrès de la CIE*, Septembre 1975, Londres).
- Idem meeting AGARD 75, de J. P. GALVES (J. BURNS) (*SAE conférence*, Novembre 1975, Los-Angeles).
- Alimentation pour tubes à rayons cathodiques, de R. GIROUD et P. MERLE (*Journée Thomson-CSF*, Alimentations, Décembre 1975, Le Plessis-Robinson).
- High resolution recording and scanning CRT's, de A. G. SHEPHARD (*Télécommunications*, Novembre 1975).
- CRT's and storage CRT's in 1976, de A. MARTIN (*Electrochemical society meeting*, Octobre 1976, Las-Vegas).
- Electrophoretic display device, de J. L. PLOIX et M. MOULIN (*Electrochemical society meeting*, Octobre 1976, Las-Vegas).
- Advance in CRT design augur improved oscil, de A. G. SHEPHARD (*Electronics*, Juin 1976).
- Pushing the standard laboratory'scope up to 1 GHz, de A. G. SHEPHARD (*Electro-Optical System Design*, Novembre 1976).

Bruit basse fréquence du transistor MOS (2^e partie).

COMPOSANTS

L'onde électrique
1978, vol. 58, n° 4
pp. 645-652

par Pierre GENTIL.

Ingénieur Électronicien ENSERG,
Docteur-Ingénieur USM, Grenoble, As-
sistant à l'Institut National Polytechni-
que de Grenoble. Recherches effectuées
au Laboratoire d'Électronique de l'EN-
SERG, Équipe « Physique des Compos-
ants Électroniques ».

Équipe de Recherche Associée au CNRS
n° 659. Laboratoire d'Électronique, Insti-
tut National Polytechnique ENSER, 23,
avenue des Martyrs, 38031 Grenoble-
Cedex (France) (tél. : (76) 87.69.76.



La première partie de cet article est parue dans le n° 8-9, p. 565.

4. BRUIT AYANT POUR ORIGINE LE PIÉGEAGE DES PORTEURS DU CANAL

On considère un transistor MOS canal P en régime d'inversion forte et on utilise le modèle basé sur le piégeage des porteurs du canal d'inversion par des pièges répartis dans l'oxyde pour rendre compte de la large gamme de constantes de temps observée expérimentalement. Le seul

mécanisme pris en compte résulte donc de l'échange des trous entre la bande de valence à la surface du semiconducteur et les pièges situés dans l'oxyde ou à l'interface oxyde-silicium (fig. 13a).

Les résultats obtenus dans la troisième partie seront généralisés pour des distributions énergétiques et spatiales des pièges dans le cas d'une tension drain quelconque

$$(0 < |V_D| < |V_G - V_T|).$$

4.1. Relation entre les fluctuations de porteurs piégés sur $\Delta X \Delta Z$ et les fluctuations de courant drain.

En présence d'une polarisation du drain élevée, les propriétés ne sont pas constantes sur tout le canal. Considérons une surface $\Delta X \Delta Z$ (fig. 13b) suffisamment petite pour que les paramètres moyens y soient constants. En regard de $\Delta X \Delta Z$, considérons une population de pièges; soit Δn_{tp} le nombre de ces pièges contenant un trou et $\delta \Delta n_{tp}$ une petite variation du nombre des trous piégés. Il en résulte une variation du nombre de trous du canal :

$$\delta \Delta P = -\delta \Delta n_{tp}; \quad (4.1)$$

et une variation du nombre de porteurs par unité de surface :

$$\delta P = \frac{\delta \Delta P}{\Delta X \Delta Z}. \quad (4.2)$$

La conductivité du canal, par unité de surface, s'écrit :

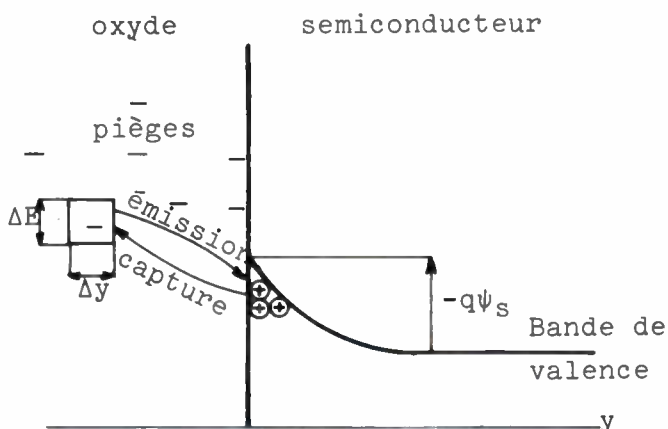
$$g = e\mu_p P; \quad (4.3)$$

il s'ensuit une variation de cette conductivité :

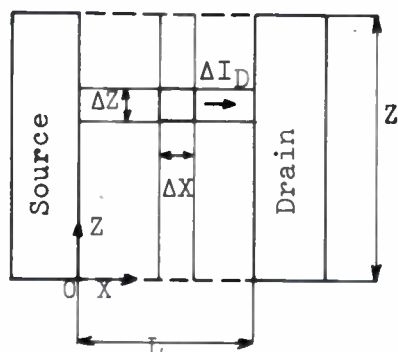
$$\delta g = e\mu_p \delta P + eP \delta \mu_p = e\mu_p \delta P \left(1 + \frac{P}{\mu_p} \frac{\delta \mu_p}{\delta P} \right). \quad (4.4)$$

En pratique, la mobilité varie lentement avec le nombre de porteurs; le deuxième terme dans la parenthèse de (4.4) peut être négligé. A cette variation locale de conductivité sur la surface $\Delta X \Delta Z$ correspond une variation de courant drain $\delta \Delta I_D$. La relation reliant le courant drain ΔI_D dans une bande de largeur ΔZ et la conductance s'écrit :

$$\Delta I_D = Zg \frac{dV}{dx}. \quad (4.5)$$



(a)



(b)

Fig. 13.

a) Échange de porteurs entre les trous du canal d'inversion et un petit domaine situé dans l'oxyde près de l'interface.
b) Vue de dessus du MOST.

Dans cette expression V est le potentiel du canal en x par rapport à la source.

Appliquant (4.5) à l'élément $\Delta X \Delta Z$ puis à l'extérieur de cet élément et utilisant en outre les conditions aux limites pour un transistor polarisé en tension (les potentiels de drain et de source sont constants) on établit au premier ordre [13] :

$$\delta(\Delta I_D) = \frac{I_D}{ZLP} \delta g \Delta X \Delta Z; \quad (4.6)$$

à l'aide des formules (4.1) à (4.6) on a :

$$\delta(\Delta I_D) = - \frac{I_D}{ZLP} \delta(\Delta n_{ip}). \quad (4.7)$$

La variance et la densité spectrale du courant drain I_D sont donc reliées respectivement à la variance et à la densité spectrale des trous piégés par :

$$\overline{(\delta \Delta I_D)^2} = \left(\frac{I_D}{ZLP} \right)^2 \overline{(\delta \Delta n_{ip})^2}; \quad (4.8)$$

$$\mathcal{S}_{\delta \Delta I_D} = \left(\frac{I_D}{ZLP} \right)^2 \mathcal{S}_{\delta \Delta n_{ip}}. \quad (4.9)$$

Afin d'exprimer le bruit ramené à l'entrée on utilise la théorie simplifiée du MOST avant saturation :

$$I_D = \mu_p C_{ox} \frac{Z}{L} (V_G - V_T - V_{D2}) V_D; \quad (4.10)$$

à l'aide de (3.8), (4.8), (4.9), (4.10) on établit :

$$\overline{(\delta \Delta I_D)^2} = \left(\frac{V_G - V_T - V_{D2}}{ZLP} \right)^2 \overline{(\delta \Delta n_{ip})^2}; \quad (4.11)$$

$$\mathcal{S}_{\delta \Delta I_D} = \left(\frac{V_G - V_T - V_{D2}}{ZLP} \right)^2 \mathcal{S}_{\delta \Delta n_{ip}}. \quad (4.12)$$

Le problème est ramené au calcul de la variance et du spectre des trous piégés en regard d'une petite surface $\Delta X \Delta Z$. On considère ici que les pièges peuvent être répartis dans le volume de l'oxyde et en énergie. On définit une densité de pièges par unité de volume et d'énergie $N_t(X, Y, Z, E)$. Le nombre de pièges Δn_{ip} considérés en (4.1) est donc le nombre de pièges contenus dans $\Delta X \Delta Y \Delta Z \Delta E$ remplis par un trou :

$$\Delta n_{ip} = N_t \Delta X \Delta Y \Delta Z \Delta E (1 - f_t) = \Delta N_t (1 - f_t) \quad (4.13)$$

De même le nombre de pièges dans $\Delta X \Delta Y \Delta Z \Delta E$ ne contenant pas de trou s'écrit :

$$\Delta n_t = \Delta N_t f_t. \quad (4.14)$$

4.2. Variance et densité spectrale de Δn_{ip} .

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour calculer la variance et la densité spectrale de l'occupation des pièges. Les résultats généraux obtenus pour tout système à deux niveaux [23, 24] sont appliqués. On a :

$$\overline{(\delta \Delta n_{ip})^2} = U_e \tau = U_c \tau; \quad (4.15)$$

et :

$$\mathcal{S}_{\delta \Delta n_{ip}} = 4 \overline{(\delta \Delta n_{ip})^2} \frac{\tau}{1 + \omega^2 \tau^2}; \quad (4.16)$$

avec :

$$\tau = \frac{1}{\frac{dU_e}{d(\Delta n_{ip})} - \frac{dU_c}{d(\Delta n_{ip})}}; \quad (4.17)$$

U_e et U_c désignent respectivement les nombres de trous émis et capturés par les ΔN_t pièges par unité de temps. En utilisant comme au § 2.2 la statistique de SRH, on a :

$$U_e = K(y) \Delta n_{ip} p_1; \quad (4.18)$$

$$U_c = K(y) \Delta n_{ip} p_s; \quad (4.19)$$

ici :

$$K(y) = \sigma_p \bar{V} p_s(y); \quad (4.20)$$

dans laquelle $P_s(y)$ désigne la probabilité de passage d'un trou à travers la barrière d'oxyde d'épaisseur y .

En régime permanent $U_c = U_e$, condition qui redonne les égalités (2.27). Les équations (4.15), (4.17), (4.18), (4.19) et (2.27) permettent d'écrire la variance :

$$\overline{(\delta \Delta n_{ip})^2} = \frac{\Delta N_t f_t (1 - f_t)}{1 - N_t \frac{f_t (1 - f_t)}{p_s} \frac{\partial p_s}{\partial (\Delta n_{ip})}}. \quad (4.21)$$

Les expressions (4.1) (conservation des charges) et (2.10) (reliant P à p_s) permettent de réécrire (4.21) :

$$\overline{(\delta \Delta n_{ip})^2} = \frac{\Delta N_t f_t (1 - f_t)}{1 + \frac{\Delta N_t f_t (1 - f_t)}{\Delta X \Delta Z} \frac{2}{P}}; \quad (4.22)$$

cette expression se réduit à :

$$\overline{(\delta \Delta n_{ip})^2} = \Delta N_t f_t (1 - f_t); \quad (4.23)$$

si :

$$\frac{\Delta N_t f_t (1 - f_t)}{\Delta X \Delta Z} \ll \frac{P}{2}. \quad (4.24)$$

La fonction $f_t (1 - f_t)$ admet un maximum égal à 0,25. La condition (4.24) est donc réalisée si la densité de pièges par unité de surface est très inférieure à la densité de trous du canal d'inversion par unité de surface. En pratique, cette condition est presque toujours réalisée; la relation (4.23) de la variance est applicable à quelques exceptions près et notamment près du drain pour un MOST polarisé en saturation ou en régime de faible inversion en présence d'une densité d'états d'interface de forte valeur.

A l'aide des mêmes transformations, et avec les mêmes hypothèses la constante de temps τ s'exprime par :

$$\tau = \frac{1 - f_t}{K(y) p_s} = \frac{f_t}{K(y) p_1} = \frac{1}{K(y) (p_s + p_1)}. \quad (4.25)$$

La densité spectrale de puissance est obtenue en reportant dans (4.16) les expressions (4.23) et (4.25). On trouvera dans [13] une discussion plus détaillée sur la validité des formules simplifiées de la variance et de la densité spectrale.

4.3. Constante de temps caractéristique du piégeage des trous.

La transition tunnel des trous dans l'oxyde est supposée s'effectuer à travers une barrière rectangulaire de hauteur W

et de largeur y . La probabilité de passage s'écrit :

$$P_r(y) = \exp \left[- \left(\frac{8m^*W}{\hbar^2} \right)^{1/2} y \right]. \quad (4.26)$$

Ainsi (4.25) s'écrit :

$$\tau = \frac{\exp \left[\left(\frac{8m^*W}{\hbar^2} \right)^{1/2} y \right]}{\sigma_p \bar{V}(p_s + p_1)}; \quad (4.27)$$

l'équation (4.27) nous montre les différentes possibilités d'obtenir une distribution de constante de temps :

a) *Distribution de la barrière s'opposant au transit des trous dans l'oxyde*

soit par une distribution de la hauteur W ,
soit par une distribution de l'épaisseur y . Supposant les pièges répartis dans l'oxyde de $y = 0$ à $y = d_i$ et appelant $\tau_{\max}$ et $\tau_{\min}$ les constantes de temps maximale et minimale :

$$\frac{\tau_{\max}}{\tau_{\min}} = \frac{\tau(y = d_i)}{\tau(y = 0)} = \exp \left[\left(\frac{8m^*W}{\hbar^2} \right)^{1/2} d_i \right]$$

avec :

$$\tau_{\min} = \frac{1}{\sigma_p \bar{V}(p_s + p_1)}.$$

Avec $dt = 20 \text{ \AA}$, $W = 4 \text{ eV}$ et $m^* = 0,3 m_e$, nous avons $\tau_{\max}/\tau_{\min} \sim 10^{10}$. Avec $p_s \sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ et des pièges au niveau de Fermi $\tau_{\min} \sim 10^{-9} \text{ s}$. Si le niveau des pièges est au-dessous du niveau de Fermi, $\tau_{\max}$ et $\tau_{\min}$ diminuent; si, au contraire le niveau des pièges est au-dessus du niveau de Fermi $\tau_{\max}$ et $\tau_{\min}$ augmentent. Dans les deux cas le rapport $(\tau_{\max}/\tau_{\min})$ se conserve. En condition d'inversion forte, les niveaux pièges situés vers le bas de la bande interdite donnent des valeurs de $\tau_{\max}$ et $\tau_{\min}$ compatibles avec la gamme de fréquence dans laquelle on observe expérimentalement du $1/f$.

Pour des pièges situés à $y = 10 \text{ \AA}$ dans l'oxyde, une gamme de hauteur de barrière de $W = 0$ à $W = 4 \text{ eV}$ donne $(\tau_{\max}/\tau_{\min}) \sim 10^5$.

b) *Distribution de la densité de trous p_s*

En régime de saturation la densité de trous à la surface varie beaucoup de la source (p_{s_0}) au drain (p_{s_D}). Cependant, expérimentalement, on obtient un spectre en $1/f$ même pour de très faibles polarisations de drain. Ce phénomène ne permet donc pas d'expliquer à lui seul la distribution de constante de temps.

c) la section efficace de capture σ_p dépend de la nature des pièges. La mesure de ce paramètre est imprécise, il est difficile de lui donner une quelconque loi de distribution et d'en estimer les effets.

d) Distribution de $p_1 = n_i \exp((E_i - E_t)/kT)$ par suite d'une distribution énergétique de pièges. En condition de faible polarisation drain, pour une distribution de pièges entre E_c et E_v , on a :

$$\frac{\tau_{\max}}{\tau_{\min}} = \frac{p_{s_0} + p_{1 \text{ max}}}{p_{s_0} + p_{1 \text{ min}}} = \frac{p_{s_0} + p_1(E_v)}{p_{s_0} + p_1(E_c)};$$

en inversion forte $p_1(E_c) \ll p_{s_0} \ll p_1(E_v)$ donc :

$$\frac{\tau_{\max}}{\tau_{\min}} \neq \exp \left(\frac{E_F - E_v}{kT} \right) \sim 10^5 \text{ et } \tau_{\max} \neq \frac{1}{K(y)p_{s_0}};$$

si $y = 0$, $\tau_{\max} \sim 10^{-9} \text{ s}$ est très faible, si les pièges sont situés à une distance de l'ordre de $15\text{-}20 \text{ \AA}$ dans l'oxyde on peut obtenir une gamme de constante de temps compatible avec les mesures.

