

L'ONDE ÉLECTRIQUE

47^e ANNÉE - N° 487

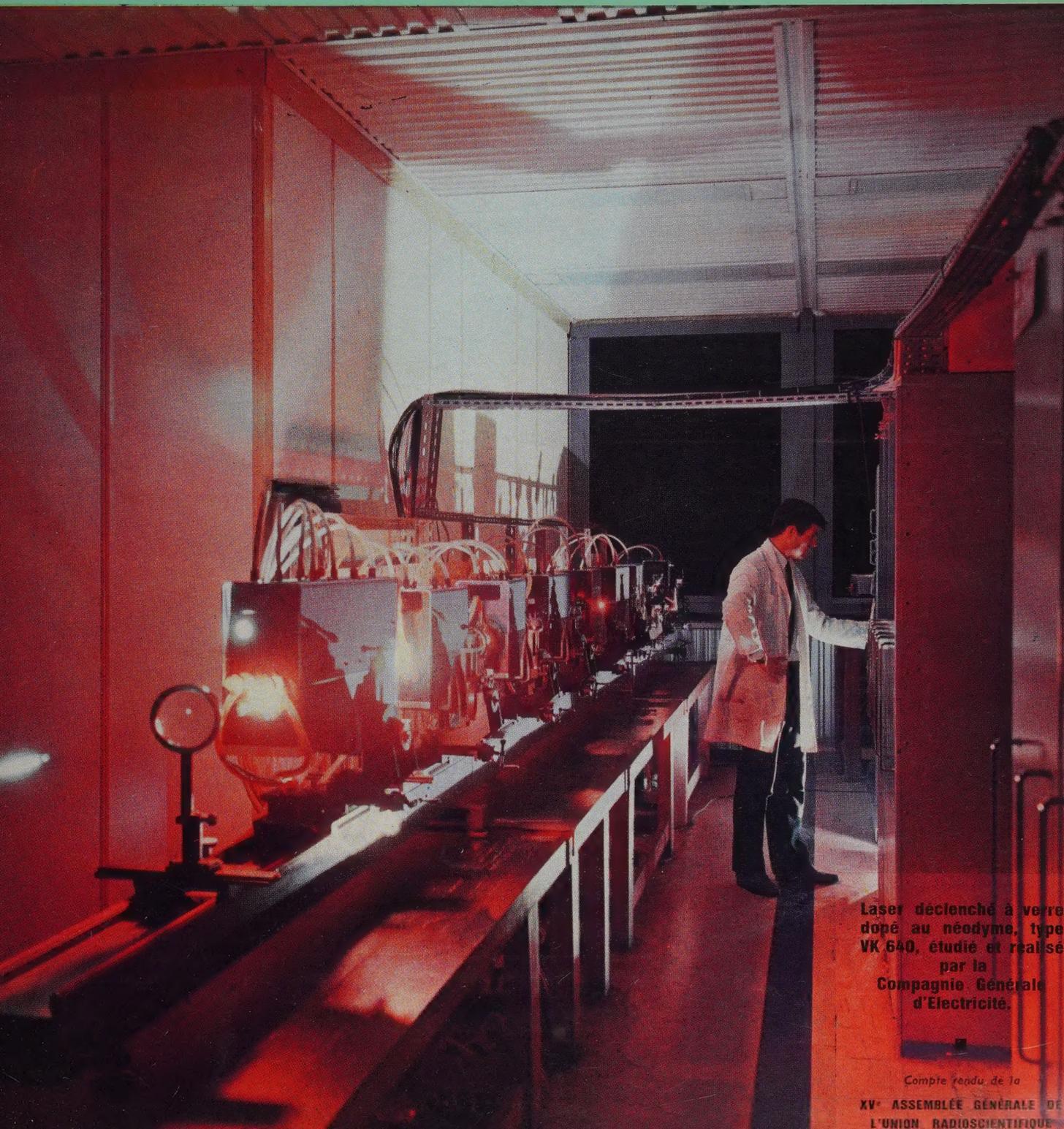
OCTOBRE 1967

PRIX : 6 F

revue mensuelle de la

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRONICIENS ET DES RADIOÉLECTRICIENS

PUBLIÉE PAR LES ÉDITIONS CHIRON, PARIS



Laser déclenché à verre
dopé au néodyme, type
VK 640, étudié et réalisé
par la
Compagnie Générale
d'Electricité.

Compte rendu de la

XV^e ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE
L'UNION RADIOSCIENTIFIQUE



PERFECTION
DE LA TECHNIQUE
•
ESTHÉTIQUE
FONCTIONNELLE
•
GRANDE SOUPLESSE
D'UTILISATION
PAR SIGNALISATION
COULEUR AUTOMATIQUE

nouveau
générateur
hyperfréquence
wobulé
TYPE **GH 300**

à tiroirs interchangeable

0,5 GHz à 40 GHz

Ets GEFROY & C^{ie}
DOCTEUR - INGÉNIEUR - CONSTRUCTEUR
S. A. CAP. 7.160.000 F.



18, AVENUE PAUL VAILLANT COUTURIER — 78 TRAPPES — TÉL. 923.08.00
TÉLEX : 25.705 — CABLE : FERITRAPPES (FRANCE)

DÉLÉGATION RÉGIONALE : 281, R^{te} D'ESPAGNE - 31 TOULOUSE - TÉL. 42.11.88

L'ONDE ELECTRIQUE

Société Française des Électroniciens et des Radioélectriciens

RÉDACTION

S. F. E. R., 10, avenue Pierre-Larousse, 92 - MALAKOFF
Tél. 253-04-16.

Président du Comité de Rédaction, M. A. FLAMBARD, Ingénieur Militaire en Chef.

Président du Comité de Lecture, M. E. ROUBINE, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Rédacteur en Chef, M. J. DUSAUTOY, Ing. E. S. E.
Tél. 225-24-19.

*

ÉDITION

ÉDITIONS CHIRON S. A.,
40, rue de Seine, 75 - PARIS 6^e.
Tél. 633-18-93.

Abonnement (1 an, soit 11 numéros), chez l'éditeur : France 60 F. — Étranger 72 F. C. C. P. PARIS 53-35

Pour les membres de la S.F.E.R. voir au verso extraits des statuts et montant des cotisations.

*

PUBLICITÉ

Exclusivité :

M. R. G. DOMENACH,
Tél. 222-41-97 et 98

*

Sur notre couverture

La Compagnie Générale d'Électricité a eu son laser à solide de 50 milliards de W, sélectionné parmi les 100 meilleurs produits industriels de l'année, récompense décernée par l'Editorial Advisory Board de la revue "Industrial Research". Le VK 640, étudié en collaboration avec le C.E.A. et avec le soutien de la D.R.M.E., est commercialisé par la Compagnie Industrielle des Lasers.

Centre de Recherches de la C.G.E.
Route de Nozay, 91-Marcoussis
Tél. 920.82.50

47^e année

Octobre 1967

6 F

N° 487

SOMMAIRE

XV^e Assemblée Générale de l'Union Radioscientifique Internationale

Introduction.	
M. PONTE	1171
La XV ^e Assemblée générale de l'URSI.	
A. ANGOT	1173
Commission I. Mesures et étalons radioélectriques.	
R. WERTHEIMER	1177
Commission II. Radioélectricité et troposphère.	
P. MISME, A. ROBERT	1182
Commission III. Ionosphère.	
F. DU CASTEL	1185
Commission IV. Magnétosphère. Perturbations radioélectriques d'origine terrestre.	
J. DELLOUE et M. GARNIER	1192
Commission V. Radioastronomie.	1197
Commission VI. Ondes et circuits.	
E. ROUBINE, M. BOUIX, R. GENDRIN, J. LOCHARD et M. THUÉ	1199
Commission VII. Radioélectronique.	
M.Y. BERNARD	1211
Comité S.R.R. Recherches radioélectriques spatiales.	
M. THUÉ	1219
Comité CIG. Coopération internationale en Géophysique.	
Mlle G. PILLET	1223
Correspondance	1227
Vie de la Société : Médaille André Blondel	1229
Informations : Documentation technique et communiqués	1232

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRONICIENS ET

FONDATEURS

- † Général FERRIÉ, Membre de l'Institut.
- † H. ABRAHAM, Professeur à la Sorbonne (M. p. F.).
- † A. BLONDEL, Membre de l'Institut.
- † M.P. BRENOT, Directeur de la Cie Générale de T.S.F.
- † J. CORNU, Chef de Bataillon du Génie e.r.
- † A. PÉROT, Professeur à l'Ecole Polytechnique.
- J. PARAF, Directeur de la Sté des Forces Motrices de la Vienne.
- La Société des Ingénieurs Coloniaux.

PRÉSIDENTS D'HONNEUR

- † R. MESNY (1947) — † H. ABRAHAM (1947) — † R. RIGAL (1959).
- Le Prince Louis de BROGLIE, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, Prix Nobel de Physique (1956).

ANCIENS PRÉSIDENTS DE LA SOCIÉTÉ

MM.

- 1922 † Le Duc Maurice de BROGLIE, Membre de l'Institut.
- 1923 † H. BOUSQUET, Prés. du Cons. d'Adm. de la Cie Gle de T.S.F.
- 1924 † R. de VALBREUZE, Ingénieur.
- 1925 † J.-B. POMEY, Inspecteur Général des P.T.T.
- 1926 † E. BRYLINSKI, Ingénieur.
- 1927 † Ch. LALLEMAND, Membre de l'Institut.
- 1928 † Ch. MAURAIN, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.
- 1929 † L. LUMIÈRE, Membre de l'Institut.
- 1930 † Ed. BELIN, Ingénieur.
- 1931 † C. GUTTON, Membre de l'Institut.
- 1932 † P. CAILLAUX, Conseiller d'Etat.
- 1933 † L. BRÉGUET, Ingénieur.
- 1934 † Ed. PICAULT, Directeur du Service de la T.S.F.
- 1935 † R. MESNY, Professeur à l'Ecole Supérieure d'Electricité.
- 1936 † R. JOUAUST, Directeur du Laboratoire Central d'Electricité.
- 1937 † F. BEDEAU, Agrégé de l'Université, Docteur ès Sciences.
- 1938 † P. FRANCK, Ingénieur Général de l'Air.
- 1939 † J. BETHENOD, Membre de l'Institut.
- 1940 † H. ABRAHAM, Professeur à la Sorbonne.
- 1945 † L. BOUTHILLON, Ingénieur en Chef des Télégraphes.
- 1946 † R.P. P. LEJAY, Membre de l'Institut.
- 1947 † R. BUREAU, Directeur du Laboratoire National de Radioélectricité.
- 1948 Le Prince Louis de BROGLIE, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences.
- 1949 M. PONTE, Directeur Général Adjoint de la Cie Gle de T.S.F.
- 1950 P. BESSON, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.
- 1951 Le Général LESCHI, Directeur des Services Techniques de la Radio-diffusion-Télévision Française.
- 1952 J. de MARE, Ingénieur-Conseil.
- 1953 P. DAVID, Ingénieur en Chef de la Marine.
- 1954 G. RABUTEAU, Directeur Général de la Sté « Le Matériel Téléphonique ».
- 1955 H. PARODI, Membre de l'Institut, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers
- 1956 † R. RIGAL, Ingénieur des Télécommunications.
- 1957 R. AUBERT, Directeur Général Technique de la C.S.F.
- 1958 G. DUPOUY, Directeur Général Honoraire du C.N.R.S.
- 1959 P. ABADIE, Ingénieur en Chef des Télécommunications.
- 1960 L'Ingénieur Général A. ANGOT.
- 1961 Le Général de C.A. J. GUERIN.
- 1962 B. DECAUX, Ingénieur en Chef des Télécommunications.
- 1963 G. LEHMANN, Directeur Scientifique de la C.G.E.
- 1964 L. BRAMEL de CLÉJOUX, Directeur des Services d'Enseignement des Postes et Télécommunications.
- 1965 P. GRIVET, Professeur d'Electronique à la Faculté des Sciences de Paris.
- 1966 G. GOUDET, Directeur Général de la C.G.C.T.

BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

Président (1967)

M. J.J. MATRAS, Ingénieur Général des Télécommunications.

Président désigné pour 1968

M. A. FESSARD, Professeur au Collège de France.

Vice-Présidents

MM. E. ROUBINE, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris (E.S.E.).
J. PICQUENDAR, Directeur du Laboratoire de Recherches Générales, C.F.T.H.
M. THUÉ, Ingénieur en Chef des Télécommunications.

Secrétaire Général

M. R. CABESSA, Directeur à la Compagnie Internationale pour l'Informatique

Secrétaires Généraux Adjointes

MM. B. GAUSSOT, Chef du Service Radioélectricité et Electronique de l'E.S.E.
A. PROFIT, Ingénieur des Télécommunications au CNET.

Trésorier

M. J.M. MOULON, Directeur Général Adjoint de la Société MECI.

Secrétaires

MM. P. GUICHET, Ingénieur à la C.A.E.
M. FENEYROL, Ingénieur des Télécommunications au CNET
J. DUMONT, Ingénieur des Télécommunications à l'O.R.T.F.

MEMBRES D'HONNEUR

- † Sir Edward APPLETON, Principal and Vice-Chancellor of Edinburgh University, Prix Nobel de Physique.
- † André BLONDEL, Membre de l'Institut, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées.
- † M. Paul BRENOT, Président d'Honneur de la S.F.R. Afrique et de la Société Fabrications Radioélectriques Marocaines.
- M. Léon BRILLOUIN, Professeur honoraire au Collège de France, Membre de la National Academy of Sciences (USA).
- M. Jean COULOMB, Membre de l'Institut, Directeur Général du Centre National de la Recherche Scientifique.
- † M. Eugène DARMOIS, Membre de l'Institut.
- M. Gaston DUPOUY, Membre de l'Institut, Directeur Général du C.N.R.S.
- † Général FERRIÉ, Membre de l'Institut, Commandant Supérieur des Troupes et Services de Transmissions.
- M. Alfred FESSARD, Professeur au Collège de France, Directeur du Centre d'Etudes de physiologie nerveuse et d'électrophysiologie.
- M. Dennis GABOR, Imperial College of Science and Technology.
- M. Janusz GROSZKOWSKI, Membre de l'Académie Polonaise des Sciences.
- M. Pierre JACQUINOT, Directeur Général du C.N.R.S.
- † Paul JANET, Membre de l'Institut, Directeur de l'Ecole Supérieure d'Electricité.
- † Frédéric JOLIOT-CURIE, Membre de l'Institut, Prix Nobel de Chimie.
- M. Alfred KASTLER, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, Laboratoire de Physique, Ecole Normale Supérieure, Prix Nobel de Physique 1966.
- † Arthur E. KENNELLY, Professeur au Massachusetts Institute of Technology.
- M. André LALLEMAND, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, Astronome titulaire à l'Observatoire de Paris.
- M. Louis LEPRINCE-RINGUET, Membre de l'Institut.
- † M. Charles MAURAIN, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris, e.r.
- M. Louis NEEL, Membre de l'Institut, Directeur du Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble, Président de la Section Electronique du Comité National de la Recherche Scientifique, Directeur du Laboratoire d'Electrostatique et de Physique du Métal, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique, d'Hydraulique, de Radioélectricité et de Mathématiques Appliquées.
- † H. PERCY-MAXIM, Président de l'International Amateur Radio-Union de l'American Radio Relay League.
- M. Francis PERRIN, Membre de l'Institut, Haut Commissaire à l'Energie Atomique.
- M. Vladimir K. ZWORYKIN, Vice-Président d'Honneur de R.C.A.

COMMISSAIRES AUX COMPTES

Commissaires aux Comptes

MM. J. BLOUET, Chef de Service au L.C.I.E.
S. LACHARNAY, Ingénieur en Chef à l'O.R.T.F.
R. WAHL, Directeur à la Société Intertechnique.

DES RADIOÉLECTRICIENS

MEMBRES DU CONSEIL

SECTIONS D'ÉTUDES

N°	Dénomination	Présidents	Secrétaires
1	Problèmes d'enseignement. Formation et perfectionnement des Ingénieurs et Techniciens	M. Ch. DUFOUR	M. A. PETITCLERC
2	Études scientifiques générales	M. J.C. SIMON	M. E. SPITZ
3	Physique de l'état solide	M. Cl. DUGAS	M. G. PARICARD
4	Tubes électroniques	M. G. MOURIER	M. A. M. SHROFF
5	Composants électroniques	M. F. DUMAT	M. J.-M. HUBERT
6	Propagation des ondes	M. F. DU CASTEL	M. BOISCHOT
7	Electroacoustique. Enregistrement des sons	M. G. FERRIEU	M. P. RIETY
8	Télécommunications - Radiodiffusion - Télévision	M. L. GOUSSOT	
9	Radiodétection et localisation. Radionavigation	M. A. VIOLET	
10	Calculateurs électroniques. Automatismes	M. J. GAUDERNAU	M. J. DUSSINE
11	Electronique nucléaire et corpusculaire	M. J. POTTIER	M. Ch. GUYOT
12	Electronique biologique et médicale	M. P.M. SCHURR	M. R. DISTEL

EXTRAITS DES STATUTS

ARTICLE PREMIER. — La Société FRANÇAISE DES ÉLECTRONICIENS ET DES RADIO ÉLECTRICIENS a pour but

1° De contribuer à l'avancement de la radioélectricité et de l'électronique théoriques et pratiques ainsi qu'à celui des sciences et industries qui s'y rattachent.

2° D'établir et d'entretenir entre ses membres des relations suivies et des liens de solidarité.

Elle tient des réunions destinées à l'exposition et à la discussion de questions concernant la radioélectricité et tout ce qui s'y rattache.

ART. 2. — La Société se compose de membres titulaires, dont certains en qualité de membres bienfaiteurs ou de membres donateurs, et de membres d'honneur.

Pour devenir membre titulaire de la Société, il faut :

1° Adresser au Président une demande écrite appuyée par deux membres, non étudiants, de la Société.

2° Être agréé par le bureau de la Société.

Tout membre titulaire qui, pour favoriser les études et publications scientifiques ou techniques entreprises par la Société, aura pris l'engagement de verser, pendant cinq années consécutives, une cotisation égale à dix fois la cotisation annuelle, recevra le titre de membre bienfaiteur.

Ceux qui, parmi les membres titulaires, verseront une cotisation égale à cinq fois la cotisation annuelle, seront inscrits en qualité de donateurs.

Tous les membres de la Société, sauf les membres d'honneur, paient une cotisation dont le montant est fixé par une décision de l'Assemblée Générale.

Les membres âgés de moins de 25 ans, en cours d'études, pourront, sur leur demande, bénéficier d'une réduction de 50 % sur leur cotisation. Cette réduction ne leur sera accordée que pendant cinq années au plus.

Les membres titulaires reçoivent une publication périodique ayant un caractère technique*

Cette publication leur est adressée gratuitement. Toutefois, les membres résidant à l'étranger devront verser, en sus de leur cotisation annuelle, une somme destinée à couvrir les frais supplémentaires

MONTANT DES COTISATIONS

à adresser à la S.F.E.R., C.C.P. Paris 697.38.