On notera ici que ce sont les pièges répartis entre E_F et E_v qui déterminent la plus grande partie de la gamme de constantes de temps ce qui est compatible avec le fait que le bruit dû au piégeage des trous est important pour les pièges situés vers le bas de la bande interdite (cf. § 3.2.3.).

Les distributions a) et d) peuvent donner une gamme de constantes de temps compatible avec les résultats expérimentaux. Il faut cependant établir que le spectre varie en $1/f$ pour justifier ces modèles.

4.4. Densité spectrale de puissance du transistor MOS.

La densité spectrale de puissance de la tension ramenée à l'entrée est obtenue à l'aide de (4.2), (4.16), (4.23). Les paramètres sont considérés indépendants de z , on a :

$$\begin{aligned} N_i &= N_i(y, E), \\ f_i &= f_i(x, E), \\ P &= P(x), \\ \tau &= \tau(x, y, E). \end{aligned}$$

Les différents pièges considérés étant supposés indépendants les uns des autres, on a :

$$\begin{aligned} S_{\delta v} &= 4 \left(\frac{V_G - V_T - V_{D2}}{L} \right)^2 \frac{1}{Z} \\ &\quad \int_x \int_E \int_y \frac{N_i(x, E) f_i(x, E) (1 - f_i(x, E))}{P^2(x)} \\ &\quad \frac{\tau(x, y, E)}{1 + \omega^2 \tau^2(x, y, E)} dy dE dx. \end{aligned} \quad (4.28)$$

L'intégration de cette équation sera réalisée dans les paragraphes suivants pour diverses polarisations de drain et divers distributions de pièges.

4.5. Bruit du MOST pour de très faibles polarisations du drain.

Pour $|V_D|$ faible (de l'ordre de quelques kT/e) P, f_i, τ sont indépendants de X . Le terme $V_{D2}/2$ est dans ce cas négligeable devant $(V_G - V_T)$. Comparant dans ces conditions (3.2) et (4.10), on a :

$$P(X) = P_0 = \frac{C_{ox}}{e} |V_G - V_T|; \quad (4.29)$$

(4.28) devient :

$$\begin{aligned} S_{\delta v} &= \frac{4e^2}{ZLC_{ox}^2} \int_E \int_y N_i(y, E) f_i(E) (1 - f_i(E)) \\ &\quad \frac{\tau(y, E)}{1 + \omega^2 \tau^2(y, E)} dy dE. \end{aligned} \quad (4.30)$$

S'il n'existe qu'un seul niveau piège localisé à une énergie E_i et à une distance y dans l'oxyde (N_i devenant une densité

de pièges par unité de surface) on retrouve la formule (3.10) établie au § 3.2.1. avec une éventuelle modification de τ si $y \neq 0$.

4.5.1. *Pièges localisés dans l'oxyde à une distance y de l'interface Si - SiO₂ et distribués uniformément en énergie dans la bande interdite entre 2 limites E_1 et E_2 ($E_2 > E_1$).*

Soit N_{t_0} la densité de ces pièges par unité de surface et par unité d'énergie. (4.30) devient :

$$\mathcal{S}_{\delta_{re}} = \frac{4e^2}{ZLC_{ox}^2} N_{t_0} \int_{E_1}^{E_2} f_i(E)(1 - f_i(E)) \frac{\tau(E)}{1 + \omega^2\tau^2(E)} dE. \quad (4.31)$$

Les relations (2.23) et (4.25) permettent d'écrire :

$$f_i(1 - f_i) dE = kTK p_s d\tau;$$

l'intégrale (4.31) s'effectue alors sur le domaine des constantes de temps :

$$\mathcal{S}_{\delta_{re}} = \frac{4e^2}{ZLC_{ox}^2} N_{t_0} \frac{kT K p_s}{2 \omega^2} \ln \frac{1 + \omega^2\tau^2(E_2)}{1 + \omega^2\tau^2(E_1)}. \quad (4.32)$$

Si E_1 et E_2 sont des niveaux situés à plusieurs kT respectivement au-dessous et au-dessus du niveau de Fermi, $\tau(E_1) \ll \tau(E_2)$.

Le spectre (4.32) montre :

- en basse fréquence, pour $\omega^2\tau^2(E_2) \ll 1$, un palier indépendant de la fréquence;
- en haute fréquence, pour $\omega^2\tau^2(E_1) \ll 1$, une variation en $1/f^2$;
- une zone intermédiaire, pour $(1/\tau(E_2)) < \omega < (1/\tau(E_1))$, qui ne semble pas pouvoir se confondre avec une variation en $1/f$ sur de nombreuses décades compte tenu du rapport $\tau(E_2)/\tau(E_1)$ maximal établi au § 4.3.d pour une distribution de pièges sur toute la bande interdite.

La forme du spectre obtenu est indiquée sur la figure 14. La position de ce spectre dépend de y par $K(y)$ et de $|V_G - V_T|$ par p_s .

La variance est obtenue en reportant (4.23) dans (4.11) et en effectuant les mêmes calculs que dans le cas de la densité spectrale de puissance. Avec $\tau(E_2) \gg \tau(E_1)$ comme précédemment, on obtient :

$$\overline{(\delta ve)^2} = \frac{e^2}{ZLC_{ox}^2} N_{t_0} kT; \quad (4.33)$$

qui montre que le bruit total est indépendant de la position y des pièges et de la densité de trous à la surface.

4.5.2. *Pièges localisés en énergie et distribués uniformément dans l'oxyde depuis l'interface Si - SiO₂ sur une distance d_p .*

Soit N_{ox} la densité de ces pièges par unité de volume. Dans ce cas, f_i est une constante, τ est la seule grandeur variant avec y .

$$\tau(y) = \tau_{\min} e^{\alpha^* y}; \quad (4.34)$$

avec

$$\alpha^* = \left(\frac{8m^*W}{h^2} \right)^{1/2} \quad \text{et} \quad \tau_{\min} = \tau(y = 0)$$

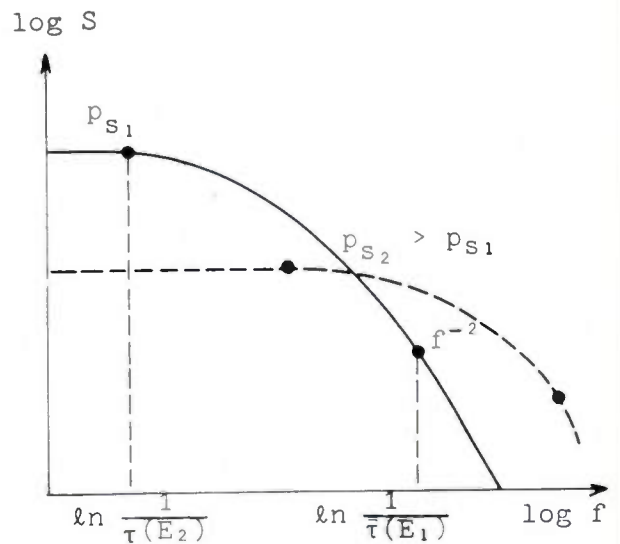
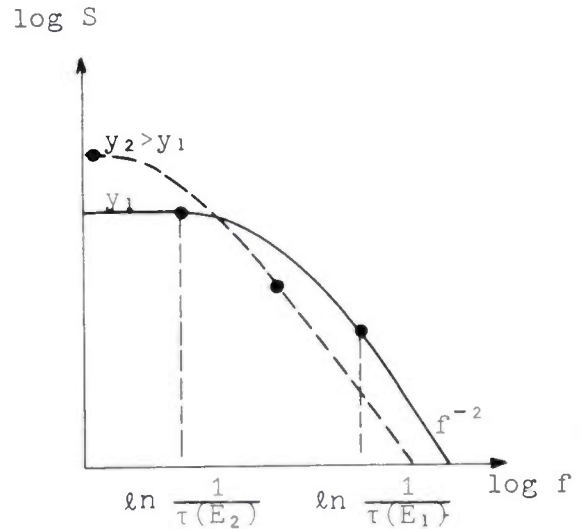


Fig. 14. — Spectres obtenus pour une distribution énergétique uniforme des pièges.

(4.30) s'écrit :

$$\mathcal{S}_{\delta_{re}} = \frac{4e^2}{ZLC_{ox}^2} N_{ox} f_i (1 - f_i) \int_{y=0}^{y=d_t} \frac{\tau(y)}{1 + \omega^2\tau^2(y)} dy \quad (4.35)$$

utilisant (4.34) on a :

$$d\tau = \alpha^* \tau dy;$$

l'intégration de (4.35) donne en appelant $\tau_{\max} = \tau(y = d_t)$

$$\mathcal{S}_{\delta_{re}} = \frac{4e^2}{ZLC_{ox}^2} N_{ox} f_i (1 - f_i) \frac{1}{\alpha^* \omega} (\text{Arctg } \omega \tau_{\max} - \text{Arctg } \omega \tau_{\min}) \quad (4.36)$$

En se reportant aux valeurs de $\tau_{\max}$ et $\tau_{\min}$ calculées en 4.3.a, on voit qu'il existe un domaine étendu de fréquence à l'intérieur des limites $(1/(2\pi \tau_{\max}), 1/(2\pi \tau_{\min}))$ pour lequel

$$\text{Arctg } \omega \tau_{\max} \sim \pi/2 \quad \text{et} \quad \text{Arctg } \omega \tau_{\min} \sim 0.$$

Dans ce domaine (4.36) s'écrit :

$$\mathcal{S}_{\delta_{re}} = \frac{e^2}{ZLC_{ox}^2} N_{ox} f_i (1 - f_i) \frac{1}{\alpha^* f} \quad (4.37)$$

La variance est donnée par :

$$\overline{(\delta v)^2} = \frac{e^2}{ZLC_{ox}^2} N_{ox} d_i f_i (1 - f_i). \quad (4.38)$$

Le bruit total et la densité spectrale dans la portion en $1/f$ dépendent de la position des pièges en énergie par rapport au niveau de Fermi. Toutes choses égales par ailleurs, le bruit est maximum pour des pièges situées au niveau de Fermi des trous ($f_i(1 - f_i) = 1/4$). On notera que le niveau des pièges se déplace par rapport au niveau de Fermi quand on fait varier ($V_G - V_T$).

En conséquence, la densité spectrale et le bruit total varient aussi avec ($V_G - V_T$) par l'intermédiaire de $f_i(1 - f_i)$. On remarquera que le bruit total est proportionnel au nombre de pièges par unité de surface $N_{ox} \cdot d_i$.

4.5.3. Pièges distribués uniformément dans l'oxyde entre 0 et $y = d_i$ et distribués en énergie.

Soit $N_i(E)$ la densité de pièges par unité de volume et d'énergie. Comme au § 4.5.1, f_i est fonction de E et ici τ est fonction de y et E .

$$S_{\delta v} = \frac{4e^2}{ZLC_{ox}^2} \int_E N_i(E) f_i(E) (1 - f_i(E)) \int_y \frac{\tau(E, y)}{1 + \omega^2 \tau^2(E, y)} dy dE. \quad (4.39)$$

Effectuant d'abord l'intégration sur y , en se limitant comme au § 4.5.2. au domaine en $1/f$, on a :

$$S_{\delta v} = \frac{4e^2}{ZLC_{ox}^2} \frac{1}{\alpha^* f} \int_E N_i(E) f_i(E) (1 - f_i(E)) dE. \quad (4.40)$$

La fonction $f_i(1 - f_i)$ est une fonction qui varie très rapidement autour de E_F [pour $|E - E_F| = 4kT$, $f_i(1 - f_i) \sim 0,018$]. Si dans la structure, $N_i(E)$ varie beaucoup plus lentement que $f_i(1 - f_i)$ une bonne approximation de l'intégrale est :

$$N_i(E_F) \int_E f_i(1 - f_i) dE = N_i(E_F) \cdot kT;$$

donc (4.40) devient :

$$S_{\delta v} \# \frac{e^2}{ZLC_{ox}^2} N_i(E_F) kT \frac{1}{\alpha^* f}; \quad (4.41)$$

et

$$\overline{(\delta v)^2} \# \frac{e^2}{ZLC_{ox}^2} N_i(E_F) d_i kT. \quad (4.42)$$

Un changement de la valeur de la polarisation ($V_G - V_T$) change les pièges qui sont en face du niveau de Fermi. Si on suppose que les formules précédentes sont valides, on peut déterminer la variation de densité de pièges en fonction de la position énergétique dans la bande interdite à partir des mesures de bruit [25].

Nous n'avons considéré que des distributions uniformes de pièges dans l'oxyde, ce qui conduit à un spectre en $1/f$. On peut imaginer de nombreuses lois de variation de la densité de pièges en fonction de la distance dans l'oxyde. F. Berz [13] montre notamment que l'on peut obtenir un spectre en $f^{-\alpha}$ avec $1 < \alpha < 2$ à partir d'une densité de

pièges augmentant exponentiellement avec la distance dans l'oxyde.

De même, I. R. M. Mansour *et al* [12], en tenant compte de l'abaissement de la barrière de l'oxyde due au champ électrique, montrent que l'on obtient un indice de fréquence α légèrement différent de 1. Cet indice peut être une fonction de la tension grille si la distribution des pièges n'est pas uniforme en énergie.

4.6. Bruit du MOST pour des tensions drain

$$|V_D| \leq |V_G - V_T|.$$

La densité de trous par unité de surface P est une fonction de X ainsi que la densité de trous par unité de volume à la surface p_s , paramètre que nous utiliserons pour calculer le spectre.

4.6.1. Relations $P(x)$ et $p_s(x)$ en inversion forte.

En un point x du canal, la densité de trous par unité de surface s'exprime semblablement à (4.29) en tenant compte ici de la polarisation extérieure $V(X)$ appliquée au canal. On a :

$$P(x) = \frac{C_{ox}}{e} |V_G - V_T - V(X)|; \quad (4.43)$$

ou :

$$P(x) = P_0 \frac{V_G - V_T - V(X)}{V_G - V_T}; \quad (4.44)$$

avec P_0 la densité de trous à la source ($V(x = 0) = 0$) :

$$P_0 = P(x = 0) = \frac{C_{ox}}{e} |V_G - V_T|. \quad (4.45)$$

D'autre part, la relation (2.10) reliant P à p_s est toujours valable au premier ordre en inversion suffisamment forte. Ici Q_p et p_s sont fonction de la position entre source et drain. On peut écrire :

$$p_s(x) = \frac{C_{ox}^2}{2kT \epsilon_{si}} (V_G - V_T - V(x))^2; \quad (4.46)$$

ou :

$$p_s(x) = p_{s0} \left(\frac{V_G - V_T - V(x)}{V_G - V_T} \right)^2; \quad (4.47)$$

avec p_{s0} la densité de trous par unité de volume à la source :

$$p_{s0} = \frac{C_{ox}^2}{2kT \epsilon_{si}} (V_G - V_T)^2; \quad (4.48)$$

au drain $V(x = L) = V_D$, $p_s(L) = p_{sD}$:

$$p_{sD} = p_{s0} \left(\frac{V_G - V_T - V_D}{V_G - V_T} \right)^2. \quad (4.49)$$

Comparant (4.44) et (4.47) on obtient :

$$\left(\frac{P(x)}{P_0} \right)^2 = \frac{p_s(x)}{p_{s0}}.$$

Enfin, une relation entre V et x est obtenue à partir de l'équation reliant le courant drain à la densité de trous par unité de surface :

$$I_D = Ze\mu_p P \frac{dV}{dX}; \quad (4.50)$$

remplaçant dans cette équation P par sa valeur en (4.43), intégrant ensuite cette équation entre 0 et x , puis résolvant pour obtenir $V(x)$, on a :

$$V(x) = (V_G - V_T) \left[1 - \left(1 - \frac{2x}{L} \frac{V_D(V_G - V_T - V_{D2})}{(V_G - V_T)} \right)^{1/2} \right] \quad (4.51)$$

(4.43), (4.47) et (4.51) permettent d'obtenir $P(x)$ et $p_s(x)$.