Particuliers résidant en France	40 F
Particuliers en cours d'études, résidant en France et âgés de moins de 25 ans	20 F
Particuliers résidant à l'étranger : 40 F + 5 F pour frais postaux ..	45 F
Particuliers en cours d'études, résidant à l'étranger et âgés de moins de 25 ans : 20 F + 5 F pour frais postaux	25 F
Sociétés ou Collectivités, à leur gré	200 F
	ou 500 F
	ou 1000 F

Changement d'adresse : joindre 1,50 F à toute demande

*Pour les étrangers dans l'impossibilité de trouver des parrains, le Bureau pourra accorder le parrainage sur titres (diplômes, inscriptions à certaines sociétés, recommandations de personnalités scientifiques non membres de la S.F.E.R., etc.).

** Cette publication est la revue « l'Onde Electrique ».

MM.

P. AIGRAIN, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

E. ALLARD, Président Directeur Général de la Société TELCO.

R. BUFFARD, Chef de Division à l'O.R.T.F.

M. CAMBORNAC, Directeur à la C.G.E.I. Lepaute.

R. DAVID, Ingénieur en Chef-Conseil à la Société Le Matériel Électrique S.W.

Cl. DUCOT, Directeur Général des LEP

Ch. DUFOUR, Directeur au Centre de Recherches de la C.G.E.

J.-P. POITEVIN, Ingénieur des Télécommunications au C.N.E.T.

M. BOUIX, Professeur à la Faculté des Sciences de Rouen.

P. CHIQUET, Directeur de la Division Equipements au Sol du C.N.E.S.

J.-M. COUPRIE, Ingénieur des Télécommunications. Ingénieur à la C.F.T.H.

J. CSECH, Directeur du Groupement Automatismes de la CITEC.

B. DAUGNY, Directeur Général de la Société Electronique Marcel Dassault.

M. DOIREAU, Chef du Département d'Electronique Générale au C.E.N. - Saclay.

M. THUÉ, Ingénieur en Chef des Télécommunications au C.N.E.T. Secrétaire Général du C.N.F.R.S.

M. BERNARD, Ingénieur en Chef des Télécommunications au C.N.E.T.

J.-P. CAUSSE, Directeur du Centre Spatial de Brétigny.

D. COULMY, Ingénieur en Chef des Télécommunications d'Armement.

J. DELVAUX, Ingénieur en chef à la C.F.T.H.-H.B.

G. HANSEN, Directeur du Centre Technique UER - Bruxelles.

B. KARAFAKIOGLU, Professeur Université Technique d'Istanbul.

J. LE MEZEC, Ingénieur en Chef des Télécommunications au C.N.E.T.

J. ORTUSI, Ingénieur à la C.S.F.

A. SORBA, Attaché de Direction à l'E.S.E.

GROUPES RÉGIONAUX

GRUPE DE BOURGOGNE - FRANCHE-COMTÉ

Président. — M. J. BOUCHARD, Professeur et Directeur du Département de Physique de la Faculté des Sciences de Dijon.

Vice-Président. — M. J. PEYSSOU, Directeur du Centre R.P.C. de la C.S.F. à Dijon.

Secrétaires. — MM. L. GODEFROY, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Dijon, J.M. GRANGÉ, Ingénieur à la C.S.F.

GRUPE DE BRETAGNE

Président. — M. L.J. LIBOIS, Ingénieur en Chef des Télécommunications, Directeur du Centre de Recherches du C.N.E.T. de Lannion.

Vice-Présidents. — M. J. MEVEL, Professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

M. G. GRAU, Directeur de la C.S.F. à Brest.

Secrétaire. — M. J.M. PERSON Ingénieur des Télécommunications au Centre de Recherches du C.N.E.T. de Lannion.

GRUPE DE L'EST

Président. — M. R. GUILLIEN, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique de Nancy.

Secrétaire. — M. E. GUDEFIN, Maître de Conférences à l'E.N.S.E.M.

GRUPE DE GRENOBLE

Président. — M. J. BENOIT, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, Directeur de la Section de Haute Fréquence à l'Institut Polytechnique de Grenoble.

Secrétaire. — M. J. MOUSSIEGT, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Grenoble.

GRUPE DE LYON

Président. — M. A. SARAZIN, Professeur de Physique Nucléaire à la Faculté des Sciences de Lyon, Directeur de l'Institut de Physique Nucléaire de Lyon.

Secrétaire. — M. R. ARNAL, Maître de Conférences à l'I.N.S.A. de Lyon.

GRUPE DE MARSEILLE

Président. — M. Th. VOGEL, Directeur de Recherches au C.N.R.S.

Secrétaire. — M. J. GIRAUD, Ingénieur des Télécommunications.

GRUPE DU NORD

Président. — M. N. SEGARD, Professeur, Directeur de l'I.S.E.N.

Vice-Présidents. — M. R. CARPENTIER, Chef des Services Techniques Régionaux de l'O.R.T.F. — M. R. GABILLARD, Professeur, Directeur de l'Institut Radiotechnique.

Secrétaire. — M. BOUVET, Secrétaire Général de l'I.S.E.N.

GRUPE DE TOULOUSE-MIDI-PYRÉNÉES

Président. — M. F. CAMBOU, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Vice-Président. — M. J.-L. POURNY, Directeur général de la Société Synelec.

Secrétaire général. — M. BIREBENT, Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Informations de dernière heure

Ce numéro était entièrement composé lorsque nous sont parvenues les informations ci-après :

COLLOQUE « CIRCUITS INTÉGRÉS » NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION

Paris, 13 octobre 1967

Afin de présenter ses réalisations actuelles et ses projets ayant trait aux circuits intégrés logiques et analogiques, NSC organise un colloque le vendredi 13 octobre 1967 au Centre Parisien de Congrès Internationaux, 120, avenue Emile-Zola, Paris-15^e, à partir de 9 h 30.

Cette conférence aura lieu en anglais avec traduction simultanée en français.

Au programme :

Matin :

Circuits hybrides, par E.F. KVAMME, Product Manager, Digital and MOS Integrated Circuits.

Régulateurs de tension, par R.J. WIDLAR, Manager of Design and Development, Linear Integrated Circuits.

Après-midi :

Amplificateurs opérationnels, par R.J. WIDLAR.

Circuits intégrés digitaux, par E.F. KVAMME.

Circuits intégrés MOS, par E.F. KVAMME.

Discussion.

ELECTRONIQUE U.S.A. 1968

Francfort-sur-le-Main, 30 oct. - 3 nov. 1967

Du 30 octobre au 3 novembre 1967, le Centre des Relations Commerciales des Etats-Unis d'Amérique à Francfort-sur-le-Main, R.F.A., Bockenheimer Landstrasse 2-4 (Zürichhaus), organisera une exposition de composants électroniques, de machines de production et d'instruments de mesure. A cette exposition un certain nombre de firmes américaines présenteront des produits récemment développés dans les branches suivantes :

- Composants électroniques pour la mesure : relais, filtres actifs, amplificateurs opérationnels.
- Appareils pour la production des composants, surtout pour les semi-conducteurs et les circuits imprimés complexes.

- Génération, conditionnement et mesure des signaux, instruments à indication numérique, enregistreurs numériques, X-Y, à bande et à tambour magnétique.
- Calculateurs numériques, analogiques et hybrides, télé-mesure et télécommande.
- Systèmes hyperfréquence, enregistreurs vidéo, systèmes de sécurité pour ambiances spéciales.

COLLOQUE FRANCO-SOVIÉTIQUE SUR L'AUTOMATISATION

Paris, 21 et 22 novembre 1967

Sur le sujet « *Problèmes actuels de l'Automation appliqués aux industries mécaniques* » aura lieu les 21 et 22 novembre dans la Salle des Conférences, 6, rue Albert-de-Lapparent, à Paris-7^e, un Colloque qui aura à son programme :

- Tendances du développement de l'automatisation en U.R.S.S.
- Organisation du travail de recherche scientifique.
- Formation et reconversion des cadres dans les industries automatisées.
- Systèmes de commande automatique.
- Commande numérique de machines-outils.
- Automatisation des chaînes d'usinage.
- Problèmes concernant l'hydraulisme et le pneumatisme.
- Méthodes actuelles de production en chaîne des machines-outils en U.R.S.S.

Parmi les conférenciers soviétiques, M. A.N. LEONTIEV, Académicien ; le Professeur A.V. NETUSHIL, de l'Institut Energétique de Moscou ; les Professeurs S.N. ROJDESTVENSKI et V.V. CHOULGUINE, de l'Institut Bauman, ainsi que des Directeurs d'usines et des membres de l'Académie des Sciences de Sibérie. Parmi les conférenciers français : M. BÉZIER, de la Régie Renault ; le Professeur PRUDHOMME, du Conservatoire des Arts et Métiers ; M. LOMBARD, de la C.E.R.M.O. ; M. DESTANNE DE BERNIS, de l'Institut d'Etudes Sociales de Grenoble, etc.

La traduction simultanée sera mise à la disposition des auditeurs qui, en outre, recevront à la fin de chaque journée du colloque les textes tirés en français.

Pour tous renseignements et inscriptions, s'adresser à :

ASSOCIATION FRANCE-U.R.S.S. (Commission Sciences et Techniques), 8, rue de la Vrillière, Paris-1^{er}. Tél. : 488.32.20.

« Progress in Radio Science 1963-1966 »

Nous informons ceux de nos lecteurs qui sont intéressés par l'ensemble des conférences prononcées au cours de l'Assemblée Générale de l'URSI qui s'est tenue à Munich en septembre 1966 et dont le compte rendu par commission fait l'objet du présent numéro de l'Onde Électrique qu'ils peuvent se procurer les actes complets de ces sessions scientifiques :

Progress in Radio Science 1963-1966

au prix de \$ 15,00, port en sus, en s'adressant à l'International Scientific Radio Union c/o Space Science Laboratory, University of California, Berkeley, California 94720 - U.S.A.

L'UNION RADIOSCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

PAR

M. PONTE

*Membre de l'Institut, Président du Comité national français
de Radioélectricité scientifique*

Fidèle à la tradition, l'ONDE ELECTRIQUE ouvre ses colonnes au CNFRS, qui y présente la récente Assemblée générale de l'URSI.

L'Union radioscientifique internationale a été officiellement créée en 1919, en même temps que l'Union astronomique internationale, l'Union géodésique et géophysique internationale et l'Union internationale de chimie pure et appliquée ; cependant, on peut considérer que sa naissance remonte à l'année 1913, lorsque le général Ferrié créa la « Commission internationale de télégraphie sans fil scientifique ».

L'URSI est donc riche de traditions qui remontent à plus d'un demi-siècle, mais elle doit cependant s'adapter en permanence au rythme rapide du progrès scientifique et technique : c'est en son sein qu'on étudie, par exemple, l'application des masers et des lasers en radioélectricité, aussi bien que l'utilisation de la radioélectricité pour assurer des liaisons avec les satellites et sondes spatiales lointaines, ou pour étudier les astres les plus éloignés de notre Univers. Cette constante adaptation lui pose d'ailleurs des problèmes d'organisation, comme elle en pose aux autres Unions scientifiques ; les relations entre les Unions doivent évoluer, ainsi que les relations des Unions anciennes avec des organismes spécialisés créés plus récemment comme le Comité des Recherches spatiales (COSPAR) ou

la Commission inter-Unions pour la physique solaire-terrestre. Nous savons que le nouveau président de l'URSI le Professeur SILVER, s'est attaqué avec courage et dynamisme à la tâche d'une mise au point du rôle de chacun, et nous lui souhaitons le plus complet succès, afin que l'URSI, tout en conservant ce qu'il y a de meilleur dans ses traditions, soit un organisme vivant, actif, moderne, assurant effectivement la promotion et la coordination des recherches radioélectriques dans le monde entier.

Parmi les traditions de l'URSI et des Unions Scientifiques, une des plus efficaces, qui repose sur une longue expérience, concerne l'organisation des colloques et assemblées scientifiques : pour chacune de ces réunions sont retenus un certain nombre de sujets, choisis pour leur intérêt scientifique et leur actualité, que peuvent être traités en une ou deux séances d'une demi-journée. Chacune est organisée par une personnalité scientifique compétente, ou par un petit groupe. Elle comprend d'abord un exposé de synthèse, que les anglo-saxons appellent un « review paper », couvrant l'ensemble du domaine choisi et citant les travaux les plus récents dans ce domaine. Puis sont exposées quelques contributions, destinées à développer plus particulièrement certains des points traités dans l'exposé de synthèse, présentés par des conférenciers invités par les organisateurs. Enfin, une discussion générale a lieu, au cours de laquelle peuvent être présentées quelques courtes contributions spontanées, relatives à des travaux récents, à conditions que ces travaux se rapportent bien au domaine traité, ce dont s'assurent préalablement les organisateurs. Ce schéma permet d'obtenir des séances présentant un intérêt scientifique certain, et les organisateurs des colloques devraient s'en inspirer, afin d'éviter des séances où voisinent des contributions d'intérêt inégal sur des sujets trop différents, ce qui entraîne une certaine confusion chez les participants.

Je n'ai malheureusement pas pu assister à la XV^e Assemblée générale de l'URSI, et je laisserai au Général ANGOT, qui avait bien voulu accepter de m'y remplacer, le soin d'en parler. J'ai cependant appris que la participation française y avait été fort honorable et je tiens à remercier tous ceux à qui l'on doit ce succès : chercheurs et ingénieurs dont les brillants travaux ont trouvé leur place sur la scène internationale, organismes, publics ou privés qui, en soutenant notre comité, nous ont permis d'envoyer à Munich une délégation d'une soixantaine de personnes, permettant ainsi la mise en valeur des travaux français.

LA XV^e ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'UNION RADIOSCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

PAR

A. ANGOT

*Ancien Président du CNFRS,
Chef de la Délégation française
à la XV^e Assemblée générale de l'URSI*

La XV^e Assemblée générale de l'URSI s'est tenue du 5 au 15 septembre 1966. A l'invitation du Comité national allemand, elle s'est réunie à Munich, dans les locaux de la « Technische Hochschule » ; toutefois afin qu'elles se déroulent avec plus de solennité, la séance inaugurale s'est tenue dans la salle de concert de la Résidence et la séance de clôture à la salle de conférences du « Deutsches Museum ». L'invitation du comité allemand avait été acceptée à la précédente Assemblée générale à Tokyo, mais il avait fallu écarter une invitation du comité national yougoslave : à titre de compensation, un important colloque inter-Unions, organisé par l'URSI, s'est réuni à Belgrade du 29 août au 2 septembre ; ce colloque, auquel ont participé également l'Union astronomique internationale (U.A.I.) l'Union géodésique et géophysique internationale (U.G.G.I.) et le Comité des recherches spatiales (COSPAR), était consacré aux phénomènes Soleil-Terre, et il en sera rendu compte plus loin (Comité URSI-CIG).

Je traiterai principalement des questions générales concernant l'ensemble de l'URSI, et des questions à caractère administratif, le détail des séances scientifiques étant exposé ci-après pour les responsables des différentes commissions. Une première réunion du Bureau de l'URSI avait eu lieu à Belgrade le 31 août 1966 pendant le Colloque inter-Unions, mais elle avait été de pure forme. Il en fut malheureusement de même de la première réunion du Comité exécutif composé du Bureau et des délégués officiels des comités nationaux, et auquel je représentais la France ; au cours de cette première réunion, tenue dès le 3 septembre, on s'est borné à dresser une longue liste de problèmes à étudier, sans tenter d'en résoudre aucun ; c'est au cours des séances ultérieures de ce comité, et aussi des nombreuses réunions de groupes

restreints spécialisés, tenues le plus souvent en dehors des heures consacrées aux groupes scientifiques c'est-à-dire suivant un horaire très incommode, que furent élaborées les décisions que je vais essayer de résumer. Certaines d'entre elles n'ont d'ailleurs été confirmées que lors de la réunion du Bureau qui s'est tenue à Bruxelles après l'Assemblée, en février 1967.

Je commencerai par les modifications apportées au statut des Commissions qui se partagent le travail scientifique. Le mandat des présidents de commission, qui avait été antérieurement limité à 6 ans, a été ramené à 3 ans, c'est-à-dire qu'un nouveau président doit être désigné à chaque Assemblée générale ; toutefois, pour assurer la continuité nécessaire, un vice-président est désigné en même temps que le président, il doit normalement lui succéder trois ans plus tard ou en cas de force majeure. Cependant cette mesure ne sera pleinement appliquée qu'en 1969, et à Munich les présidents sortants pouvaient être réélus. On trouvera en annexe la liste des présidents, vice-présidents et secrétaires des commissions. Je résumerai ci-après les principaux faits de la vie de ces commissions lors de l'Assemblée de Munich.

La Commission I, dont le mandat est inchangé, et qui continuera à être présidée par L. ESSEN (Royaume-Uni) a deux sujets d'intérêt principaux : les étalons de fréquence (classiques ou atomiques) et les méthodes de mesure des différentes grandeurs radioélectriques, ces deux sujets ayant un point commun : la mesure précise des fréquences, et la comparaison des étalons de fréquence.

La Commission II, où J. SAXTON (Royaume Uni) a remplacé J. VOGÉ à la présidence, a substitué à son ancien mandat « Radioélectricité et troposphère » celui-ci, plus général de « Radio-électricité et milieux

non ionisés ». Cette modification qui avait déjà été envisagée à Tokyo en 1963, traduit l'évolution des préoccupations des chercheurs de cette commission : si deux séances ont encore été consacrées uniquement à la propagation dans la troposphère terrestre, d'autres l'ont été à l'étude générale des phénomènes de propagation dans les milieux non ionisés, une à la propagation sous la surface de la Terre, et une à l'observation des surfaces et atmosphères planétaires.

La Commission III, maintenant présidée par C.O. HINES (Canada), a conservé son mandat qui est intitulé simplement « ionosphère », ce qui, pour l'URSI, doit comprendre l'étude de la propagation des ondes dans l'ionosphère et l'étude de l'ionosphère au moyen d'ondes radioélectriques : on va même un peu au-delà, utilisant pour l'étude de l'ionosphère les mesures physiques directes par fusées et satellites, en liaison alors avec le COSPAR.

La Commission IV, a poursuivi son évolution : rappelons qu'avant 1963 elle traitait des « bruits radioélectriques d'origine terrestre » ; cependant, parmi ces bruits, les sifflements avaient pris la place d'honneur, et la propagation de ce type de bruit produit par les décharges orageuses était le principal moyen d'étude de cette région de l'espace, située au-dessus de la partie principale de l'ionosphère, principalement influencée par le champ magnétique terrestre, d'où son nom de « magnétosphère ». L'étude de la magnétosphère prenant plus d'importance, le comité français avait proposé en 1963 qu'on crée une nouvelle commission à cet effet ; le comité exécutif avait alors préféré confier l'étude radioélectrique de la magnétosphère à la commission IV, tout en lui demandant de poursuivre l'étude des bruits, ce qui avait été mis en relief par la création d'une sous-commission IVa, dont le mandat correspondait à l'ancien mandat de la commission IV. La sous-commission ayant eu une vie presque indépendante de celle de la commission-mère, le comité exécutif a reconnu les faits à Munich en décidant la transformation de cette sous-commission en une nouvelle **Commission VIII**. F. HORNER (Royaume-Uni) a été désigné président de cette commission et notre collègue R. RIVAULT vice-président, tandis que H.G. BOOKER (Etats-Unis) était réélu président de la commission IV.

A la Commission V, dont le mandat est suffisamment défini par le seul mot « radioastronomie », le président W.N. CHRISTIANSEN, quoique rééligible, a demandé à être relevé de ses fonctions, et c'est notre collègue E.J. BLUM qui le remplacera. Cette commission entretient des relations particulières avec l'UAI et ne souhaite pas faire à proprement parler de l'astronomie mais étudier l'application des techniques radioélectriques à l'astronomie, et les résultats qu'elles permettent d'obtenir.