4.6.2. *Bruit pour un niveau de pièges situés à une énergie E_i et distribués uniformément dans l'oxyde.*

Soit N_{ox} la densité des pièges par unité de volume (4.28) s'écrit :

$$\mathcal{S}_{\delta ve} = 4 \left(\frac{V_G - V_T - V_{D2}}{L} \right)^2 \frac{1}{Z} N_{ox} \int_x \int_y \frac{f_i(x)(1 - f_i(x))}{P(x)^2} \frac{\tau(x, y)}{1 + \omega^2 \tau^2(x, y)} dy dx. \quad (4.52)$$

Intégrant d'abord sur y , on obtient dans la zone où le $1/f$ est défini :

$$\mathcal{S}_{\delta ve} = \left(\frac{V_G - V_T - V_{D2}}{L} \right)^2 \frac{1}{Z} \frac{N_{ox}}{\alpha^* f} \int_x \frac{f_i(x)(1 - f_i(x))}{P(x)^2} dx. \quad (4.53)$$

A l'aide des relations (4.25), on peut écrire :

$$f_i(x)(1 - f_i(x)) = \frac{p_s(x)p_1}{(p_s(x) + p_1)^2}. \quad (4.54)$$

Utilisant cette relation et les relations (4.43) à (4.51), on obtient :

$$\mathcal{S}_{\delta ve} = \frac{e^2}{ZLC_{ox}^2} N_{ox} \frac{p_{s0}p_1}{(p_{s0} + p_1)^2} \frac{1}{\alpha^* f} \left(\frac{V_G - V_T - V_{D2}}{V_G - V_T} \right)^2 \frac{p_{s0} + p_1}{p_{sD} + p_1}. \quad (4.55)$$

Remarquant que le facteur $\frac{p_{s0}p_1}{(p_{s0} + p_1)^2}$ n'est autre que $f_i(1 - f_i)$ à la source, et comparant (4.55) à la relation (4.38) obtenue pour les très faibles polarisations de drain, on a :

$$(\mathcal{S}_{\delta ve})_{\text{sous } V_D} = F(\mathcal{S}_{\delta ve})_{\text{sous } V_D \rightarrow 0} \quad (4.56)$$

avec :

$$F = \frac{p_{s0} + p_1}{p_{sD} + p_1} \left(\frac{V_G - V_T - V_{D2}}{V_G - V_T} \right)^2. \quad (4.57)$$

Christensson et al [11] proposent le même calcul pour des polarisations de drain élevées mais utilisent une relation linéaire entre p_s et V . Il ne semble pas qu'une telle approximation soit valable dans le cas d'une inversion forte.

Le facteur correctif F peut être évalué pour différentes positions énergétiques du niveau piège.

a) *Niveau piège près de la bande de valence.*

On a alors : $p_1 \gg p_{s0}, p_{sD}$

$$F = \left(\frac{V_G - V_T - V_{D2}}{V_G - V_T} \right)^2.$$

Lorsque $|V_D|$ croît de 0 à $|V_{D_{sat}}| = |V_G - V_T|$ le facteur correctif diminue de 1 à 1/4. La densité spectrale du bruit d'entrée diminue lorsque $|V_D|$ augmente.

b) *Niveau piège au niveau de Fermi à la source.*

On a alors $p_1 = p_{s0}$ et $p_{sD} \leq p_{s0}$ (égalité pour $V_D = 0$)

$$F = \left(\frac{V_G - V_T - V_{D2}}{V_G - V_T} \right)^2 \frac{2p_1}{p_{sD} + p_1};$$

Lorsque $V_D \rightarrow V_{D_{sat}}$, $p_{sD} \ll p_1$ et $F \rightarrow 1/2$. Là encore, la densité spectrale diminue lorsque $|V_D|$ croît de 0 à $|V_{D_{sat}}|$.

c) *Niveau piège au niveau intrinsèque.*

Dans ce cas, $p_1 = n_i$ et $p_{s0} \gg p_1$ et $p_{sD} \gg p_1$.

$$F = \left(\frac{V_G - V_T - V_{D2}}{V_G - V_T - V_D} \right)^2;$$

Lorsque $|V_D|$ croît de 0 à $|V_{D_{sat}}|$, la densité spectrale est croissante. La relation précédente indique que $F \rightarrow \infty$ pour $V_D \rightarrow V_{D_{sat}}$ ce qui provient de l'utilisation du rapport p_{s0}/p_{sD} qui tend vers l'infini lorsque $V_D \rightarrow V_{D_{sat}}$. En fait, la densité de trous en surface ne tend jamais vers zéro même en saturation. L'erreur introduite dans les formules ci-dessus, pour des tensions drain approchant la saturation, peut être très importante.

Haslett et Trofimenkoff [26] introduisent un modèle du transistor MOS qui rend mieux compte des phénomènes de saturation. Leur traitement ne permet pas d'obtenir une expression explicite du bruit, mais une résolution numérique des relations ainsi obtenues donne des résultats plus réalistes dans le domaine de fonctionnement en saturation du transistor MOS. Expérimentalement, on trouve que le bruit du transistor MOS en fonction de V_D sature dans les éléments présentant une bonne saturation de la caractéristique statique $I_D(V_D)$. Les auteurs, en général, en concluent simplement que dans le régime de saturation le bruit a pour principale origine la région inversée du canal qui reste pratiquement figée pour des $|V_D| > |V_{D_{sat}}|$ dans un MOST à canal long.

5. CONCLUSIONS

Les résultats expérimentaux du bruit électrique basse fréquence obtenus sur les transistors MOS permettent de valider les points importants de la théorie du bruit présentée dans cet article :

a) Le bruit est inversement proportionnel à la surface du canal. Les dispositifs MOST les moins bruyants sont obtenus avec de grandes géométries. Il faut toutefois porter son attention sur le fait que les autres performances du dispositif sont affectées en augmentant sa géométrie et notamment ses propriétés hautes fréquences.

b) Le bruit est proportionnel au carré de l'épaisseur d'oxyde pour des oxydes relativement épais. Dans le cas d'oxydes très minces, les variations observées [27] ne peuvent être expliquées par une variation de la seule épaisseur de l'oxyde. Il est probable que la densité des pièges ou états de surface varie avec l'épaisseur d'oxyde que l'on fait croître.

c) Le bruit est proportionnel à la densité totale d'états d'interface (par unité de surface). Les dispositifs fabriqués spécialement dans le but d'obtenir une très faible densité d'états d'interface présentent un bruit $1/f$ d'amplitude comparable à celle des transistors FET à jonction [28].

La comparaison théorie-expérience est beaucoup plus délicate en ce qui concerne les variations du bruit en fonction de la polarisation du dispositif. Nous avons vu au paragraphe 4.6 que cette variation dépendait de la position énergétique des pièges. Il faut cependant observer une grande prudence dans les conclusions sur les répartitions spatiale et énergétique des états d'interface déduites des variations de la densité spectrale du bruit en fonction de la polarisation. Tout d'abord, les variations du bruit en fonction de la polarisation sont faibles dans presque tous les cas. Ensuite, les modèles présentés reposent sur des hypothèses qui ne sont pas toujours bien vérifiées dans toutes les conditions de polarisation (en saturation, notamment les modèles sont incomplets). Enfin, il est probable que la répartition spatiale et énergétique des états d'interface soit une fonction beaucoup plus complexe que les distributions envisagées dans les modèles. M. B. Das et J. M. Moore dans une étude récente [29] ont essayé d'analyser les résultats expérimentaux, obtenus sur des MOST du commerce, à partir de différentes théories publiées [10, 11, 25, 13, 14, 28]. Ils en concluent objectivement qu'il n'est pas possible de trancher en faveur d'une théorie à partir des variations de la densité spectrale de bruit en fonction de la tension grille appliquée. Les déductions de la distribution des états d'interface à l'origine du bruit qui peuvent être faites à partir des mesures de bruit dépendent en fait étroitement des hypothèses sur lesquelles repose la théorie qui permet de calculer les densités d'états.

Il paraît nécessaire d'utiliser les résultats expérimentaux obtenus par des méthodes de mesures indépendantes afin de valider un mécanisme précis de bruit. Fu et Sah [14] ont comparé les résultats des mesures de bruit avec les mesures $C(V)$ basse fréquence obtenues sur les mêmes dispositifs; ils obtiennent une bonne concordance entre le bruit mesuré et le bruit calculé en utilisant la distribution énergétique de pièges obtenue à l'aide des mesures $C(V)$.

De même, les variations du bruit obtenues en régime de saturation en fonction de la tension grille ne peuvent être interprétées très facilement. Il est possible que des sources de bruit, telles que celles liées à la présence de porteurs chauds ou à la multiplication de porteurs, non prises en considération dans les théories existantes, modifient le comportement du dispositif en fonction de la polarisation. Il existe, en outre, une source de bruit ayant pour origine la génération-recombinaison dans la zone de charge d'espace. Cette source de bruit, évoquée au chapitre 2, a été étudiée d'une manière plus complète par Wu [30] et par Yau et Sah [31]; les transistors MOS du commerce présentent en général un bruit de génération-recombinaison négligeable devant le bruit $1/f$ ayant pour origine la surface.

Les mesures de bruit du MOST en fonction de la température montrent que ce paramètre n'a que peu d'influence sur le bruit $1/f$. Deux facteurs interviennent principalement : d'une part, la position du niveau de Fermi par rapport aux pièges change avec la température; d'autre part, ainsi que nous l'avons vu au § 4.5.3, le nombre des pièges les plus effectifs pour le bruit est proportionnel à la température,

en première approximation. Il ne paraît pas facile d'obtenir des informations précises sur la distribution énergétique des pièges à partir de la variation du bruit $1/f$ du MOST en fonction de la température.

Actuellement le bruit basse fréquence dans le transistor MOS suscite toujours un grand intérêt pour les physiciens. Si aucune nouvelle théorie n'est venue infirmer les précédentes, de nombreuses publications de résultats expérimentaux viennent apporter confirmation de points précis des théories existantes.

D'autre part, de nouvelles structures basées sur le principe de fonctionnement du MOST font actuellement l'objet d'étude du bruit électrique. Nakamura *et al* [32] étudient le bruit dans des transistors MOS ayant subi une implantation ionique au niveau de la grille dans le but de contrôler la tension de seuil. J. E. Carnes *et al* [33, 34] étudient les sources de bruit dans les dispositifs à transfert de charge. Enfin, les transistors MOS réalisés sur substrat isolant qui ont pris une part importante du marché des circuits intégrés possèdent des caractéristiques de bruit particulières [35, 36, 37]; celui-ci peut en effet être fortement influencé par la présence des nombreux états d'interface entre la fine couche de silicium et le substrat d'alumine isolant.

L'étude du bruit électrique du MOST qui s'est montrée indispensable pour la réalisation de dispositifs faible bruit est devenue de plus un outil de recherche des mécanismes physiques mis en jeu, outil sans doute délicat à manier, mais d'une grande puissance. Son utilité n'est plus à démontrer et son utilisation n'est certainement pas à son apogée.

Bibliographie

- [1] JORDAN A. G. and JORDAN N. A. — Theory of noise in Metal Oxide Semiconductor Devices, *IEEE Transactions on Electron Devices*, 1965, ED 12, 148-156.
- [2] KLAASSEN F. M. and PRINS J. — Thermal noise in MOS transistors, *Philips Research Report*, 1967, 22, 505.
- [3] MANSOUR I. R. M., HAWKINS R. J. and BLOODWORTH G. G. — Measurement of Current noise in MOS transistors from $5 \cdot 10^{-5}$ to 1 Hz, *The radio and Electronic Engineer*, 1968, 35, 212-216.
- [4] BOZIC S. M. — Noise in the Metal Oxide Semiconductor transistor, *Electronic Engineering*, 1966, 38, 40-41.
- [5] FLINN I., BEW G. and BERZ F. — Low frequency noise in MOST field effect transistor, *Solid State Electronics*, 1967, 10, 833-845.
- [6] CHRISTENSSON S. and LUNDSTRÖM I. — Low frequency noise in MOS transistors. — II. Experiments, *Solid State Electronics*, 1968, 11, 813-820.
- [7] BESS L. — Study of $1/f$ noise in semiconductor filaments, *Physical Review*, 1955, 103, 72-82.
- [8] BELL D. A. — Semiconductor noise as a queuing phenomenon, *Proceeding of the Physical Society*, 1963, 82, 117-120.
- [9] NICOLLIAN E. H. and MELCHIOR H. — A quantitative theory of $1/f$ type noise due to interface states in thermally oxidized silicon, *The Bell system Technical Journal*, 1967, 46, 2019-2033.
- [10] LEVANTHAL E. A. — Derivation of $1/f$ noise in Silicon inversion layers from carrier motion in a surface band, *Solid State Electronics*, 1968, 11, 621-627.
- [11] CHRISTENSSON S., LUNDSTRÖM I. and SVENSSON C. — Low frequency noise in MOS transistors. — I. Theory, *Solid State Electronics*, 1968, 11, 797-812.
- [12] MANSOUR I. R. M., HAWKINS R. J. and BLOODWORTH G. G. — Physical model for the current noise spectrum of MOSTS, *British journal of applied physics* (J. Phys. D), 1969, 2, 1063-1082.
- [13] BERZ F. — Theory of low frequency noise in si MOST'S, *Solid State Electronics*, 1970, 13, 631-647.
- [14] FU H. S. and SAH C. T. — Theory and experiments on surface $1/f$ noise, *IEEE Transactions on Electron devices*, 1972, ED 19, 273-284.
- [15] LINDNER R. — Semiconductor surface varactor, *The Bell System Technical Journal*, 1962, 41, 803.
- [16] GROVE A. S., SNOW E. H., DEAL B. E. and SAH C. T. — Simple physical model for the space charge capacitance of metal oxide semiconductor structures, *Journal of applied physics*, 1964, 35, 2458-2460.
- [17] LEHOVEC K. and SLOBODSKOY A. — Impedance of Semiconductor-Insulator-Metal capacitors, *Solid State Electronics*, 1964, 7, 59-79.
- [18] HOFSTEIN S. R. and WARFIELD G. — Physical limitations on the frequency response of a semiconductor surface inversion layer, *Solid State Electronics*, 1965, 8, 321-341.

- [19] SZE S. M. — Physics of Semiconductor devices. Wiley Interscience, New York, London, Sydney, Toronto, 1969.
- [20] GROVE A. S. — Physique et Technologie des dispositifs à semiconducteurs, Dunod, Paris, 1971.
- [21] MANY A., GOLDSTEIN Y. and GROVER N. B. — Semiconductor surfaces, North Holland publishing company, Amsterdam, London, 1971.
- [22] SAH C. T., NOYCE R. N. and SCHOCKLEY W. — Carrier generation and recombination in P — N junctions and P — N junctions characteristics. *Proceedings of the IRE*, 1957, 1228-1243.
- [23] CHOYET A. and VIKTOROVITCH P. — Le bruit électrique. *Onde Électrique*, 1977, 57, 773-783.
- [24] BURGESS R. E. — Fluctuation phenomena in solids, Academic Press, New York, London, 1965.
- [25] HSU S. T. — Surface state related $1/f$ noise in MOS transistors. *Solid State Electronics*, 1970, 13, 1451-1459.
- [26] HASLETT and TROFIMENKOFF. — Effects of the substrate on surface state noise in silicon MOSFET'S. *Solid State Electronics*, 1972, 15, 117-131.
- [27] RONEN R. S. — Low frequency $1/f$ noise in MOSFET'S. *RCA Review*, 1973, 34, 280-307.
- [28] KLAASSEN F. M. — Characterization of low $1/f$ noise in MOS Transistors. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 1971, ED 18, 887-891.
- [29] DAS M. B. and MOORE J. M. — Measurements and Interpretation of low frequency Noise in FET'S. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 1974, ED 21, 247-257.
- [30] WU S. Y. — Theory of the generation-recombination noise in MOS transistors. *Solid State Electronics*, 1968, 11, 25-32.
- [31] YAU L. D. and SAH C. T. — Theory and experiments of low frequency Generation-Recombination Noise in MOS transistors. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 1969, ED 16, 170-177.
- [32] NAKAMURA K., KUDOH O. and KAMOSHIDA M. — Noise characteristics of ion-implanted MOS Transistors. *Journal of Applied Physics*, 1975, 46, 3189-3193.
- [33] CARNES J. E. and KOSONOCKY W. F. — Noise sources in Charge-Coupled Devices. *RCA Review*, 1972, 327-342.
- [34] CARNES J. E., KOSONOCKY W. F. and LEVINE P. A. — Measurements of Noise in Charge-Coupled Devices. *RCA Review*, 1973, 553-565.
- [35] HSU S. T. — Trapping Noise in SOSMOST'S. 4^e Intern. Conf. on Physical aspects of noise in Solide. *States Devices*, Noordwijkerhout, 1975.
- [36] FICHER, HOCHMAIR and KRANZER. — Noise Measurements on SOSMOS transistors. *ESSDERC*, 1976.
- [37] GENTIL P. and CHAUSSE S. — Low Frequency Noise Measurements on Silicon-On-Sapphire (SOS) MOS Transistors. *Solid State Electronics*, 1977, 20, 935-940.

Recherche et enseignement à l'Institut d'électronique fondamentale d'Orsay ⁽¹⁾

ENSEIGNEMENT

L'onde électrique

1978, vol. 58, n° 10

pp. 653-657

par M. SAUZADE

Directeur de Recherche au CNRS.
Institut d'Électronique Fondamentale
d'Orsay, Laboratoire associé au CNRS
n° 22 dirigé par le Pr. GRIVET.

Université Paris Sud, Bâtiment 220, 91405
Orsay (Tél. : 941.67.50).

RÉSUMÉ

Les diverses activités de recherches à l'Institut d'Électronique Fondamentale d'Orsay sont décrites. Elles sont orientées suivant différents axes que l'on peut regrouper sous les rubriques suivantes :

- Spectroscopie des radiofréquences.
- Étude et utilisation des phénomènes à très basses températures.
- Composants et systèmes électroniques.
- Sources d'ions.
- Électronique des Gaz Ionisés.

Les différents enseignements d'Électronique qui sont assurés sont brièvement passés en revue.

SUMMARY

Research works at the « Institut d'Électronique Fondamentale » in Orsay

Research works at the « Institut d'Électronique Fondamentale » in Orsay are described. They are led in various ways like :

- Radiofrequency spectroscopy.
- Research at Low Temperatures.
- Electronic devices and systems.
- Ions sources.
- Electronic in ionised gases.

The various courses in Electronics are shortly described.

L'Institut d'Électronique Fondamentale (I.E.F.) est un Laboratoire associé au C.N.R.S., il comprend environ 100 chercheurs :

- dont 35 appartenant au C.N.R.S. (11 A, 20 B et 4 Ingénieurs),
- et 50 à l'Enseignement Supérieur (6 A et 44 B).

Les autres sont des boursiers étrangers, des étudiants de 3^e cycle ou des boursiers Docteurs Ingénieurs. Le personnel technique et administratif comprend 35 agents du C.N.R.S. et 25 de l'Enseignement Supérieur.

Les activités de recherche sont diverses et couvrent un large domaine tant dans la physique fondamentale qu'appliquée. A la demande du C.N.R.S. un effort important est fait ces dernières années pour transférer un certain nombre de moyens vers les « Sciences Physiques pour l'Ingénieur » et en particulier vers l'Instrumentation et la Métrologie.

Les axes de recherches peuvent se regrouper sous les rubriques suivantes, qui sont un peu arbitraires dans la mesure où il y a une forte interaction entre les différents groupes :

- Spectroscopie des radiofréquences.
- Très basses températures, étude et utilisation des phénomènes à très basses températures.
- Électronique.
- Source d'ions.
- Électronique des gaz ionisés.

A. LA SPECTROSCOPIE DES RADIOFRÉQUENCES

La spectroscopie des radiofréquences qui s'étend de quelques kilohertz à quelques gigahertz intéresse l'électroni-

que dans la mesure où elle met en œuvre des ensembles électroniques et informatiques complexes qui permettent d'exciter le système étudié et de traiter la réponse du système pour obtenir l'information utile, sous la forme convenable, avec un bon rapport signal sur bruit.

On étudie par exemple par RMN à très basse température les propriétés de monocristaux isolants magnétiques où les porteurs de moments en très faible interaction mutuelle sont groupés en files ou en plan. La RMN permet des mesures très précises des champs magnétiques à des sites très localisés du réseau cristallin et permet de suivre la transition magnétique. Associée à d'autres types de mesures (aimantation macroscopique, diffraction de neutrons) elle a conduit à des progrès notables dans la connaissance des systèmes magnétiques uni et bi-dimensionnels.

A l'occasion de ces études un spectromètre travaillant en impulsions avec des puissances crêtes de 10 kW dans une bande de fréquences allant de 10 MHz à 1,5 GHz a été réalisé. L'équipement de mesure comprend en outre, pour déterminer avec exactitude les températures de transitions, un dispositif qui permet de stabiliser la température de bains cryogéniques à mieux que 10^{-4} K près.

D'autres travaux s'effectuent en RMN haute résolution en champ magnétique intense sur des liquides et permettent de préciser la structure de molécules en identifiant les résonances des noyaux tels que ^1H , ^{13}C , ^{19}F . Ces recherches sont menées en collaboration avec des chimistes et des biologistes sur des spectromètres construits à l'IEF.

La réalisation de ces appareils nécessite l'étude de bobinages supraconducteurs à très grande homogénéité (10^{-10}) et à très grande stabilité dans le temps (10^{-10}) qui produisent des champs supérieurs à 100 KG. Des programmes de calcul de

(1) Article reçu le 18 octobre 1977 et accepté le 24 novembre 1977.

ces champs ont été mis au point, ainsi que des méthodes d'homogénéisation par l'emploi de bobinages de correction appropriés.

La partie électronique des spectromètres est particulièrement complexe car les signaux de résonance sont de très faible intensité et des techniques d'accumulation pour améliorer le rapport signal sur bruit doivent être utilisées.

Du point de vue « électrique » les signaux de résonance apparaissent comme la réponse d'un ensemble de circuits résonnants à très forte surtension ($Q = 10^{10}$) dont les résonances sont situées dans une bande de fréquence de largeur égale à quelques 10^{-5} fois la fréquence centrale du spectre (par exemple pour la résonance des protons 2 500 Hz à 250 MHz). Pour obtenir le maximum d'informations dans un temps donné, l'excitation du système de spins est effectuée grâce à un balayage de fréquence rapide, à une impulsion radiofréquence, ou à un signal de bruit. Le choix de la méthode dépend des caractéristiques du spectre à étudier, la réponse du système n'est pas exploitable directement car seule la réponse en fréquence est interprétable, il faut donc opérer une série de transformations telles que transformée de Fourier, corrélation et filtrage numérique, après accumulation des signaux pendant un temps suffisant pour obtenir un rapport signal sur bruit convenable.

Le traitement du signal est effectué par un miniordinateur en ligne mais pour améliorer les performances du système des unités spécialisées ont été ou sont en cours de mise au point. Elles comprennent par exemple un générateur d'impulsions multiples dont les durées et les intervalles sont commandables par logiciel, un générateur de signaux périodiques dont on choisit *a priori* les composantes spectrales, un processeur de transformée de Fourier rapide calculant 8 192 points complexes en 0,15 s, un contrôleur de gestion, etc. Un couplage important avec la Société CAMECA réalisé sous l'égide de la DGRST a permis de mettre au point des spectromètres à 250 et 350 MHz actuellement commercialisés.

D'autres recherches s'effectuent au moyen de la résonance quadripolaire (R.Q.N.), qui met en jeu l'interaction existant entre le moment quadripolaire électrique du noyau résonnant et le gradient de champ électrique produit par les charges entourant ce noyau.

La détermination directe des couplages quadripolaires par R.Q.N se fait par la recherche et la détermination de la fréquence de raies de résonance dans une gamme de fréquence plus ou moins étendue suivant les cas et comprise, selon le noyau étudié, entre quelques dizaines de kilohertz et quelques centaines de mégahertz. La connaissance du couplage quadripolaire d'un noyau dans un composé donné constitue un élément expérimental pour l'étude de l'environnement électronique du noyau : électrons de liaison dans un composé moléculaire ou un ion complexe, champ cristallin dans un composé ionique. L'étude de l'influence de la température sur le couplage quadripolaire et sur le temps de relaxation fournit des renseignements sur la dynamique moléculaire, les énergies d'activation, la présence de transitions de phase, leur nature, etc. Les études de R.Q.N intéressent le chimiste théoricien, le physico-chimiste et le physicien du solide.

Plusieurs appareils de R.Q.N. ont été réalisés au labora-

toire, ils permettent de mesurer la susceptibilité magnétique en fonction de la fréquence avec une très bonne sensibilité. Les gammes de fréquences explorées permettent la recherche de raie de résonance de l'azote, du chlore et du brome et ces mesures peuvent être effectuées entre 4,2 et 330 K.

B. L'OBTENTION DE TRÈS BASSES TEMPÉRATURES

L'étude et l'utilisation des phénomènes à très basses températures sont l'occasion de développer des dispositifs électroniques particulièrement performants.

Des recherches entreprises depuis de nombreuses années en collaboration avec le C.E.A. ont conduit à la réalisation d'un réfrigérateur à dissolution de l' ^3He dans l' ^4He particulièrement souple qui permet de maintenir une température de 20 millidegré K d'une manière permanente. Grâce à ce réfrigérateur, à l'aide d'une désaimantation adiabatique du cuivre on a pu obtenir une température de 0,45 millidegré K pendant quelques heures. De telles performances ne peuvent être obtenues qu'en réduisant au minimum les pertes thermiques et en mettant au point des mesures de températures particulièrement soignées. Un appareillage qui permet de déterminer des températures de l'ordre de 1 mK avec une précision de 5 % en mesurant la susceptibilité nucléaire du cuivre par des techniques de RMN en impulsions a été développé.

Des études sur les phases superfluides de l'hélium-3 qui apparaissent au-dessous de 2 mK en présence de champs magnétiques extérieurs sont actuellement entreprises avec cet appareil.

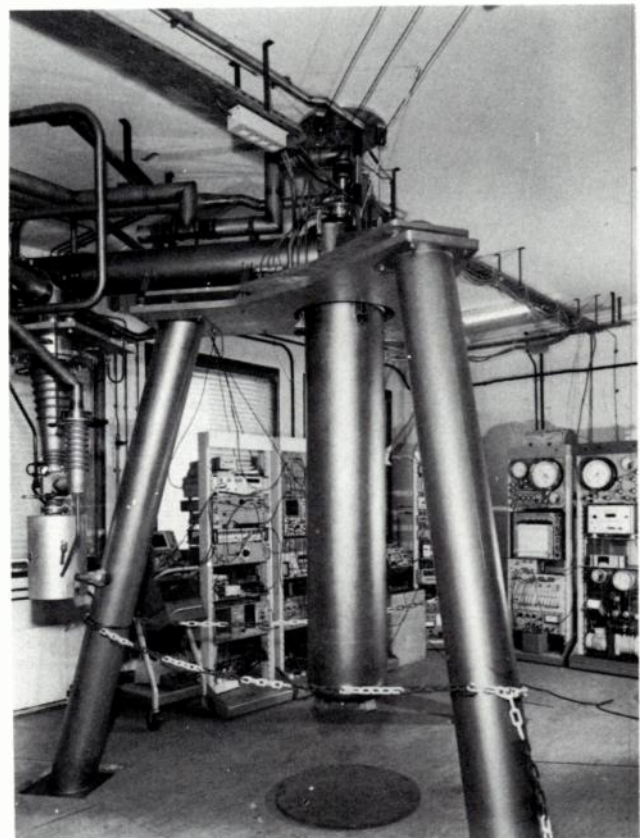


Fig. 1. — L'ensemble du réfrigérateur et du système de contrôle et de mesure qui a permis d'atteindre la température de 0,45 millidegré Kelvin. Au premier plan le cryostat qui contient le réfrigérateur.

Des travaux sur les matériaux supraconducteurs sont en cours et une méthode originale de fabrication de couches minces supraconductrices par pulvérisation ionique a été mise au point, les recherches portent sur des matériaux capables de supporter des champs magnétiques intenses et des densités de courant élevées à des températures supérieures à 20 °K.

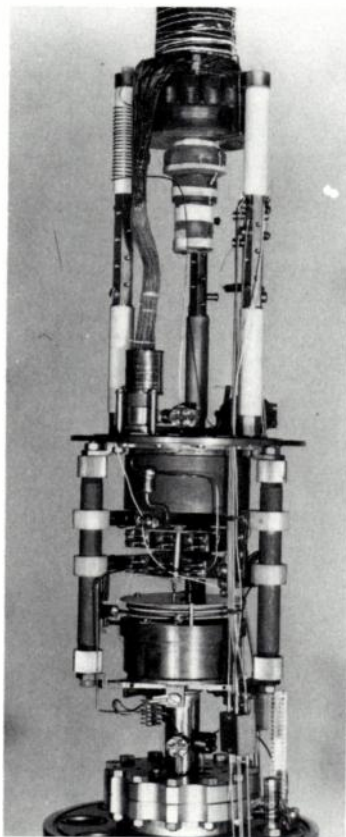


Fig. 2. — Le cœur du réfrigérateur à dissolution (en haut de la figure) et le système de désaimantation adiabatique (en bas de la figure).

Les applications de la supraconductivité sont étudiées pour la fabrication de champs magnétiques intenses nécessaires pour la spectroscopie RMN en haute résolution et pour la création de cavités résonnantes à forte tension.

Les champs magnétiques utilisés pour la spectroscopie RMN en haute résolution doivent être très homogènes et très stables dans le temps. Des bobines supraconductrices de géométrie particulière ont été réalisées pour obtenir une homogénéité de l'ordre de 10^{-7} dans plusieurs cm^3 et par l'adjonction de bobines de correction cette homogénéité peut être portée à 10^{-10} dans un volume de $0,1 \text{ cm}^3$ pour un champ de 60 KG. Ces bobines peuvent fonctionner en régime de court-circuit, c'est-à-dire sans apport d'énergie extérieure pendant plusieurs années avec des stabilités de l'ordre de 100 μG . Pour obtenir ce résultat, des techniques de soudures entre conducteurs supraconducteurs ont dû être développées.

Les cavités résonnantes supraconductrices permettent d'obtenir des coefficients de surtension de l'ordre de 10^9 en ondes centimétriques. Utilisées pour stabiliser des oscillateurs soit par couplage direct, soit en servant de référence dans un montage de Pound, elles permettent d'obtenir des stabilités supérieures à 10^{-12} à court terme ce qui conduit à des raies d'émission très étroites de rapport signal sur bruit élevé. Un oscillateur de ce type est en cours de construction

pour constituer le premier élément d'une chaîne métrologique de mesures des fréquences laser.

Une autre application importante des cavités supraconductrices peut être envisagée dans les accélérateurs ou les séparateurs de particules travaillant en régime continu. La limitation actuelle est due à l'apparition de claquages d'origine mal connue qui limitent la valeur du champ électrique maxima à quelques dizaines de MV/m. Des études sont en cours pour déterminer leurs origines.

L'effet Josephson qui se produit entre les matériaux supraconducteurs fait l'objet de recherches importantes tant fondamentales qu'appliquées en vue de son emploi en électronique et en métrologie.

On peut utiliser différents aspects de cet effet tels que caractéristique I, V très fortement non linéaire, oscillations spontanées à la pulsation ω lorsque l'on applique une tension $V = \frac{h}{e} \omega$, ou la mettre en œuvre simultanément avec

d'autres phénomènes comme la quantification du flux dans un anneau supraconducteur (SQUID) pour réaliser des dispositifs particulièrement sensibles tels que détecteurs, mélangeurs, oscillateurs-mélangeurs, fluxmètres, etc.

Les problèmes à résoudre concernent la réalisation de dispositifs fiables et de caractéristiques reproductibles, le couplage avec l'onde électromagnétique s'il y a lieu, et la détermination de leurs limites en fréquence et en bruit.

De nombreuses études ont été menées à bien sur ces différents aspects et les recherches portent actuellement sur :

- l'origine physique et l'analyse du bruit interne dans les microponts supraconducteurs et les SQUID,
- l'étude du couplage d'un dispositif Josephson dans l'infrarouge lointain, ou d'un SQUID en bande X,
- les limitations physiques des dispositifs Josephson en très hautes fréquences.