Le mandat de **la Commission VI**, encore présidée par F. STUMPERS (Pays Bas), lequel s'énonce « Ondes et circuits » résume d'une façon un peu trop condensée les domaines d'activité de cette commission qui traite les problèmes théoriques de la radioélectricité. Aussi le comité exécutif a-t-il jugé bon de préciser ce mandat

par l'énoncé des trois principaux domaines qu'il recouvre :

- théorie de l'information,
- théorie des circuits (ou des réseaux)
- théorie des ondes électromagnétiques.

La même précision a été apportée au mandat de **la Commission VII** « radioélectronique » dont le titre n'est pas assez délimité, ce qui permet, en outre, de mieux définir les domaines des deux commissions ; ceux de la commission VII sont donc :

- systèmes électroniques
- physique des électrons et des plasmas,
- électronique quantique.

Notre collègue P. GRIVET, réélu, continuera à présider la commission VII jusqu'en 1969.

Les commissions de l'URSI ont organisé à Munich un certain nombre de réunions communes, où ont été confrontés les points de vue des chercheurs de disciplines différentes. Citons par exemple : les séances communes des commissions III et IV, dont les domaines sont très voisins ; deux séances consacrées à la propagation dans les milieux ionisés, avec les théoriciens de la commission VI et les géophysiciens des commissions III et IV ; une séance analogue consacrée à la propagation dans les milieux non ionisés (commissions II et VI) qui ne fut pas mixte, par suite de l'absence des chercheurs de la commission II (ils avaient une autre réunion au même moment) ; une séance organisée par les commissions II et V sur l'observation des planètes par radioastronomie et radar-astronomie.

Il est souhaitable que ces séances mixtes, qui manifestent la cohésion des différentes commissions de l'URSI, soient suffisamment nombreuses, et qu'elles soient organisées avec soin par un petit groupe comportant des représentants de chacune des commissions concernées.

En ce qui touche les comités spécialisés, le comité pour les recherches spatiales radioélectriques (**Comité SRR**) a été dissous, le comité exécutif estimant que les commissions intéressées peuvent maintenant collaborer directement avec le COSPAR et ses groupes de travail ; la représentation de l'URSI aux réunions du COSPAR sera assurée par un membre du bureau, et par les présidents des commissions II, III et IV.

Le comité pour la coopération internationale en géophysique (**Comité URSI-SIG**), lui, s'est transformé, en liaison avec les modifications intervenues au sein du Conseil international des unions scientifiques : deux commissions inter Unions ont été supprimées en 1966, celle sur l'ionosphère (IUCI) et celle sur les relations Soleil-Terre (IUCSTR) ; il semble que le Comité international de géophysique (CIG) ait subi le même sort, tous ces organismes ayant été remplacés par une unique **Commission inter-Unions sur la physique solaire-terrestre** (IUCSTP) présidée par H. FRIEDMAN (Etats Unis), qui aura pour tâche principale de continuer à encourager la coopération internationale en géophysique, après l'effort particulier fait pendant les Années internationales du Soleil calme. Cette réorganisation semble bonne,

car elle clarifie un peu la situation, mais on pourrait craindre que la nouvelle Commission inter-Unions, qui couvre les domaines des Commissions II, III, IV, et V de l'URSI, ne veuille se substituer à l'URSI elle-même : il faudra, pour éviter cela, que l'URSI fasse preuve d'un dynamisme suffisant afin de ne pas se laisser déborder par cette nouvelle Commission, chargée d'organiser des colloques et de promouvoir la coopération internationale. Faisons confiance au nouveau **Comité URSI-STP**, présidé par W.J.G. BEYNON (Royaume Uni), qui se substitue désormais au comité URSI-CIG.

Quant au **Comité de l'URSI pour les travaux du CCIR**, notre collègue B. DECAUX, tout en abandonnant sa présidence, lui a donné une vigueur nouvelle, en faisant désigner à l'URSI un certain nombre de groupes de travail permanents, chacun composé d'un petit nombre de spécialistes et chargé de renseigner le CCIR sur l'état d'avancement des recherches dans le domaine qui l'intéressent, tels que la propagation troposphérique et ionosphérique, les bruits, la théorie de l'information.

Parmi les décisions à caractère administratif, je mentionnerai celle de ne plus publier les comptes rendus sous forme de livres imprimés, mais sous forme de documents reproduits par photocopie à partir des textes remis par les auteurs : ceci est destiné à réduire à la fois le délai et le prix de la publication.

Signalons que les comptes rendus de la XV^e Assemblée générale [1] ont été diffusés dès février 1967 au prix de souscription de 13 dollars (maintenant 15 dollars) pour deux volumes comprenant au total 2 400 pages, les deux objectifs ont donc bien été atteints.

Le comité exécutif a approuvé l'admission de quatre nouveaux pays (Brésil, Hongrie, Mexique et Nigeria) portant de 33 à 37 le nombre des pays adhérant à l'URSI.

Il a enfin désigné le nouveau Bureau de l'URSI pour la période 1966-1969 : S. SILVER (Etats Unis)

a été élu président, les vice-présidents sont W.J.G. BEYNON (Royaume Uni), M. BIELLA (Italie), W. DIEMINGER (Allemagne) et J. GROSZKOWSKI (Pologne). Notre collègue B. DECAUX a été élu président d'honneur, ainsi que J.A. RATCLIFFE et R.L. SMITH-ROSE (Royaume Uni). A l'issue de l'Assemblée générale, le colonel E. HERBAYS a annoncé son intention de quitter ses fonctions de secrétaire général, compte tenu de son âge ; le président SILVER, avec l'accord du Bureau, a pressenti pour le remplacer C. MINNIS (Royaume Uni) qui termine à la fin de 1967 ses fonctions de secrétaire du Comité spécial pour les Années internationales du Soleil calme.

La XV^e Assemblée générale de l'URSI a réuni plus de 700 personnes qui ont pu participer, en plus des séances scientifiques organisées par les commissions, à des visites scientifiques et techniques, soit à Munich même (Technische Hochschule, Bayerischer Rundfunk, Institut für Rundfunktechnik, Siemens et Halske, Rhode et Schwartz, station hertzienne), à Ulm (Telefunken) ou dans les environs de Munich (observatoire solaire de Wendelstein, émetteur de télévision de la Zugspitze, station de télécommunications par satellites de Raisting).

La XVI^e Assemblée générale de l'URSI doit avoir lieu en août 1969 au Canada, en principe à Ottawa ; on a différé à 1972 une invitation du comité polonais afin de respecter la tradition d'alternance entre une Assemblée en Europe et une hors d'Europe. Avant de pouvoir apprécier l'hospitalité canadienne, nous devons exprimer à nos collègues du comité allemand nos félicitations pour leur parfaite organisation de cette XV^e Assemblée générale, ainsi que pour l'ambiance sympathique dans laquelle se sont déroulées toutes les réunions et manifestations, officielles ou connexes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Progress in Radio Science 1963-1966 Proceedings during XVth General Assembly of URSI (Munich, 5-15 septembre 1966) URSI, 1967.

Ce volumineux document est cité dans les rapports des différentes commissions et comités.

La page suivante donne la composition du bureau pour 1966-69 et celle du Bureau du CNFRS pour la période 1965-68, ainsi que les noms des Présidents, vice-Présidents et Secrétaires des diverses commissions de ces organismes.

UNION RADIO-SCIENTIFIQUE
INTERNATIONALE
(U.R.S.I.)

COMITÉ NATIONAL FRANÇAIS
DE RADIOÉLECTRICITÉ SCIENTIFIQUE
(C.N.F.R.S.)

Anciens Présidents

† Gal G. FERRIÉ (1921-1932).
† L.W. AUSTIN (1932).
† A.E. KENNELLY (1932-1934).
† Sir Ed. V. APPLETON (1934-1952).
† R.P. LEJAY (1952-1957).
† L.V. BERKNER (1957-1960).
R.L. SMITH-ROSE (1960-1963)
I. KOGA (1963-1966)

† P. VILLARD (1921).
† Gal G. FERRIÉ (1921-1932).
† C. GUTTON (1932-1948).
† R. BUREAU (1949-1950).
P. DAVID (1951-1952).
G. LEHMANN (1953-1956).
B. DECAUX (1956-1959).
A. ANGOT (1959-1962).
E. VASSY (1962-1965).

Présidents d'Honneur

B. DECAUX
J.A. RATCLIFFE
R.L. SMITH-ROSE

B. DECAUX.

Président

(1966-1969) S. SILVER

M. PONTE. (1965-1968)

Vice-Présidents

W.J.G. BEYNON
M. BOELLA
W. DIEMINGER.
J. GROSZKOWSKI.

P. BESSON.
A. BLANC-LAPIERRE.
R. RIVAULT.

Secrétaire Général

E. HERBAYS

M. THUÉ

Secrétaire Général Adjoint

C. MINNIS*

M. PETIT

Trésorier

Ch. MANNEBACK

P. CHAVANCE.

COMMISSIONS

Président (Secrétaires)	Vice-Président	Président	Vice-Président
	I. Mesures et Etalons radioélectriques		
L. ESSEN (R. WERTHEIMER, J.T. HENDERSON).	M.E. ZHABOTINSKY	R. WERTHEIMER	J. UEBERSFELD
	II. Radioélectricité et troposphère		
J. SAXTON (P. MISME, J. HERBSTREIT).	W.E. GORDON	P. MISME	G. BROUSSAUD
	III. Ionosphère		
C.O. HINES (F. DU CASTEL, R.W. KNECHT)	K. RAWER	F. DU CASTEL	A. LEBEAU
	IV. Magnétosphère		
H.G. BOOKER (J. DELLOUE, H.E. DINGER).	J.W. DUNGEY	J. DELLOUE	M. GARNIER
	V. Radioastronomie		
E.J. BLUM (J.L. STEINBERG, J.W. FINDLAY).	C.A. MULLER	E.J. BLUM	J.L. STEINBERG
	VI. Ondes et oscillations		
F.L. STUMPERS	H.M. BARLOW (K.M. SIEGEL, V.I. SIFOROV)	E. ROUBINE	E. MOURIER M. BOUX
	VII. Radioélectronique		
P. GRIVET (M.Y. BERNARD, W. VEITH).	M. CHODOROW	M.Y. BERNARD	Y. ANGEL M. SAUZADE
	VIII. Bruits		
F. HORNER* (R. GENDRIN*, M.J. RYCROFT*)	R. RIVAULT*

Comité pour la Physique solaire-terrestre

W.J.G. BEYNON

Comité pour les travaux du C.C.I.R.