Les applications étudiées en très hautes fréquences concernent la réalisation d'un récepteur sensible dans l'infrarouge lointain (500 à 1 000 GHz) utilisant un oscillateur-mélangeur Josephson, et celle d'un mélangeur harmonique de rang très élevé (facteur multiplicatif 450) pour la métrologie des fréquences laser dans l'infrarouge lointain.

Les SQUID ont permis de réaliser des fluxmètres très sensibles qui détectent des flux de $10^{-11} \text{ G} \cdot \text{cm}^2$. Couplés à des transformateurs de flux convenablement dimensionnés ils peuvent mettre en évidence des variations de champ de 10^{-10} Gauss pour une bande passante de 1 Hz. Un magnétomètre de ce type a permis par exemple, avec l'aide d'un capteur approprié, de mesurer dans le laboratoire le champ magnétique produit par le cœur humain sans aucun blindage magnétique. (Le champ cardiaque a une amplitude maximum de 10^{-7} Gauss au niveau de la poitrine.)

Les fluxmètres peuvent être utilisés pour mesurer toute grandeur que l'on relie facilement à une variation du flux magnétique : susceptibilité magnétique, courants, tensions, etc. Ils sont développés en petite série par le L.E.T.I. à Grenoble.

Dans le cas de la mesure d'une tension, la température équivalente de bruit du système est inférieure à 1 μK pour une bande passante de quelques dixièmes de Hertz aux

bornes d'une résistance de 1/100 d'ohm. Il est donc possible de mesurer avec une bonne précision le bruit de cette résistance et d'en déduire sa température en appliquant la loi de Nyquist. Un thermomètre fonctionnant dans la gamme 1 mK-10 K utilisant un tel système est en cours de réalisation.

Les phénomènes physiques mis en jeu dans les SQUID ne disparaissent que vers des fréquences de l'ordre de 1 000 GHz, il est donc possible de mesurer les grandeurs précédentes jusqu'à des fréquences très élevées. Un fluxmètre permettant des mesures jusqu'à environ 1 GHz est en cours d'étude, il permettra par exemple de calibrer des atténuateurs radiofréquence avec une précision de l'ordre de 10^{-6} .

C. L'ÉLECTRONIQUE

L'électronique classique est un vaste domaine qui s'étend des matériaux utilisables pour réaliser des dispositifs jusqu'aux systèmes électroniques complexes. Les axes de recherches de l'I.E.F. ne le couvrent bien sûr que partiellement.

Des travaux sont en cours pour réaliser des couches épitaxiées de matériaux semiconducteurs de différentes natures et en particulier des composés III-V et II-VI à l'aide de la pulvérisation ionique. Cette méthode, mise au point au laboratoire, semble particulièrement prometteuse car elle permet de modifier à volonté la composition des matériaux déposés tout en contrôlant en permanence la qualité cristallographique de la couche. Par ailleurs l'épitaxie est réalisée à une température plus basse que dans les systèmes classiques, ce qui évite la diffusion des atomes dopants. Des homoépitaxies de silicium ont été obtenues avec des températures de substrats de 720 °C à une vitesse de croissance de 60 Å par minute et des hétéroépitaxies de l'arséniure de gallium sur germanium ont été réalisées avec des températures de substrats de 550 °C et une vitesse de croissance de 100 Å par minute.

Les études sur les dispositifs électroniques sont peu développées toutefois, un certain nombre de travaux s'effectuent en collaboration avec l'industrie ou des organismes publics. En particulier des méthodes de simulation de dispositifs sur ordinateur ont été mises au point. Elles permettent de mieux connaître le fonctionnement réel des dispositifs en prenant en compte les phénomènes secondaires qui sont normalement négligés dans une première approche. Ces méthodes sont actuellement appliquées à la simulation de dispositifs logiques ultra-rapides et par exemple un film sur la propagation des domaines de Gunn construit en collaboration avec la Thomson-CSF, à partir d'une simulation dynamique bidimensionnelle a été présenté au dernier salon des composants.

Des portes logiques ultra-rapides ont été réalisées à partir des structures semiconductrices éclairées par un faisceau laser. La porte est ouverte par un faisceau direct issu du laser et fermée par un faisceau issu du même Laser mais retardé optiquement. Les temps d'ouverture obtenus sont de l'ordre de quelques picosecondes.

Des générateurs de rayonnement cohérent dans le domaine millimétrique et infrarouge, continuent réglables entre 1 mm et 50 μ ont été mis au point en utilisant le battement de

deux lasers à colorants pompés par le même laser à rubis. La puissance délivrée est de l'ordre du milliwatt pour une durée d'impulsion de 20 ns. Le mécanisme qui sert à créer ce rayonnement met en jeu des ondes de polarisation excitées dans le milieu non linéaire (polaritons). Ces ondes ont été étudiées en détail dans le quartz.

Les systèmes électroniques complexes font l'objet d'études assez importantes en particulier pour l'instrumentation. De nombreuses manipulations mettent en jeu des miniordinateurs dont le couplage « électronique » avec l'ensemble de l'instrumentation est étudié au laboratoire. Pour certains types d'expériences des sous-ensembles éventuellement pilotés par microprocesseurs ont été réalisés ou sont en cours de réalisation. Ils permettent de construire des chaînes de mesures et de traitement du signal entièrement décentralisées, facilement modifiables sans intervention sur le logiciel.

Toutes ces études mettent en jeu des programmes informatiques plus particulièrement spécialisés pour le traitement et la synthèse de signaux et dans ce domaine une collaboration étroite s'est établie entre l'IRCAM et l'I.E.F. pour l'analyse et la synthèse des sons musicaux par ordinateurs.

D. LES SOURCES D'IONS

Les sources d'ions ont d'importantes applications en physique nucléaire, en physique des plasmas, pour l'implantation d'ions dans les matériaux et notamment les semiconducteurs, dans le traitement des surfaces, etc. Pour mieux comprendre le fonctionnement de ces sources, des études sur les mécanismes de formation des ions ont été entreprises sur les sources du type « Duoplasmatron » qui sont particulièrement intéressantes pour la création d'ions positifs ou négatifs, mono ou multichargés. Un certain nombre de sources ont été fournies à des laboratoires extérieurs.

Plus récemment une méthode d'élaboration des couches minces à partir de la pulvérisation ionique a été mise au point. Elle est très riche de possibilités car elle permet dans un vide propre de déposer des couches de matériaux de compositions très variées que l'on peut caractériser au fur et à mesure de leur formation.

Cette méthode consiste, au contraire de la pulvérisation cathodique classique, à séparer l'enceinte dans laquelle les ions sont produits de celle dans laquelle le dépôt est effectué.

Les ions d'un duoplasmatron, sont transportés dans l'enceinte de dépôt et focalisés à l'aide d'un système de lentilles électrostatiques. Ils pénètrent dans l'enceinte de dépôt par un orifice de 2 mm et viennent bombarder une cible composée du matériau à pulvériser. Les atomes issus de cette cible se déposent sur un substrat convenablement placé dans l'enceinte pour former la couche mince. Si la cible est formée de plusieurs matériaux juxtaposés, un déplacement électrostatique du faisceau d'ions permet d'ajuster la composition de la couche.

L'orifice d'entrée des ions étant de petites dimensions, il est possible d'y maintenir un très bon vide inférieur à 10^{-7} torr et de placer à l'intérieur de cette enceinte un certain nombre de dispositifs d'analyse qui permettent de contrôler la qualité de la couche en cours de formation

(spectromètre Auger, Rheed, etc.), et éventuellement de réagir sur les paramètres qui modifient les conditions de dépôts.

E. L'ÉLECTRONIQUE DANS LES GAZ IONISÉS

L'électronique dans les gaz ionisés couvre l'étude de la physique atomique, électronique et moléculaire des plasmas, c'est une discipline en plein essor car elle a de très importantes applications : lasers de grande puissance, séparation isotopique par laser créations et diagnostics des plasmas thermonucléaires, possibilité de réalisation de sources cohérentes dans l'UV très lointain ou X mou.

A ce titre l'I.E.F. participe très activement au Groupe de Recherches Coordonnées « interaction Laser-Matière » autour d'équipements lourds implantés à l'École Polytechnique. Parallèlement des recherches plus fondamentales sont menées à bien sur les plasmas cryogéniques et en particulier sur les phénomènes de transport en milieu ionisé entre 10 et 200 K, les phénomènes de recombinaison électron-ion, les mécanismes de relaxation de l'énergie entre états excités électroniques et rotationnels. Des équipements électroniques de mesure particulièrement performants ont été mis au point pour effectuer ces études et en particulier un système de spectroscopie transitoire par laser maintenant réalisé industriellement par la Société SOPRA.

ENSEIGNEMENT

Les activités d'enseignement de l'I.E.F. s'exercent au niveau du 2^e et du 3^e Cycle. Dans le 2^e cycle il y a en charge l'enseignement de l'électronique dans la Maîtrise Électronique, Électrotechnique et Automatique (100 étudiants) et dans la Maîtrise de Physique (120 étudiants).

Dans le 3^e cycle il prend une part importante dans l'enseignement qui s'effectue en collaboration avec l'Université de Paris XIII et l'Institut des Techniques et Sciences Nucléaires de Saclay.

L'enseignement du Diplôme Approfondi d'Électronique comprend deux options « Matériaux et Structures électroniques », orienté vers la physique des composants et la conception des circuits électroniques et « Traitement de l'Information Instrumentation et Mesure » orienté vers la conception et la programmation des systèmes informatiques et les techniques expérimentales. Ce D.E.A. est suivi par 70 étudiants.

A ce niveau l'I.E.F. a aussi en charge un enseignement de Génie Industriel plus orienté vers les applications (circuits électroniques, informatique, servomécanisme et électrotechnique) qui offre une voie parallèle de formation, il est suivi par une dizaine d'étudiants.

Théorie d'une méthode d'investigation par ultrasons des milieux stratifiés : l'impédographie acoustique ⁽¹⁾

BIOMÉDICAL

L'onde électrique
1978, vol. 58, n° 10
pp. 658-663



par J.-P. LEFEBVRE (2)

Ingénieur E.N.S.P., Docteur de 3^e cycle en Acoustique, Diplômé d'Études et Recherches en Biologie Humaine.
Attaché de recherche au C.N.R.S., Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique.

Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique
31, chemin Joseph Aiguier, 13274 Marseille
le cedex 2.

RÉSUMÉ

L'échographie ultrasonore subit actuellement une double évolution : d'une part dans le sens d'une amélioration de l'imagerie sur la base des chaînes électroacoustiques existantes; d'autre part, dans le sens d'une meilleure conceptualisation des méthodes qui devrait conduire à de véritables techniques de mesure normalisées. C'est ce second aspect que nous avons retenu.

On montre que l'utilisation de signaux large bande permet de faire passer l'échographie du stade qualitatif au stade quantitatif : c'est l'impédographie imaginée par Jones.

Ce dernier base sa méthode sur la résolution du problème direct (calcul du champ acoustique pour un milieu stratifié discontinu qu'il homogénéise après calculs), ce qui le conduit à une formule approchée qu'il inverse ensuite. Cette inversion devient délicate dès qu'il faut prendre en compte les échos multiples, et la méthode est donc limitée aux milieux très peu perturbés.

Nous contournerons la difficulté en résolvant directement le problème inverse que constitue la métrologie.

Nous sommes pour cela amenés à reformuler complètement l'impédographie : après une modélisation assez réaliste du milieu, nous transformons l'équation de propagation obtenue en équation de Schroedinger, ce qui nous permet d'utiliser les algorithmes du problème inverse de la diffraction en mécanique quantique.

Ces derniers donnent, dès la première itération, la formule de Jones, des itérations d'ordre plus élevé prenant automatiquement en compte les échos multiples.

Nous disposons ainsi d'une technique générale, valable pour tous les milieux stratifiés, qui peut donc prolonger, non seulement l'échographie médicale, mais aussi d'autres techniques, telles le contrôle non destructif et le sondage sismique.

SUMMARY

Theory of an ultrasonic investigation method of stratified media : acoustic impediography

The use of broadband signals in ultrasonic echography leads to a new step of this investigation method : the quantitative one, or ultrasonic impediography. We generalize here the original Jones' technique which is only valid for softly varying media, by a full reformulation of the theory. Transforming the equation governing acoustic propagation in inhomogeneous media into a Schroedinger one, we can solve this inverse scattering problem of quantum mechanic by using the Gelfand-Levitan or the Jost-Kohn procedure. So, we recover the acoustic impedance profile from the impulse response of the medium. We show that the first iterate gives the same theoretical formula as the one already used by Jones, while higher order iterates will automatically take in account multiple reflections, insuring the validity of the method for all general cases.

1. INTRODUCTION (passage de l'échographie classique à l'échographie large bande normalisée).

Pour la clarté de l'exposé, nous ne considérerons que l'échographie A, dont la version large bande constituera l'impédographie A; étant bien entendu que l'extension aux modes B et M ne pose qu'un problème d'ordre technologique.

L'échographie classique consiste à émettre des trains d'ondes ultrasonores à fréquence pure. Les divers interfaces du milieu stratifié exploré donnent naissance à des échos qui sont plus ou moins distincts. Un récepteur placé au niveau de l'émetteur capte la rétrodiffusion dont on extrait la

modulation d'amplitude qui est seule visualisée. Le signal ainsi obtenu donne une idée de la structure du milieu exploré.

Deux critiques sont immédiatement formulables : d'une part le fait de travailler à une seule fréquence, d'autre part, celui de n'exploiter que l'amplitude du signal et donc de perdre l'information de phase. Ces deux caractéristiques font de l'échographie une méthode purement qualitative (imagerie) : il est impossible de déduire de manière univoque une caractéristique physique du milieu exploré.

Une amélioration, maintenant couramment proposée par les constructeurs, est la possibilité de travailler à diverses fréquences. Le médecin constate alors une modulation de l'image : diverses structures sont favorisées au détriment d'autres, traduisant un pouvoir de réflexion plus ou moins

(1) Article issu d'une Journée d'Étude de la S.E.E. (Section 27) du 27.05.1977, à Marseille.

(2) Membre S.E.E.

important à la fréquence choisie (G. Kaphan, communication personnelle).

Une évolution actuelle (Linzer [1]) est de remplacer ce balayage manuel par un balayage automatique rapide : c'est la technique de compression d'impulsion qui consiste à travailler en trains d'ondes F.M. et à effectuer l'autocorrélation du signal rétrodiffusé. Cette technique, essentiellement développée pour améliorer le pouvoir de résolution et le rapport signal sur bruit, a pour corollaire de faire apparaître simultanément tous les aspects de l'image, dans la bande d'émission : c'est l'échographie large bande; qui n'exploite toujours que l'amplitude du signal traité.

La suite logique de cette évolution consiste à effectuer non plus l'autocorrélation de la réception, mais l'intercorrrelation réception-émission, ce qui permet, on le sait, d'atteindre la réponse impulsionnelle du milieu, (Stéphanakis K. [2]), grandeur qui ne dépend plus des caractéristiques physiques du milieu. Nous nous trouvons alors en présence d'une technique normalisée d'échographie.

Il ne reste alors plus qu'à interpréter physiquement cette réponse impulsionnelle pour obtenir une technique quantitative d'investigation des milieux stratifiés. Nous allons voir que cette technique est l'impédographie.

2. L'IMPÉDOGRAPHIE DE JONES

Jones [3] a mené une étude très complète, à la fois théorique et expérimentale qui débouche actuellement sur une technique de mesure dont les résultats sont remarquables en ce qui concerne les milieux très faiblement variables.

Sur le plan théorique, Jones a effectué une discrétisation artificielle du milieu stratifié réel (à profil continu ou discontinu) en couches d'égale temps de propagation acoustique (milieu de Goupillaud). Utilisant les formules classiques du dioptrique acoustique, il obtient l'expression des divers ordres de réflexion, qui ne dépend que de l'impédance acoustique des diverses couches.

Procédant alors à une homogénéisation du milieu (passage à la limite, par des couches de plus en plus fines), il obtient des formules, plus ou moins complexes selon le nombre de réflexions multiples prises en compte, donnant la réponse impulsionnelle du milieu en fonction du profil d'impédance.