D.K. BAILEY*

Membres du Conseil

P. ABADIE	E. FROMY	D. LEPECHINSKY
J. BENOIT	P. GRIVET	J. LOCHARD
J. BOUCHARD	A. KASTLER	J. VOGÉ
G. BROUSSAUD	M. LAFFINEUR	

* Désignations faites après la XV^e Assemblée générale.

... A désigner.

COMPTES RENDUS DES DIVERSES COMMISSIONS DE LA XV^e ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'URSI

Commission I

MESURES ET ÉTALONS RADIOÉLECTRIQUES

PAR R. WERTHEIMER

Président de la Commission I du C.N.F.R.S.

Présidée par le Dr ESSEN (Royaume Uni), la Commission a tenu sept séances scientifiques consacrées aux sujets suivants :

— Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires.

— Vitesse des ondes radioélectriques (en commun avec la commission VII).

— Étalons atomiques de temps.

— Comparaisons de méthodes de mesure et d'étalons à l'échelle internationale et connecteurs coaxiaux normalisés pour ces mesures.

— Étalons de mesure pour lasers.

— Mesures et étalons radioélectriques pour fréquences inférieures à 1 GHz.

— Mesures et étalons radioélectriques pour fréquences supérieures à 1 GHz (techniques optiques y comprises).

En outre, la Commission a participé [13] à la séance consacrée aux recherches spatiales radioélectriques, dont il est rendu compte par ailleurs.

M. R.W. BEATTY remplissait le rôle d'éditeur scientifique, alors que M. PATTENSON et l'auteur de ce compte rendu assuraient le secrétariat pour les langues anglaise et française.

1. Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires

Cette séance peut être divisée en trois parties : la première est consacrée à des exposés de caractères généraux faisant le point de la question, la seconde, à de courtes communications et la troisième, à la discussion.

La première partie comprend les communications du Dr RICHARDSON et du Pr EGIDI. Les textes de ces communications étant édités, nous n'en retiendrons ici que quelques conclusions.

Pour le Dr RICHARDSON [1] les exploitants actuels ne demandent pas une synchronisation des horloges à mieux que 100 μ s et, pour les mesures de fréquences étalon, on peut fixer à 10^{-11} la précision requise. Bien que les systèmes en usage courant pour la transmission des signaux horaires à grande distance ne permettent qu'une synchronisation à la milliseconde, l'utilisation des satellites, le déplacement d'horloges atomiques permettent une synchronisation à la microseconde. La synchronisation à la microseconde pour des stations distantes d'environ 1 500 km est aussi une opération courante grâce au système de radionavigation LORAN-C.

Les comparaisons de fréquences par ondes myriamétriques permettent une précision de quelques 10^{-11} pour une période de 24 heures et il semble que la limite pratique soit au voisinage de 10^{-12} pour une période de 30 jours. Compte tenu des effets relativistes (Effet Doppler du second ordre de 1.10^{-12} pour un véhicule lancé à 1 000 km/h et effet du champ de gravité de 1.10^{-13}), il semble souhaitable d'atteindre une stabilité et une précision de définition de la fréquence de 10^{-14} .

La communication du Pr EGIDI [2] est consacrée aux rapports entre les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires, d'une part, et le temps atomique coordonné et le temps universel coordonné (TUC), d'autre part. Elle est difficilement résumable puisqu'elle pose un problème dont la réponse dépend des utilisations. Dans la pratique, cette dif-

ficulté se traduit par un manque d'homogénéité dans les émissions de fréquences-étalons et de signaux horaires.

Dans la seconde partie, la Commission entend successivement le Dr MORGAN sur l'emploi d'une station mobile de contrôle de phase pour la détermination de l'influence de la distance et des conditions de propagation des ondes myriamétriques ; le Dr MARKOWITZ, sur le nouveau service de l'heure de l'Observatoire Naval de Washington ; le Dr BONANOMI, sur le réseau européen de transmission de fréquences étalon et de signaux horaires.

Ces courtes communications sont complétées par les interventions de quelques délégués qui signalent les mesures faites dans leurs pays, renseignements que l'on retrouvera dans les rapports nationaux.

Nous noterons l'intervention du Dr KROITSCH qui signale l'emploi des faisceaux hertziens de télévision pour une synchronisation des horloges à la micro-seconde près.

En informant la commission sur les tendances qui se sont manifestées à la dernière réunion du C.C.I.R., M. DECAUX ouvre la troisième partie de la séance.

Dans la transmission des fréquences étalon et des signaux horaires, trois voies sont actuellement ouvertes : les signaux horaires peuvent être verrouillés sur la fréquence porteuse qui peut être liée au temps atomique ou au temps universel, ou bien, dans une solution intermédiaire, la porteuse est reliée au temps atomique et les signaux horaires au temps universel. Bien que le Dr MARKOWITZ pense qu'il faille agir avec beaucoup de souplesse dans un domaine qui nécessite encore beaucoup d'expériences, la commission, dans sa majorité, pense que les signaux horaires doivent être liés à la porteuse qui ne peut être définie qu'à partir de l'unité de temps (atomique).

Pour éviter un trop grand écart entre le temps atomique ainsi défini et le TUC, on pourrait effectuer des glissements par sauts normalisés se produisant à des instants convenus et dont l'amplitude serait inférieure à la précision demandée par les utilisateurs du TUC.

Selon le Dr GUINOT, la précision et la rapidité actuelles de détermination de TUC ne permettent pas d'envisager des sauts inférieurs à 0,1 ms que certains observatoires laissent même échapper.

La discussion ayant été arrêtée à 12 h 30, le Dr ESSEN a proposé à la commission qui a accepté, de la reprendre après la séance sur la vitesse des ondes radioélectriques. Cette séance supplémentaire est d'abord consacrée au problème technique de la transmission d'un signal horaire sur une onde myriamétrique. Différentes méthodes sont proposées par le Pr EGIDI, et le Dr RICHARDSON rappelle que la durée de trajet d'un tel signal, liée à la vitesse de groupe, est toujours moins précisément définie que le retard de phase d'une onde monochromatique.

Le Dr GUINOT évoque ensuite le problème important de la construction du temps atomique moyen qui devient de moins en moins précis, en raison notamment des stations qui cessent leurs émissions

et de l'accroissement du nombre des nouveaux émetteurs.

2. Vitesse des ondes radioélectriques

La séance s'ouvre sur un exposé général du Dr ESSEN [3]. Cet exposé porte sur l'importance de la détermination précise de la vitesse des ondes électromagnétiques dans tous les appareils qui l'appliquent à des mesures de distances (géodimètre, mékomètre et telluromètre).

Après avoir indiqué que la précision actuelle sur la détermination de la constante universelle C était de l'ordre $\pm 3 \cdot 10^{-7}$ le Dr ESSEN signale que l'on peut espérer atteindre quelques 10^{-8} . La fin de son exposé porte sur la difficulté de principe qu'il y a à appliquer la relation $C = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$ puisque cela revient à prendre les équations de Maxwell comme axiomes non vérifiés à la précision où se situe présentement la métrologie. C'est en particulier ce que l'on fait lorsque l'on définit l'ohm étalon au milli-nième au moyen d'une capacité étalon de LAMPARD calculable à 10^{-7} près

La commission entend également une courte communication de M. ROCHEROLLE sur la mesure de la vitesse de la lumière au moyen de cavités résonnantes parallélépipédiques. La discussion s'engage ensuite sous la présidence du Pr GRIVET, président de la commission VII. Les méthodes de mesures par laser y sont évoquées et le Dr TERRIEN, directeur du Bureau International des Poids et Mesures, évoque la précision des mesures de longueur qui constituent la principale cause d'imprécision dans les mesures actuelles de C . La précision de 10^{-8} n'est en effet atteinte que sur des mesures de variation de longueur effectuées dans les meilleures conditions.

3. Etalons atomiques de Temps

Présidée par le Dr ESSEN qui remercie le Pr BARREL, président du Comité pour la définition de la seconde, et le Dr TERRIEN de leur collaboration, cette séance est divisée en deux parties consacrées respectivement aux exposés de mise au point et aux discussions.

L'exposé du Dr ZHABOTINSKI [4] est consacré aux étalons atomiques actifs, c'est-à-dire aux masers. Leur monochromaticité supérieure à celles des étalons passifs ne joue pas un rôle déterminant dans le domaine des étalons de fréquence et de temps où l'on effectue des moyennes sur des périodes prolongées de fonctionnement, mais elle peut être indispensable pour certaines expériences (mesure d'effet Doppler) ; compte tenu de la stabilité des horloges à quartz modernes, ils sont, le plus souvent, utilisés comme les étalons passifs pour contrôler l'exactitude de ces horloges.

Le Dr ZHABOTINSKI exprime l'inexactitude sous forme d'une somme de deux facteurs dont le premier influe surtout sur la reproductibilité et la stabilité d'un appareil donné, alors que le second détermine l'exactitude de la fréquence émise.