Il lui suffit enfin d'inverser ces formules pour obtenir le profil d'impédance en fonction de la réponse impulsionnelle : c'est l'impédographie qui consiste donc en un premier temps à trouver la réponse impulsionnelle du milieu, et, en un second temps, à pratiquer l'inversion des formules.

Ces deux étapes posent chacune un problème spécifique :

— La réponse impulsionnelle, obtenue par déconvolution, nécessite l'emploi de signaux ultrasonores très large bande et le problème technologique est particulièrement critique (surtout du côté des basses fréquences). Jones a dû réaliser dans ce but un transducteur spécial dont il donne la réponse impulsionnelle (fig. 1). La déconvolution est effectuée numériquement, ce qui nécessite l'emploi d'un convertisseur analogique digital très rapide et d'un calculateur. Notons que Jones travaille directement en impulsions brèves et non par compression d'impulsion comme le suggérerait notre

introduction (ses premiers travaux étant antérieurs aux améliorations de l'échographie ci-dessus mentionnées).

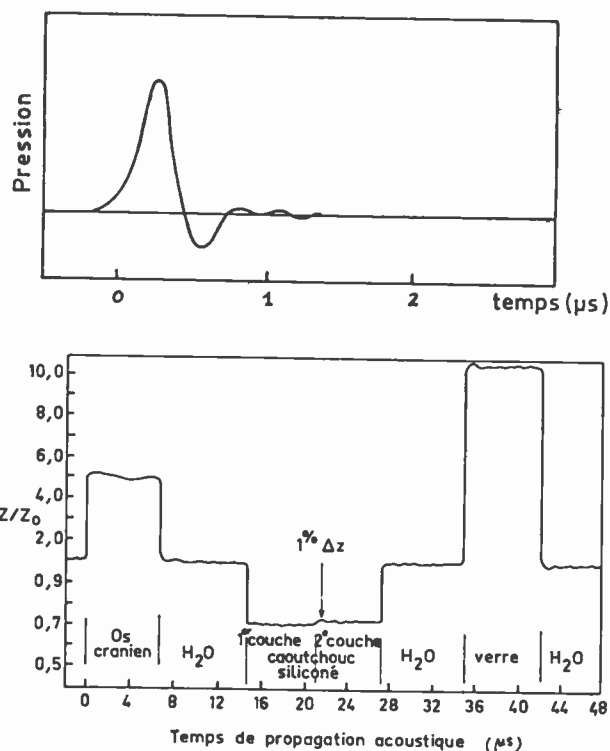


Fig. 1. — Performance du premier itéré de l'algorithme (Jones).

— L'inversion n'est praticable analytiquement que dans le cas où l'on néglige les échos multiples, c'est-à-dire pour les milieux très peu perturbés. Les résultats ainsi obtenus sont néanmoins prometteurs puisqu'ils permettent de mettre en évidence des variations d'impédance de l'ordre de 1 % (fig. 1). La prise en compte des échos multiples rend impossible l'inversion analytique. Cette inversion ne pourrait être pratiquée que numériquement en utilisant un algorithme de contrôle optimal.

Nous choisissons une voie fondamentalement différente.

3. REFORMULATION DE L'IMPÉDOGRAPHIE EN TERME DE PROBLÈME INVERSE.

Nous décidons d'aborder directement le problème inverse que constitue la métrologie, sans passer par la résolution du problème direct comme le fait Jones.

La résolution d'un problème inverse consiste, sur le plan mathématique, à identifier les coefficients (qui sont ici des fonctionnelles) d'une équation aux dérivées partielles (il s'agira pour nous d'une équation de propagation), à partir de mesures expérimentales de la grandeur gérée par l'équation en question (pour nous, le champ acoustique).

La première étape consiste donc à formuler correctement la propagation au moyen d'une équation différentielle.

La deuxième étape consiste à résoudre le problème inverse. Il existe actuellement deux méthodes :

— Celle du contrôle optimal qui consiste, à partir de paramètres arbitraires, à résoudre numériquement l'équation, et minimiser l'écart entre la solution calculée et le champ mesuré. Le problème vient d'être résolu aussi bien

mathématiquement que numériquement pour un cas très voisin de sondage sismique (Bamberger [4]). Cependant, la généralité de la méthode se traduit par un algorithme lourd à convergence très lente (plusieurs milliers d'itérations consistant chaque fois à résoudre l'équation) qui nécessite l'emploi d'un gros ordinateur.

— Celle, très spécifique, du problème inverse de la diffraction en mécanique quantique, basée sur la théorie spectrale des opérateurs, où il s'agit d'obtenir le potentiel d'une équation de Schroedinger à partir de mesures de diffraction. Deux algorithmes, sont à notre connaissance disponibles : celui de Gelfand-Lévitane qui procède à partir de la réponse impulsionnelle (Faddeyev [5]), celui de Jost-Kohn qui procède à partir de la réponse fréquentielle (appelée aussi coefficient de réflexion) (Moses [6]).

Diverses tentatives ont été faites pour étendre ces algorithmes à d'autres domaines : Prosser [7] en électromagnétisme (milieu d'indice variable), Ware-Aki [8] en élasticité (sondage sismique), Razavy [9] en acoustique (également milieu d'indice variable; ce qui n'est pas adapté à l'acoustique, les fluctuations de densité jouant un rôle non négligeable). Nous optons pour la technique des physiciens de la mécanique quantique. Notons que les algorithmes proposés ne peuvent être étendus (et souvent avec difficultés) qu'à des équations différentielles à un seul paramètre fonctionnel, celui justement qu'on veut identifier. Il serait de toute façon illusoire d'espérer remonter à plusieurs paramètres fonctionnels à partir de la mesure d'une seule fonctionnelle (en l'occurrence la réponse impulsionnelle ou fréquentielle).

Notons également que ces algorithmes posent implicitement le problème préalable de la déconvolution, comme dans le cas de Jones.

3.1. Modélisation de la propagation acoustique dans les milieux biologiques.

Nous ne nous préoccupons en fait, que de la gamme ultrasonore qui présente seule un intérêt pratique pour l'échographie (pouvoir de résolution élevé). Il est un fait connu que seules, se propagent, dans les milieux biologiques les ondes longitudinales (P. Peronneau, communication personnelle). Cette constatation, ainsi que la nature essentiellement aqueuse de ces milieux, induisent un modèle de fluide à caractéristiques variables. Dans un premier temps, nous négligeons l'absorption et choisissons un modèle de fluide parfait, donc à paramètres réels [il suffit ensuite d'utiliser empiriquement des paramètres complexes pour rendre compte de manière réaliste de l'absorption (Lefebvre [10])].

Ces milieux étant animés de mouvements très lents vis-à-vis des phénomènes acoustiques, nous les négligeons.

Le problème essentiel est de prendre en compte les variations du milieu, qu'elles soient rapides ou lentes. On montre (Pekeris [11]) que l'équation de Pekeris est adaptée au problème. Elle s'écrit; en utilisant la notion de potentiel scalaire (Jessel [12])

(3.1.1)
$$-\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} + \rho C^2 \operatorname{div} \left(\frac{1}{\rho} \operatorname{grad} \Psi \right) = F$$

où Ψ est le potentiel scalaire (pression acoustique $P^A = \frac{\partial \Psi}{\partial t}$, vitesse vibratoire $v^A = -\frac{1}{\rho} \operatorname{grad} \Psi$,

ρ est la densité et C la célérité du son (ne dépendant que des coordonnées spatiales).

F la source acoustique.

Remarque. — En acoustique ultrasonore (capteurs piézoélectriques) on ne s'intéresse qu'à la pression acoustique qui est, on le voit, gérée par la même équation que le potentiel (à un changement de source près). Si la variable significative avait été la vitesse vibratoire, on aurait obtenu une autre équation dont on montre qu'elle est du même type que celle utilisée en élasticité et qui gère alors le déplacement.

Enfin pour avoir un bon pouvoir de résolution latéral, on utilise généralement des transducteurs à faisceau étroit et peu divergent, si bien que, dans la zone insonifiée, on peut considérer avoir affaire à un milieu stratifié (à profil continu ou discontinu) attaqué par des ondes planes :

(3.1.2)
$$-\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} + \rho C^2 \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial \Psi}{\partial x} \right) = F.$$

Afin de n'avoir affaire qu'à un seul paramètre, on introduit le temps de parcours ξ en remplacement de la coordonnée d'espace x :

(3.1.3)
$$\xi = \frac{x}{C_0} Y(-x) + \int_0^x \frac{1}{C(x')} dx' Y(x);$$

Y Heaviside.

On fait ici l'hypothèse réaliste d'un milieu à perturbation (l'objet à analyser) localisée dans le demi-espace $x > 0$.

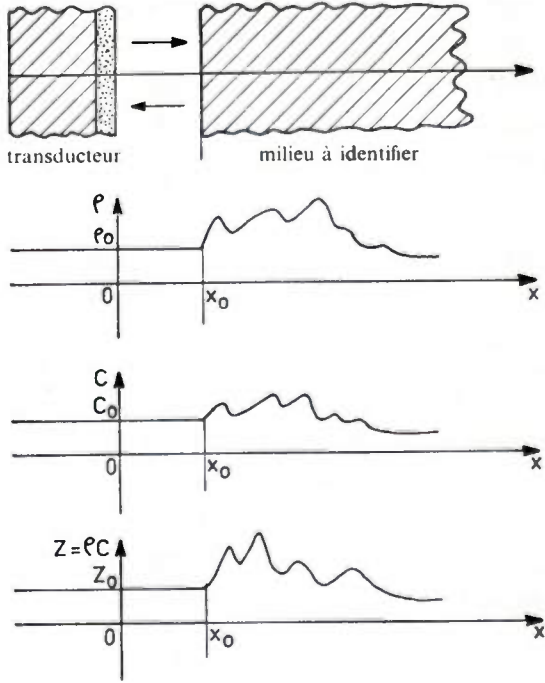


Figure 2. — Illustration schématique du problème.

L'origine $x = 0$ est choisie dans la partie homogène $x \leq 0$ (par exemple l'eau dans laquelle baignerait l'objet) et sera matérialisée par le transducteur d'émission-réception (fig. 2).

L'équation devient :

$$(3.1.4) \quad -\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} + Z \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{1}{Z} \frac{\partial \Psi}{\partial \xi} \right) = F$$

$$(3.1.5) \quad -\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \xi^2} - q(\xi) \frac{\partial \Psi}{\partial \xi} = F$$

avec

$$(3.1.6) \quad q(\xi) = \frac{d}{d\xi} \text{Log } Z$$

où l'on voit apparaître naturellement l'impédance acoustique $Z = \rho C$.

Le seul paramètre physique que l'on peut espérer atteindre par voie acoustique (à partir de la mesure d'une seule fonctionnelle acoustique) est donc l'impédance acoustique en tant que fonction du temps de parcours. La réalisation d'une telle procédure constituera, en reprenant la terminologie de Jones, l'impédographie acoustique.

Remarque 1. — Dans les milieux biologiques, la célérité du son C varie peu, si bien que le temps de parcours ξ est en gros une fonction affine de la coordonnée d'espace x ; ce qui facilite l'interprétation des échogrammes (faible distorsion en x) et facilitera de même celle des impédogrammes.

Remarque 2. — En élasticité on obtient la même équation (3.1.5), à un changement du signe de q près [8].

3.2. Obtention d'une équation de Schroedinger.

Le traitement du problème inverse est grandement facilité par le fait qu'on peut transformer l'équation de propagation en équation de Schroedinger, en suivant une procédure du même type que celle de Ware-Aki [8] en élasticité.

Nous posons : $\eta(\xi) = Z^{-1/2}(\xi)$, et effectuons le changement de variable $\Phi = \eta \Psi$, qui conduit à l'équation :

$$(3.2.1) \quad -\frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \xi^2} - V(\xi) \Phi = \eta F$$

avec

$$(3.2.2) \quad V(\xi) = \frac{1}{\eta} \frac{d^2}{d\xi^2} \eta$$

ou

$$(3.2.3) \quad V(\xi) = -\frac{1}{2} \frac{dq}{d\xi} + \frac{1}{4} q^2.$$

Les conditions aux limites (ou asymptotiques) subissant également une transformation, on montre que l'on peut en fait revenir à une équation en $\hat{\Psi} = \frac{\eta}{\eta_0} \Psi$, coïncidant avec Ψ en aval de la zone perturbée.

$$(3.2.4) \quad -\frac{\partial^2 \hat{\Psi}}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 \hat{\Psi}}{\partial \xi^2} - V(\xi) \hat{\Psi} = F$$

avec les conditions aux limites (ou asymptotiques) initiales.

Si l'on effectue alors une transformée de Fourier sur le

temps, on obtient :

$$(3.2.5) \quad 4\pi^2 v^2 \hat{\Psi} + \frac{\partial^2 \hat{\Psi}}{\partial \xi^2} - V(\xi) \hat{\Psi} = f$$

où

$$\hat{\Psi} = \int_{\mathbb{R}} \Psi e^{-i2\pi v t} dt \quad \text{et} \quad f = \int_{\mathbb{R}} F e^{-i2\pi v t} dt$$

sont les transformées de Fourier de $\hat{\Psi}$ et F .

On voit qu'on obtient une équation de Schroedinger indépendante du temps, d'énergie $E = 4\pi^2 v^2$ et de potentiel $V(\xi)$.

On est donc formellement ramené à un problème inverse de diffraction en mécanique quantique.

La solution d'un tel problème est à base (comme la méthode de Jones) de réponse impulsionnelle et de réponse fréquentielle; notions qu'il nous faut maintenant préciser.

3.3. Notions de réponse impulsionnelle et de réponse fréquentielle en réflexion.

3.3.1. RÉPONSE IMPULSIONNELLE EN RÉFLEXION.

La notion physique de réponse impulsionnelle en réflexion d'un milieu est donnée par l'échographie usuelle, en imaginant que l'on émette une impulsion de Dirac au lieu du train d'onde habituel : le champ rétrodiffusé au niveau de l'émetteur serait alors la réponse impulsionnelle en réflexion du milieu ou plus exactement du demi-espace physique $x > 0$ (si l'on considère comme précédemment que l'émetteur-récepteur est en $x = 0$, pointé vers les $x > 0$) (fig. 3).

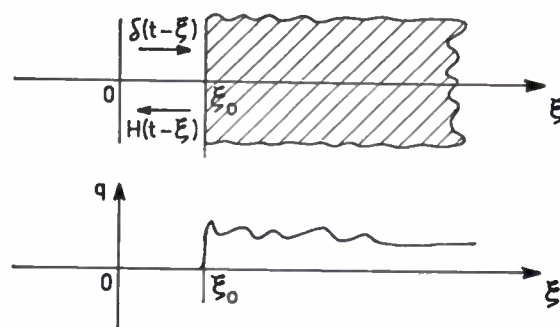


Fig. 3. — Modélisation de la réponse impulsionnelle en réflexion.

Il s'agit de formaliser cette notion élémentaire. On peut modéliser le champ incident par une impulsion $\delta(t - \xi)$ se propageant vers les $\xi > 0$ et passant à l'emplacement de l'émetteur ($\xi = 0$), à l'instant $t = 0$.

Le champ acoustique est alors solution de l'équation aux dérivées partielles

$$(3.3.1.1) \quad \begin{cases} -\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \xi^2} - q(\xi) \frac{\partial \Psi}{\partial \xi} = 0 \\ \text{pour un champ incident :} \\ \Psi_0(\xi, t) = \delta(t - \xi) \end{cases}$$

ou de l'équation intégrale équivalente [connaissant la

fonction de Green pour le milieu homogène ($q(\xi) = 0$) :

$$(3.3.1.2) \quad \begin{aligned} G_0(\xi, t) &= -\frac{1}{2} Y(t - |\xi|) \\ \Psi(\xi, t) &= \delta(t - \xi) \\ &\quad - \int_{\mathbb{R}^2} \frac{1}{2} Y(t - t' - |\xi - \xi'|) q(\xi') \frac{\partial \Psi}{\partial \xi'}(\xi', t') d\xi' dt' \end{aligned}$$

Y , échelon de Heaviside.

D'où l'expression du champ *en aval de la zone perturbée*, c'est-à-dire pour $\xi < \xi'$, $\forall \xi' \in \text{Def}(q)$:

$$(3.3.1.3) \quad \Psi(t - \xi) = \delta(t - \xi) + H(t + \xi)$$

avec

$$(3.3.1.4) \quad H(t) = - \int_{\mathbb{R}^2} \frac{1}{2} Y(t - t' - \xi') q(\xi') \frac{\partial \Psi}{\partial \xi'}(\xi', t') d\xi' dt'$$

On a ainsi formalisé de manière satisfaisante le problème de l'échographie en impulsion : le champ en aval de la zone perturbée insonifiée est la superposition de l'onde impulsive plane d'excitation $\delta(t - \xi)$ et d'une onde rétrodiffusée $H(t + \xi)$.

Le transducteur ($x = \xi = 0$) après avoir émis l'impulsion acoustique $\delta(t)$ recevra le signal $H(t)$ qui est, par définition, la *réponse impulsionnelle en réflexion* (ou *térodiffrusion*) du milieu.

En pratique, on ne sera capable de générer qu'une impulsion physique $\Psi_0(t)$ (ou tout autre signal aussi large bande que possible), c'est-à-dire un champ incident $\Psi_0(t - \xi)$ qui produira une rétrodiffusion

$$\Psi(\xi, t) = \int_{\mathbb{R}} \Psi(\xi, t - t') \Psi_0(t') dt'$$

dont la mesure au point d'émission-réception ($\xi = 0$) est :

$$(3.3.1.5) \quad \Psi(t) = (H * \Psi_0)(t).$$

C'est la formule classique de convolution des filtres linéaires; et le premier problème que posera toute métrologie basée sur la rétrodiffusion sera la *déconvolution*.

3.3.2. RÉPONSE FRÉQUENTIELLE EN RÉFLEXION.

La notion physique de réponse fréquentielle en réflexion est connue en acoustique sous le nom de coefficient de réflexion. On procède comme précédemment en rétrodiffusion, mais à fréquence pure.

La formulation consiste à effectuer une transformation de Fourier temporelle des équations précédentes :

$$(3.3.2.1) \quad \left\{ \begin{aligned} &4\pi^2 v^2 \psi + \frac{\partial^2 \psi}{\partial \xi^2} - q(\xi) \frac{\partial \psi}{\partial \xi} = 0 \\ &\text{où} \\ &\psi = \text{TF}[\Psi] \\ &\text{pour un champ incident :} \\ &\psi_0(\xi, v) = e^{-i2\pi v \xi} \end{aligned} \right.$$

Et le champ, en aval de la zone perturbée peut s'écrire :

$$(3.3.2.2) \quad \psi(\xi, v) = e^{-i2\pi v \xi} + h(v) e^{i2\pi v \xi}$$

où

$$h(v) = \text{TF}[H(t)]$$

ce qui formalise la notion classique de coefficient de réflexion $h(v)$, qui n'est autre que la transformée de Fourier de la réponse impulsionnelle, c'est-à-dire la réponse fréquentielle.

3.4. L'impédographie de Jones.

L'écriture d'une équation de propagation nous permet de proposer ici une autre démonstration des formules de Jones : au lieu de décomposer comme lui [3] le milieu en couches d'égal temps de propagation (milieu de Goupillaud) pour résoudre le problème direct en utilisant les formules du dioptrique et en effectuant après coup une homogénéisation, nous pouvons résoudre par itération l'équation intégrale (3.3.1.2) :

à l'ordre zéro :

$$\Psi^{(0)}(\xi, t) = \delta(t - \xi) \Rightarrow H^{(0)}(t) = 0$$

à l'ordre un :

$$\begin{aligned} \Psi^{(1)}(\xi, t) &= \delta(t - \xi) \\ &\quad - \int_{\mathbb{R}^2} \frac{1}{2} Y(t - t' - |\xi - \xi'|) q(\xi') \frac{\partial}{\partial \xi'} \delta(t' - \xi') d\xi' dt' \\ &= \delta(t - \xi) + \frac{1}{4} q(t + \xi/2) \end{aligned}$$

qui donne donc

$$(3.4.1) \quad H^{(1)}(t) = \frac{1}{4} q(t/2)$$

ou

$$(3.4.2) \quad H^{(1)}(t) = \frac{1}{4} \left(\frac{d}{d\xi} \text{Log } Z \right)_{\xi=t/2}$$

On retrouve la formule de Jones, dont l'inversion est la base de sa technique d'impédographie, et qui est limitée, on le voit, aux milieux très peu perturbés.

Des itérations d'ordre plus élevé affinaient le problème direct en prenant en compte les échos multiples, mais rendraient l'inversion impraticable, à moins de faire appel aux techniques du contrôle optimal, très lourdes à mettre en œuvre (Bamberger [4]).

3.5. Procédure générale.

L'écriture d'une équation de Schroedinger nous permet de traiter directement le problème inverse : l'équation (3.3.2.1), qui conduit à la notion de coefficient de réflexion $h(v)$ (3.3.2.2), s'écrit, sous forme d'équation de Schroedinger (§ 3.2) :

$$(3.5.1) \quad \left\{ \begin{aligned} &4\pi^2 v^2 \psi + \frac{\partial^2 \psi}{\partial \xi^2} - V(\xi) \psi = 0 \\ &\text{pour une onde plane incidente :} \\ &\psi_0(\xi, v) = e^{-i2\pi v \xi} \end{aligned} \right.$$

ce qui conduit au même coefficient de réflexion $h(v)$, donc à la même réponse impulsionnelle $H(t)$, que précédemment.

Le problème est alors posé dans les mêmes termes qu'en mécanique quantique, et on peut utiliser tels quels les algorithmes de Gelfand-Levitan [5] ou de Jost-Kohn [6] mentionnés plus haut (respectivement équation intégrale et système d'équations intégrales).

Ces algorithmes donneront, à partir de la réponse impulsionnelle (ou de la réponse fréquentielle) le potentiel $V(\xi)$ de l'équation de Schroedinger.

Il ne reste alors plus, pour obtenir le profil d'impédance, qu'à résoudre (numériquement) l'équation différentielle :

$$(3.2.2) \quad V(\xi) = \frac{1}{\eta} \frac{d^2 \eta}{d\xi^2}, \quad \eta = Z^{-1/2}(\xi)$$

ou

$$(3.2.3) \quad V(\xi) = -\frac{1}{2} \frac{dq}{d\xi} + \frac{1}{4} q^2, \quad q = \frac{d}{d\xi} \text{Log } Z.$$

La procédure générale d'impédographie que nous proposons comprend donc quatre étapes :

1. Enregistrement et échantillonnage de couples émission-réception, pour des impulsions très large bande.
2. Application d'un algorithme de déconvolution pour obtenir la réponse impulsionnelle.
3. Application de l'algorithme de Gelfand-Levitan (ou de Jost-Kohn si on préfère utiliser la réponse fréquentielle) pour obtenir le potentiel.
4. Résolution de l'équation différentielle (3.2.2) ou (3.2.3) pour obtenir l'impédance acoustique.

Rapidité de convergence.

On peut montrer (Moses [6]) que les deux algorithmes mentionnés coïncident au moins jusqu'à l'ordre deux :

On obtient comme approximations successives :

$$V^{(0)}(\xi) = 0$$

$$V^{(1)}(\xi) = -2 \frac{d}{d\xi} H(2\xi)$$

$$V^{(2)}(\xi) = -2 \frac{d}{d\xi} H(2\xi) + 4 H(2\xi)$$

et comme (3.2.3)

$$V(\xi) = -\frac{1}{2} \frac{dq}{d\xi} + \frac{1}{4} q^2$$

si l'on revient en q (c'est-à-dire en Z) par une méthode de perturbation :

$$q^{(1)}(\xi) = 4H(2\xi)$$

qui n'est autre que l'inverse de la formule (3.4.1) de Jones.

On obtient donc, dès la première itération, l'impédographi de Jones, alors que ce même résultat eût probablement demandé plusieurs centaines d'itérations avec une technique de contrôle optimal.

CONCLUSIONS-PERSPECTIVES

La technique d'impédographie acoustique que nous venons de décrire est une méthode d'investigation des milieux stratifiés. Sa mise en œuvre étant relativement simple, elle devrait donner lieu à de nombreuses applications, tant en génie biologique et médical, qu'à l'extérieur de ce domaine :

Sur le plan du génie biologique et médical, qui est notre préoccupation essentielle, on peut prévoir :

- Une amélioration de l'imagerie en échographie B, par élimination des réflexions multiples. Il suffit pour cela d'améliorer les performances électroacoustiques du matériel actuel pour pouvoir travailler en large bande (et nous avons vu que cette évolution se produisait actuellement de manière autonome) d'effectuer, un échantillonnage rapide des signaux et d'appliquer les algorithmes de déconvolution et d'inversion (microprocesseur).

- L'introduction d'un nouveau type d'imagerie quantitative qui serait une véritable stratigraphie des milieux biologiques (coupes « géologiques »).

- Une méthode d'analyse quantitative de la structure fine des tissus, que nous séparons de la technique précédente pour des raisons pratiques de dynamique.

A l'extérieur du génie biologique et médical, on pourrait prévoir une extension au contrôle non destructif, au sondage sismique, océanographique ou atmosphérique.

Bibliographie.

- [1] LINZER M. — An ultrasensitive ultrasonic system with applications to non destructive evaluation, medical diagnosis and studies of non-linear effects. 9th Int. Congress on Acoustics, Madrid, 1977, K 73, vol. 2, p. 625.
- [2] STEPHANAKIS K. — Estimation des facteurs de réflexion d'un milieu stratifié par les techniques du traitement du signal. Thèse du 3^e cycle d'Acoustique. Université de Provence, 1977.
- [3] JONES J. P. — Ultrasonic impediography and its application to tissue characterization, recent advances in ultrasound in biomedicine. D. N. White Ed., Research Studies Press, London, 1977.
- [4] BAMBERGER A., CHAVENT G. et LAILLY P. — Étude mathématique et numérique d'un problème inverse pour l'équation des ondes à une dimension. École Polytechnique, Centre de Mathématiques Appliquées, Rapport interne, 1977, n° 14.
- [5] FADDEYEV L. D. — The inverse problem in the quantum theory of scattering. Journal of Mathematical Physics, 1963, Vol. 4, pp. 72-104.
- [6] MOSES H. E. — Calculation of the scattering potential from reflection coefficients. Physical review, 1956, 102, pp. 559-567.
- [7] PROSSER R. T. — Formal solutions of inverse scattering problems. Part 1 : Journal of Mathematical Physics, 1969, vol. 10, pp. 1819-1822. Part 2 : Journal of Mathematical Physics, 1976, vol. 17, pp. 1775-1779.
- [8] WARE J. A. and AKI K. — Continuous and discrete inverse scattering problems in a stratified elastic medium. Part. 1 : plane waves at normal incidences, Journ. Acoust. Soc. Amer., 1968, vol. 45, n° 4, pp. 911-921. Part. 2 : plane waves at non normal incidences, when critical angle is not reached (Impublié).
- [9] RAZAVY M. — Determination of the wave velocity in an inhomogeneous medium from the reflection coefficient. Journ. Acoust. Soc. Amer., 1975, vol. 58, n° 5, pp. 956-963.
- [10] LEFEBVRE J. P. — Petites perturbations d'un fluide visqueux conducteur de la chaleur dans un état initial quasi-stationnaire, quasi-uniforme. Revue du CETHDEC, 1977, n° 51, pp. 103-120.
- [11] PEKERIS C. L. — Theory of propagation of explosive sound in shallow water. Geol. Soc. Am. Memoir, 1948, 27.
- [12] JESSEL M. — Acoustique théorique. Masson, 1973.

Calcul numérique des cycles d'hystérésis ferroélectrique à partir d'un modèle statistique ⁽¹⁾

FERROÉLECTRICITÉ

L'onde électrique
1978, vol. 58, n°
pp. 664-667

par Jean PERRIGOT,

Docteur-es-Sciences, Maître-Assistant à l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Laboratoire de Ferroélectricité.

A. LAUGIER,

Ingénieur ICPI, Docteur-es-Sciences, Maître de conférence à l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Laboratoire de Physique de la Matière.

et Maurice BERNARD,

Ingénieur E.N.S.R.G., Docteur-es-Sciences, Maître-Assistant à l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Laboratoire de Ferroélectricité.

INSA de Lyon, 20, avenue Albert-Einstein,
69621 Villeurbanne-Cedex (tél. : (16)
78.68.81.12).

© Masson, Paris 1978.



RÉSUMÉ

Partant d'une représentation très schématisée d'un monocristal et d'une céramique, des considérations à caractère statistique permettent de programmer sur ordinateur des cycles d'hystérésis électrique observables au cours d'une transition ferroélectrique-paraelectrique.

Le programme ne tient pas compte de l'existence de domaines et suppose seulement deux positions pour chaque dipôle. Les interactions sont simulées par un système bouclé, ce qui permet d'utiliser les résultats de la théorie des servomécanismes.

SUMMARY

Ferroelectric hysteresis cycle computing from a statistical model.

From statistical ideas and a schematic diagram representing a monocystal and a ceramic we get a computer program for calculating electrical hysteresis cycles during a ferroelectric-paraelectric transition.

The program does not take into account the existence of domains and supposes only two positions for each dipoles. The interaction are simulated by a feedback system. This way we can afford to use results from the theory of servomechanisms.

1. INTRODUCTION

Les matériaux ferroélectriques sont très utilisés aujourd'hui. Les propriétés électromécaniques de diverses céramiques sont exploitées dans les transducteurs ultrasonores (usinage par ultrasons) et en radioélectricité dans les filtres. Ces matériaux permettent la conversion directe d'énergie mécanique en énergie électrique (briquets piézoélectriques). Leurs propriétés thermoélectriques ont conduit à la réalisation de détecteurs pyroélectriques, et leurs propriétés électrooptiques sont utilisées dans des modulateurs par réflexion ou transmission.

Les ferroélectriques sont des matériaux polaires dans lesquels la polarisation électrique P dépend de la température et du champ électrique E appliqué. Ils présentent, en dessous d'une température caractéristique, dite température de Curie, une polarisation rémanente. On obtient alors des cycles d'hystérésis $P(E)$ analogues aux cycles d'induction des matériaux ferromagnétiques. Leur connaissance est fondamentale pour guider l'utilisateur. On présente dans cette étude une méthode qui permet d'obtenir directement les cycles d'hystérésis à partir d'un modèle théorique simple.

On dispose, pour expliquer le comportement des monocristaux ferroélectriques de modèles complémentaires [1-5]. Dans ce texte, la relation champ-polarisation est obtenue comme dans le modèle de Langevin du paramagnétisme en

considérant des systèmes à deux niveaux d'énergie. L'énergie d'échange, due au couplage des ions est interprétée par l'introduction d'un champ moléculaire comme en théorie de Weiss [6] du ferromagnétisme. Les interactions locales dans le monocristal sont représentées sous forme d'un système bouclé, ce qui nous permet d'utiliser pour la programmation des calculs le formalisme et les résultats de la théorie des servomécanismes. En complétant le modèle de Weiss par une représentation statistique de la céramique, on reconstitue des cycles similaires à ceux de matériaux usuels tels : BaTiO_3 , $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$.

2. LE MODÈLE

A. Les hypothèses du modèle

La céramique est considérée comme la juxtaposition d'un grand nombre de monocristaux monodomains. Chaque grain monocristallin possède une direction de polarisation spontanée le long de laquelle deux sens de polarisation seulement sont possibles, correspondant à des déplacements relatifs des ions.

Deux conditions sont nécessaires pour que la ferroélectricité apparaisse : d'abord chaque cellule cristalline doit être polaire, et ensuite il doit exister une interaction (dite interaction d'échange) tendant à orienter chaque dipôle dans le même sens que ses voisins immédiats, créant ainsi un ordre ferroélectrique. La manière la plus simple d'exprimer une telle interaction à courte distance, quelle que soit sa nature,

(1) Article reçu le 16 septembre 1977 et accepté dans sa forme définitive le 26 juin 1978.

consiste à écrire qu'il existe un champ moléculaire proportionnel et opposé à la polarisation, comme en théorie de Weiss du ferromagnétisme. Nous conviendrons de compter positivement les polarisations si elles s'opposent au champ, et nous écrirons donc :

$$E_m \text{ (champ moléculaire)} = \frac{\beta}{\epsilon_0} P.$$

Dans ce modèle très élémentaire, nous négligerons les autres actions de couplage, en particulier les actions coulombiennes à longues distance qui tendraient au contraire à désaligner les dipôles et à former des domaines de polarisation opposée si le volume du grain est suffisant.