L'exposé du Dr BONANOMI [5] est consacré aux étalons passifs, et plus spécialement à l'examen de l'étalon à jet de césium du point de vue Exactitude, Stabilité à court terme et à long terme, Reproductibilité et Fiabilité.

De ces deux exposés, nous avons retiré l'impression que le maser à hydrogène est susceptible de meilleures performances que le jet de césium, sur lequel on possède cependant actuellement une bien plus longue pratique.

La seconde partie de la séance s'ouvre par une courte communication du Pr BARRELL sur le caractère provisoire de la situation actuelle où la définition astronomique de la seconde est exprimée en fait au moyen d'une transition spectroscopique. Selon le Pr BARRELL, cette solution ne peut se prolonger au-delà de la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures qui se tiendra en octobre 1967.

La commission entend ensuite un exposé de M. MORGAN sur des résultats de comparaisons effectuées au National Bureau of Standards entre des étalons à jet de césium et des masers à hydrogène.

Un large débat s'ouvre alors sur le problème de la définition de l'unité de temps. Dans l'état actuel des mesures, la fréquence 9192630770 pour la transition 3,0 → 4,0 du césium est en bon accord avec la définition de la seconde des éphémérides, mais certains membres de la commission pensent que le choix d'une transition n'appartient pas à l'URSI. Cette façon de voir n'est pas dictée par la prudence mais plutôt par le souci de ne pas ralentir les études en cours sur d'autres types d'étalons susceptibles de meilleures performances.

4. Comparaisons de méthodes de mesure et d'étalons à l'échelle internationale et connecteurs coaxiaux standards pour ces mesures

Le premier sujet de cette séance est introduit par un exposé général du Dr HENDERSON [6]. Le problème des comparaisons internationales se présente sous deux aspects : l'étude et la normalisation des méthodes de mesure adaptées à chacune des grandeurs choisies et la comparaison des étalons ou des appareillages servant de références nationales dans chaque pays. Tout ceci dans le but d'assurer une coordination internationale sous l'autorité du Bureau International des Poids et Mesures (B.I.P.M.). Pour les pays comme les Etats-Unis où le National Bureau of Standards est le responsable national unique, il ne doit y avoir qu'un correspondant par nation alors que cela semble impossible dans les pays comme le Japon où des laboratoires différents et privés jouent le rôle de spécialistes de la métrologie d'une des grandeurs intéressantes.

La discussion porte donc sur deux conceptions très différentes, l'une à tendance administrative que préoccupe la pyramide hiérarchique dont le B.I.P.M. constitue le sommet, et où l'URSI jouerait le rôle de coordinateur et d'animateur scientifique en étendant le domaine des mesures et des grandeurs normalisées par le B.I.P.M. ; l'autre conception part du principe que les buts de l'URSI sont purement

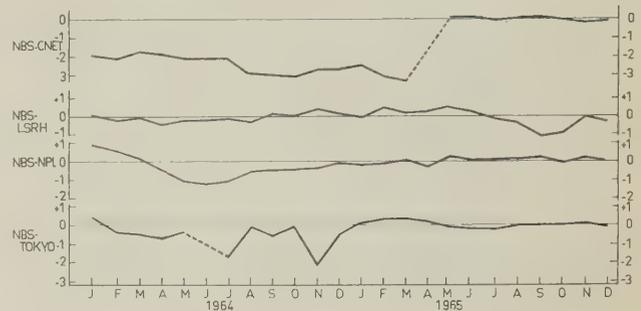


FIG. 1. — Résultat des comparaisons de fréquences (moyennes mensuelles) entre le N.B.S. et d'autres services possédant un étalon de fréquences.

Les ordonnées représentent les écarts relatifs de fréquences en 10^{-10} . La discontinuité qui apparaît dans les mesures entre le N.B.S. et le C.N.E.T. est due à un changement d'étalon au C.N.E.T. en avril 1965.

scientifiques, ce qui lui interdit d'intervenir dans l'organisation des différents services d'étalonnages.

La commission entend un rapport du Dr BOURDON sur l'activité du B.I.P.M. dans le domaine des comparaisons internationales, où un laboratoire pilote est désigné pour chaque domaine. On trouvera en annexe les résolutions prises par la commission sur ce sujet.

Il est clair que, pour tous les appareils de mesure utilisant les lignes coaxiales, les comparaisons internationales supposent une normalisation des connecteurs coaxiaux. La commission entend l'exposé général du Dr WEINSCHL [7] sur cette question et une courte communication de M. HARRIS concernant les supports diélectriques coaxiaux. Comme on le verra par ailleurs, elle recommande l'emploi des normes adoptées par l'association américaine IEEE.

5. Etalons de mesure pour lasers

La première partie de cette séance a été effectivement consacrée aux mesures pour lasers et, après épuisement de l'ordre du jour, la commission a entendu une communication du Dr GERBER sur les quartz [5a].

L'exposé d'introduction du Dr BIRNBAUM [8] est divisé en deux parties : la première est une revue des diverses méthodes de mesures de l'énergie et de la puissance émise par un laser, alors que la seconde traite des performances des méthodes de stabilisation de la longueur d'onde émise en vue de la construction d'étalons de longueur d'onde et de longueur.

Le débat qui suit est surtout centré sur le problème de la stabilisation de la longueur d'onde des lasers ; pour le résumer, on peut dire qu'il est dominé par la question de savoir si les perspectives de l'optique cohérente sont déterminées par les performances actuellement atteintes en hyperfréquence.

Le Dr OKAMURA apporte quelques compléments sur un microcalorimètre signalé par le Dr BIRNBAUM et, au cours de la discussion qui suit, il propose une comparaison de ce matériel avec des appareillages de même type.

Le Dr FELLERS fait une communication [8a] sur l'emploi de techniques quasi optiques en s'étendant sur un guide d'onde d'un type nouveau où la concentration d'énergie est assurée par le gradient de température existant dans le gaz diélectrique entre la paroi et l'axe de ce guide.

L'ordre du jour étant épuisé, le président propose l'audition d'une communication du Dr GERBER [5a] sur les progrès accomplis dans le domaine des oscillateurs à quartz et la discussion qui suit concerne surtout l'influence des supports de cristal.

6. Radiomètres aux fréquences inférieures à 1 GHz

Au cours de cette séance qui s'est tenue sous la présidence du Dr OKAMURA, la Commission a entendu deux exposés de synthèse faits par MM. HARRIS et BUSSEY.

De l'exposé général de M. HARRIS [9] nous retiendrons surtout trois tendances actuelles des mesures aux radiofréquences inférieures à 1 GHz :

— La partie supérieure de la gamme, les deux tiers suivant une estimation du conférencier, a été l'objet de plus d'attention que le restant.

— Pour répondre à l'amélioration de la précision des différentes méthodes de mesure, on a dû revoir les définitions, les méthodes et les techniques (exemple : connecteurs coaxiaux de précision).

— Enfin les techniques hyperfréquences et notamment l'emploi des coupleurs directifs sont de plus en plus utilisés dans cette gamme.

L'exposé du Dr BUSSEY [10] a été consacré aux mesures des propriétés électromagnétiques des matériaux et aux méthodes d'exploitation des résultats.

Une communication de M. SELBY [9a] a été consacrée à un nouveau mesureur de champ à large bande (0,185 à 30 MHz) pour des intensités comprises entre 0,1 et 1 000 V/m (fig. 2), à des mesures de précision sur le bruit, à la mesure des principales caractéristiques des impulsions et à un appareillage de précision pour des mesures de tension dont la fréquence peut atteindre 1 MHz (étalonnage des voltmètres).

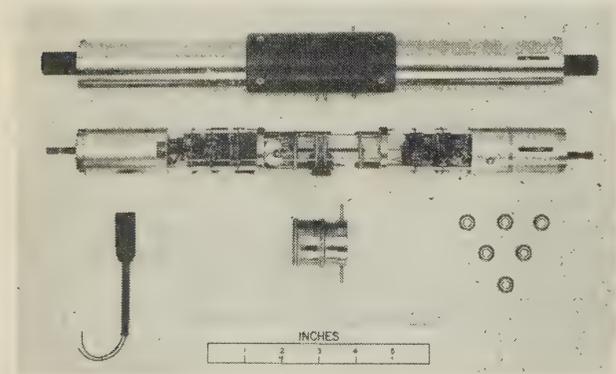


FIG. 2. — Sonde de mesure du champ électrique (miniaturisée, à circuits intégrés) étudiée et réalisée au N.B.S. pour la mesure du champ à proximité d'une antenne d'émission.

7. Radiomètres à des fréquences supérieures à 1 GHz

Placée comme la précédente sous la présidence du Dr OKAMURA, la séance commence par l'audition des rapports de M. BEATTY et du Dr OKAMURA.

L'exposé de M. BEATTY [11] est consacré aux progrès accomplis hors des Etats-Unis dans le domaine des mesures de puissance, de bruit, de coefficient de réflexion, de comparaison de phase, d'atténuation et d'intensité de champs.

Celui du Dr OKAMURA [12] est consacré aux progrès accomplis hors des Etats-Unis dans le domaine des mesures de puissance, des sources de bruit, des impédances, de l'atténuation, des propriétés des matériaux. La dernière partie de l'exposé traite des techniques nouvelles appliquées dans la gamme millimétrique.

La deuxième partie de la séance comprend :

— Une communication du Pr BARLOW sur les méthodes de mesure de puissance basées sur la quantité de mouvement transportée par une onde plane et sur le moment cinétique d'une onde polarisée circulairement. La discussion qui suit porte sur les mérites de ces méthodes par rapport aux méthodes bolométriques classiques. Du point de vue de leur précision, la comparaison n'est peut-être pas équitable car elles n'ont pas été l'objet d'autant d'études que les méthodes bolométriques, bien qu'elles présentent la possibilité incontestable de ne pas absorber la puissance mesurée.