B. Statistique des déplacements ioniques à l'intérieur d'un grain monocristallin

Des hypothèses faites, il résulte qu'un dipôle de moment électrique m mobile dans un champ local E_l parallèle à la direction de polarisation ne peut avoir que deux niveaux d'énergie :

$$W_1 = -m \cdot E_l; \quad W_2 = +m \cdot E_l$$

Les probabilités des états sont :

$$P_1 = \frac{1}{Z} \exp(-W_1/kT); \quad P_2 = \frac{1}{Z} \exp(-W_2/kT)$$

Z étant la fonction de partition.

La polarisation moyenne d'un grain de N cellules par unité de volume est donc :

$$P_g = N \cdot m \operatorname{th} \left(\frac{mE_l}{kT} \right)$$

C. Condition de ferroélectricité

On peut considérer qu'un champ local E_l produit une polarisation P_g ; le champ local E_l est composé du champ appliqué E et du champ équivalent au couplage : $\frac{\beta}{\epsilon_0} P_g$. On a défini ainsi une structure de système bouclé représentée symboliquement à la figure 1. Les équations du système sont :

$$P_g = N \cdot m \operatorname{th} \left(\frac{mE_l}{kT} \right) \quad (\text{courbe } \Gamma) \quad (1)$$

$$E_l = E + \left(\frac{\beta}{\epsilon_0} \right) \cdot P_g \quad (\text{droite } \Delta) \quad (2)$$

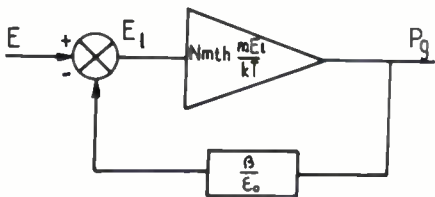


Fig. 1. — Structure bouclée simulant l'interaction d'échange.

Ces équations sont représentées par la courbe Γ et la droite Δ de la figure 2. Nous considérons qu'il y a ferroélectricité lorsque le gain de boucle du système est supérieur à l'unité : $\frac{N \cdot m^2}{kT} \frac{\beta}{\epsilon_0} > 1$. Dans ce cas le système des équations

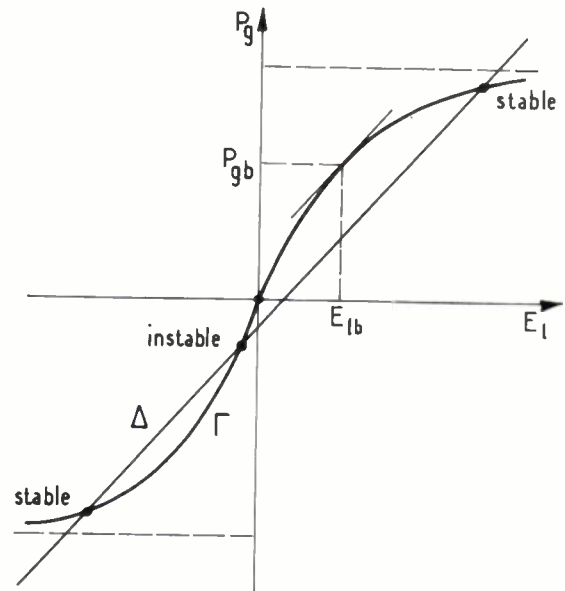


Fig. 2. — Condition de ferroélectricité.

Les points d'équilibre stable se trouvent à la rencontre de la droite

$$\Delta : E_l = E + \frac{\beta}{\epsilon_0} P_g$$

et de la courbe

$$\Gamma : P_g = N \cdot m \operatorname{th} \frac{mE_l}{kT}$$

Il y a ferroélectricité lorsque Δ coupe Γ en plusieurs points, c'est-à-dire pour

$$\frac{Nm^2}{kT} \cdot \frac{\beta}{\epsilon_0} > 1.$$

(1) et (2) peut admettre plusieurs solutions. Lorsque le champ appliqué E augmente, la droite Δ se déplace de gauche à droite parallèlement à elle-même. La figure 2 montre que le nombre des solutions passe de une à trois, puis à une. Aux points de basculement ($\pm P_{gb}$, $\pm E_{lb}$) il existe deux solutions confondues.

3. TRACE DES CYCLES

A. Cycle d'un élément monocristallin.

Il est possible de simplifier l'écriture des équations (1) et (2) en posant :

$$Y = \frac{\beta}{\epsilon_0} P_g = \frac{A \cdot P_g}{Nm}, \quad A = \frac{\beta Nm}{\epsilon_0}, \quad B = \frac{m}{kT}$$

Il vient alors le système :

$$Y = A \operatorname{th} (B \cdot E_l) \quad (3)$$

$$Y = E_l - E \quad (4)$$

On commence par calculer les coordonnées des points de basculement :

$$\pm E_{lb} = \pm \frac{\operatorname{Arg} \operatorname{ch} \sqrt{AB}}{B} = \pm \frac{1}{B} \operatorname{Log} (\sqrt{AB} + \sqrt{AB-1})$$

$$\pm Y_b = \pm A \cdot \operatorname{th} (B \cdot E_{lb})$$

Le calcul des points d'intersection de la courbe : $Y = A \cdot \operatorname{th} (B \cdot E_l)$ et de la droite passant par l'origine : $Y = E_l - E$ est programmé par itérations successives selon la méthode de Wegstein [7] appliquée à partir de chacun des points de basculement. Le cycle obtenu pour le grain

monocristallin est composé des lieux des états stables $P_1(E)$ et $P_2(E)$ et des verticales de raccordement.

B. Cycle d'une céramique

1. COURBE DE PREMIÈRE POLARISATION. — La direction de polarisation d'un grain forme avec l'axe d'application du champ un angle θ . Au départ de la première polarisation nous supposons que pour chaque orientation θ , la moitié des grains sont polarisés dans un sens, et l'autre moitié dans le sens opposé. Les mesures usuelles de polarisation se font sur des condensateurs plans à diélectrique céramique, la polarisation est mesurée par l'intermédiaire des charges déplacées dans le circuit des armatures. Il convient donc de considérer que la polarisation d'un grain intervient macroscopiquement par sa projection sur l'axe du champ.

a) Pour $E < E_{lb}$.

Soit M le nombre de grains par unité de volume. On a :

$$P(E) = \frac{M}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} P_1(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta + \frac{M}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} P_2(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta$$

b) Pour $E > E_{lb}$.

Le champ a basculé la polarisation des grains pour lesquels :

$$\theta < \text{Arc cos } \frac{E_{lb}}{E}.$$

On a donc :

$$P(E) = M \int_0^{\text{Arc cos } \frac{E_{lb}}{E}} P_1(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta + \frac{M}{2} \int_{\text{Arc cos } \frac{E_{lb}}{E}}^{\frac{\pi}{2}} P_1(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta + \frac{M}{2} \int_{\text{Arc cos } \frac{E_{lb}}{E}}^{\frac{\pi}{2}} P_2(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta$$

2. — BRANCHE DESCENDANTE DU CYCLE. — Soit E_{max} la valeur maximale atteinte par le champ lors de la première polarisation. Au départ, les grains d'orientation angulaire inférieure à $\text{Arc cos } \frac{E_{lb}}{E_{max}} = \theta_{max}$ ont été alignés par le champ ; les grains d'orientation angulaire supérieure à θ_{max} ont deux sens de polarisation équiprobables. Cette situation antérieure dure jusqu'à ce que le champ E atteigne la valeur $-E_{lb}$.

a) Pour $-E_{lb} < E < E_{max}$

$$P(E) = M \int_0^{\theta_{max}} P_1(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta + \frac{M}{2} \int_{\theta_{max}}^{\frac{\pi}{2}} P_1(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta + \frac{M}{2} \int_{\theta_{max}}^{\frac{\pi}{2}} P_2(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta$$

b) Pour $-E_{max} < E < -E_{lb}$.

Il y a trois états antérieurs possibles pour les grains :

— Pour $\theta > \theta_{max}$, les grains sont demeurés dans l'état statistique initial.

— Pour $\text{Arc cos } \frac{E_{lb}}{E} < \theta < \theta_{max}$, les grains ont été alignés par la première polarisation, mais ne sont pas encore retournés par le champ négatif E .

— Pour $\theta < \text{Arc cos } \frac{E_{lb}}{E}$, les grains sont déjà retournés par le champ E .

On peut écrire :

$$P(E) = \frac{M}{2} \int_{\theta_{max}}^{\frac{\pi}{2}} P_1(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta + \frac{M}{2} \int_{\theta_{max}}^{\frac{\pi}{2}} P_2(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta + M \int_{\text{Arc cos } \frac{E_{lb}}{E}}^{\theta_{max}} P_1(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta + M \int_0^{\text{Arc cos } \frac{E_{lb}}{E}} P_2(E \cos \theta) \sin \theta \cos \theta d\theta.$$

La branche montante du cycle est obtenue par symétrie par rapport à l'origine.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Pour donner quelque vraisemblance au modèle, nous avons introduit au départ des paramètres voisins de ceux admis pour BaTiO_3 [8], excepté bien entendu le nombre des directions de polarisation, pris égal à deux seulement.

N = nombre de cellules par unité de volume
 $= 1,56 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$,

m = moment dipolaire élémentaire
 $= 16,66 \cdot 10^{-30} \text{ (M.K.S.A.)}$,

k = constante de Boltzmann,

T_c = température de Curie = 394 K,

T = température de tracé du cycle.

Ces données, auxquelles il faut adjoindre la valeur maximale du champ appliqué, définissent le cycle du monocristal. Pour définir le cycle céramique, il faut préciser le taux de remplissage M . On a pris ici $M = 1$.

La figure 3 représente l'un au-dessus de l'autre le cycle céramique et le cycle monocristal se rapportant à diverses températures absolues : 298 °K (25 °C), 355 °K (82 °C), 397 °K (124 °C). Elle a été tracée directement sur table numérique, sous contrôle du programme. Les cycles obtenus montrent bien l'effet de moyenne dû à la céramique, mais donnent lieu à des valeurs de champ appliqué 10 à 20 fois trop fortes en ce qui concerne les champs de basculement. Ce résultat est normal dans ce modèle à deux directions. L'accord avec l'expérience sera amélioré en introduisant toutes les directions de polarisation possibles, et en tenant compte des actions à longue distance susceptibles de provoquer la formation de domaines. (Ce travail est en cours.)

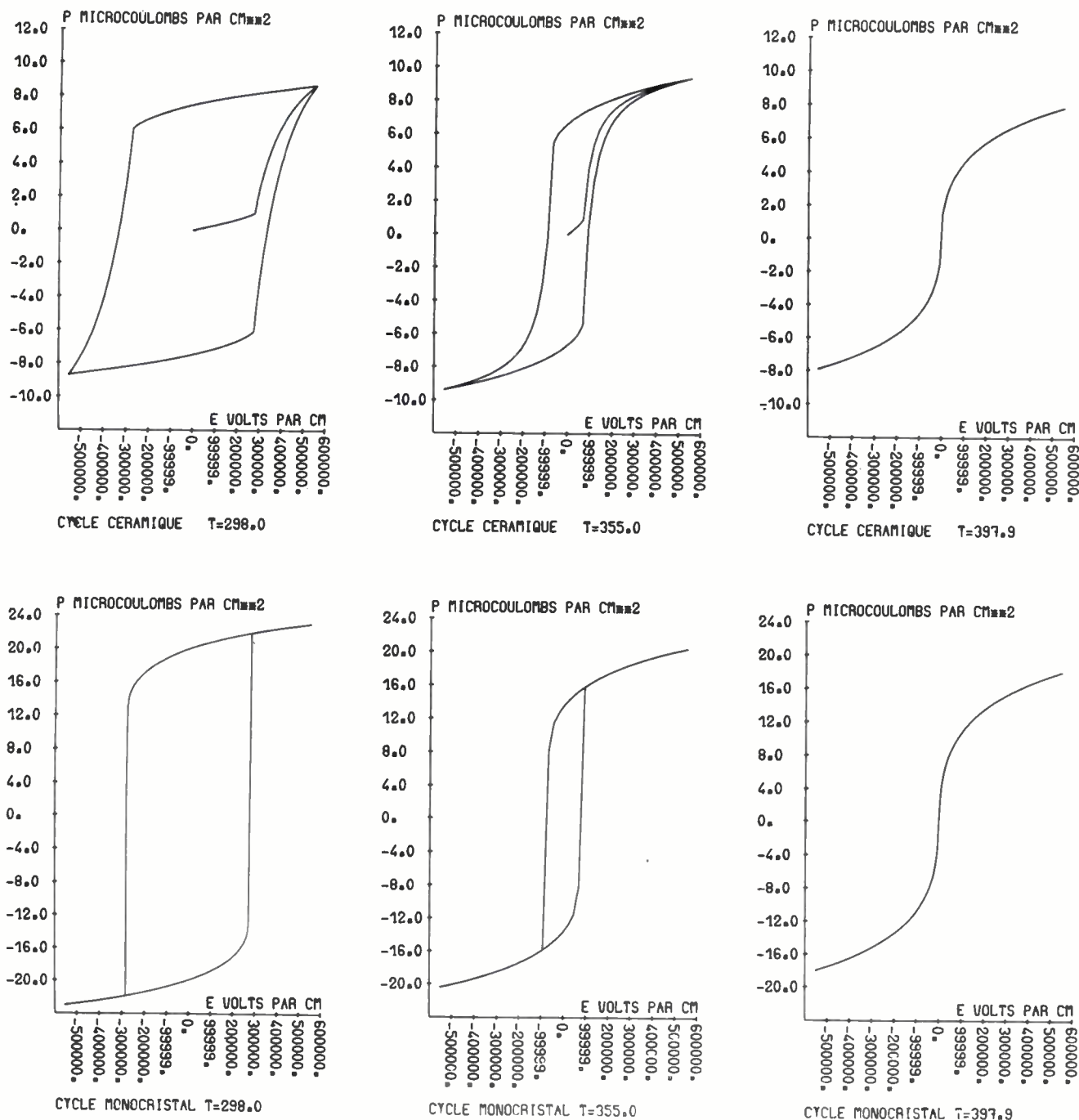


Fig. 3. — Cycles de monocristal et de céramique calculés à trois températures : 298 °K (25 °C), 355 °K (82 °C) et 397,9 °K (124,9 °C).

Malgré sa simplicité, le modèle que nous avons présenté ici met en évidence, outre les conditions minimales d'un comportement ferroélectrique, l'intérêt d'une représentation des interactions par système bouclé, et le rôle de l'effet « céramique ».

Remerciements : Nous remercions M. Alvarez, Directeur du Centre de Calcul de l'ENIT de Tunis, pour sa contribution à l'élaboration de nos programmes.

Bibliographie

- [1] DEVONSHIRE A.F. — *Phil. Mag.*, 1949, 40, 1040.
- [2] KITTEL C. — *Physical Review*, 1953, 91, 513.
- [3] SLATER J. C. — « Theory of the transition in KH_2PO_4 , *Jal. of Chemical Physics*, 1941, 9, 16
- [4] COCHRAN W. — *Advan. Phys.*, 1960, 9, 387.
- [5] COWLEY R.A. — *Physical Review*, 1964, 134, 1981.
- [6] WEISS P. — *Phys. Rad.*, 1907, 4, 469.
- [7] Bibliothèque Mathématique, IBM 1130.
- [8] EYRAUD L. — *Diélectriques solides anisotropes et ferroélectricité*, Gauthier-Villars Édité., Paris, 1967.

Les réseaux pensants



Une économie de l'information
peut-elle succéder à une économie
industrielle ?

Comment la téléinformatique
transforme-t-elle
le travail humain ?

Quelles différences
existe-t-il entre
techniques de
communication
et communication
humaine ?

Pour la première fois, techniciens et chercheurs
en sciences humaines ouvrent le débat.



"Les réseaux pensants"
Télécommunications et société
sous la direction de Alain Giraud,
Jean-Louis Missika et Dominique Wolton. 58 F
Collection technique et scientifique
des télécommunications.

 **MASSON**