— Une communication du Dr MUMFORD [11a] sur les techniques de mesure des faibles bruits. Il s'agit de techniques se rapportant notamment aux mesures des faibles températures de bruit des antennes hyperfréquences.

*
* *

Pour la période 1966-1969, et sur proposition de la commission, le Comité Exécutif a désigné le Dr ESSEN comme président de la Commission I et le Dr ZHABOTINSKI comme vice-président et successeur désigné du Dr ESSEN.

MM. J.Mc.A. STEELE et R. WERTHEIMER ont été élus secrétaires pour les langues anglaise et française.

Enfin, en cours de séance ou lors des réunions des membres officiels, des résolutions et des vœux ont été proposés par la Commission et adoptés par le Comité Exécutif de l'URSI ; on en trouvera le texte en Annexe.

BIBLIOGRAPHIE

Dans « *Progress in Radio Science 1963-1966* » (Part I) :

- [1] RICHARDSON J.M. — *Progress in the distribution of standard time and frequency* (pp. 40-62).
- [2] EGIDI C. — *World wide coordination of UT and AT* (pp. 63-75).
- [2a] *Narrow band time signals on myriametric waves* (pp. 76-80).
- [3] ESSEN L. — *The velocity of light and electromagnetic theory* (pp. 81-96).
- [4] ZHABOTINSKY M.E. — *Active atomic frequency standard (masers)* (pp. 28-39).

- [5] BONANOMI J. — Les étalons de fréquence atomique passifs (pp. 16-27).
- [5a] GERBER E.A. — High precision frequency standards - Quartz (pp. 13-15).
- [6] HENDERSON J.T. — International comparisons (pp. 97-112).
- [6a] SELBY M.C. — International intercomparisons of high frequency and microwave electrical quantities (pp. 113-116).
- [7] WEINSCHEL B.O. — Progress and standards in precision coaxial connectors (pp. 117-142).
- [8] BIRNBAUM G. — Laser measurements and standards (pp. 312-365).
- [8a] FELLERS R.G. — Measurements of the characteristics of optical and quasi-optical waveguides (pp. 290-311).
- [9] HARRIS I.A. — Radio measurements and standards at frequencies up to 1 GHz — A progress review of measurements of power, impedance and attenuation (pp. 143-157).
- [9a] SELBY M.C. — Remarks on progress at $f \leq 1$ GHz (pp. 157-162).
- [10] BUSSEY H.E. — Progress in measurements of electromagnetic properties of materials (pp. 265-289).
- [11] BEATTY R.W. — Microwave standards and measurements in the U.S.A. (pp. 194-260).
- [11a] MUMFORD W.W. — The low noise measurement technique of Penzias and Wilson (pp. 261-164).
- [12] OKAMURA S. — Standards and measurement methods above 1 GHz (pp. 172-193).
- [13] MARKOWITZ W. — Synchronization of clocks via satellites (pp. 163-171).

ANNEXE

Vœux, recommandations et résolution
élaborés par la Commission I

VŒU I.1.

L'URSI remercie l'UAI et le CCIR de leur coopération dans le domaine des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires, et prend note des résolutions prises à Hambourg en 1963 et à Oslo en 1966. L'URSI enregistre aussi avec satisfaction l'adoption provisoire par le CIPM en 1964 d'une unité atomique de temps. L'URSI pense cependant que toutes les méthodes qui ont été proposées et qui sont en usage dans les services de fréquence étalon en fonctionnement provoqueront des difficultés croissantes au fur et à mesure de l'accroissement de ces services ; elle pense que ces services doivent inévitablement s'orienter vers l'emploi d'un système de fréquence et de temps uniforme atomiques. Ceci nécessiterait la mise au point d'une certaine forme de correction pour les utilisateurs du temps astronomique.

VŒU I.2.

L'URSI apprécie l'heureuse décision de la 12^e Conférence Générale des Poids et Mesures qui a habilité le Comité International des Poids et Mesures à désigner une transition quantique pour être utilisée comme étalon pour les mesures de temps et de fréquence.

Ayant examiné l'exactitude obtenue dans la définition de la fréquence de transitions quantiques, l'URSI estime que les transitions hyperfines du césium, de l'hydrogène et du thallium donnent des résultats comparables. Bien que les travaux en cours pour réaliser de nouveaux progrès puissent être couronnés de succès, un certain nombre d'années devront s'écouler avant que ces progrès soient pleinement confirmés.

Considérant le fait que des étalons à césium de différente construction ont été employés et éprouvés d'une façon approfondie dans plusieurs laboratoires répartis dans le monde entier et qu'ils se sont montrés capables de fournir exactitude et sécurité dans des conditions variées, l'URSI est d'avis que la transition du césium est la plus convenable qui puisse être adoptée comme étalon pour la définition de la seconde.

RECOMMANDATION I.1.

Vu l'importance de la normalisation des unités de mesure, l'URSI recommande l'emploi des unités du Système International pour la mesure des grandeurs électriques et radio-électriques. Le Système International adopté par la Conférence des Poids et Mesures est publié dans le compte rendu des Séances de la 11^e Conférence Générale des Poids et Mesures (1961).

RECOMMANDATION I.2.

L'URSI, pleinement consciente du fait que les étalons de temps atomique n'ont pas encore atteint leur ultime précision, recommande que les travaux soient activement poursuivis dans ce domaine.

RECOMMANDATION I.3.

L'URSI recommande qu'une réunion des services responsables en Europe de la distribution des fréquences et du temps étalon soit conviée par le Président International de la Commission I, par l'intermédiaire des Comités Nationaux, dans le but d'examiner la méthode la plus appropriée pour assurer un service sûr dans cette zone.

RECOMMANDATION I.4.

L'URSI, vu l'intérêt croissant des comparaisons internationales d'étalons radio-électriques, les comparaisons déjà organisées soit par le BIPM, soit par elle-même, recommande :

a) que l'activité du BIPM soit étendue particulièrement dans les domaines de mesure où les techniques sont bien établies,,

b) que, dans la période transitoire et étant donné les mesures et techniques nouvelles, l'URSI continue de patronner les intercomparaisons à l'échelle nationale. Elle recommande en particulier des intercomparaisons pour les grandeurs suivantes : intensité de champ, affaiblissement, coefficient de réflexion, impédance, courant et tension sinusoidaux en ondes métriques et décimétriques, tension de crête des impulsions trapézoïdales pour les valeurs inférieures ou égales à 1 000 V,

c) que le Président international de la Commission I soit informé de tout arrangement pris en vue de telles comparaisons, ainsi que des résultats qui en découlent,

d) que, quand cela est nécessaire, le Président international de la Commission I favorise la mise au point de tels arrangements, se charge d'en diffuser les résultats aux Comités Nationaux et de tenir le BIPM au courant de toutes activités dans ce domaine placé sous les auspices de l'URSI,

e) que le Président international de la Commission I soit autorisé à constituer un comité *ad hoc* en vue de la promotion de ces intercomparaisons.

RECOMMANDATION I.5.

Vu les progrès substantiels accomplis dans le domaine des connecteurs de précision pour lignes de transmission coaxiales rigides, la Commission I de l'URSI recommande :

1. que, pour les comparaisons internationales de grandeurs radioélectriques qui seront désormais parrainées par l'URSI, les laboratoires emploient de préférence, les normes (1) de connecteurs adoptées par l'IEEE,

2. que la CEI envisage l'adoption des normes de l'IEEE pour les connecteurs coaxiaux de précision.

RÉSOLUTION I.1.

Etant donné l'intérêt commun du CIPM-BIPM et de l'URSI (notamment de sa Commission I) pour les questions scientifiques et métrologiques concernant les grandeurs électromagnétiques et les autres domaines de la physique, l'URSI décide que, pour le bien commun et dans un but de coopération mutuelle, le BIPM sera invité à désigner un représentant aux Assemblées Générales futures de l'URSI.

(1) IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements, Vol. IM-13, n° 4, pp. 286-291, Dec. 1964.

Commission II

RADIOÉLECTRICITÉ ET TROPOSPHÈRE

PAR P. MISME

Président de la Commission II du C.N.F.R.S.

et A. ROBERT

1. Structure fine de l'atmosphère à partir de l'observation et de la théorie de la turbulence, par R. BOLGIANO [1].

Une partie importante est constituée par le compte rendu d'un Colloque sur ce même sujet, tenu à Moscou en 1965. Ce Colloque était organisé sous la forme de discussions entre un petit nombre d'experts. Parmi les résultats de ces discussions ou exposés, on doit noter :

— L'utilisation d'un réfractomètre avec deux cavités de mesure espacées de 1 m, réfractomètre qui a permis de mettre définitivement en évidence la structure feuilletée de l'atmosphère.

— Des mesures faites au laboratoire et montrant que la séparation entre les zones turbulentes et laminaires est de l'ordre de quelques millimètres.

— Des mesures au radar confirmant ces résultats. On trouve dans l'atmosphère que cette zone de transition est quelquefois inférieure à 3 cm. Ceci étant obtenu par l'étude de la cohérence du signal sur les longueurs d'onde de 3 et 17 cm.

— La coexistence fréquente des zones de cisaillement de vent et de turbulence.

Puis l'auteur a fait la synthèse des résultats obtenus depuis trois ans grâce à un modèle théorico-expérimental.

2. Turbulence et structure de la troposphère à partir des mesures de propagation, par L. FEHLHABER et J. GROSSKOPF [2].

On commence par rappeler les expériences de balayage rapide d'antenne faites par WATERMAN et reprises par d'autres. Un balayage lent a aussi été effectué pour couvrir une plus grande partie du volume commun.

De plus, grâce à l'étude des fonctions d'auto-corrélation de signal reçu dans une liaison transhorizon sur plusieurs antennes, on peut retrouver certaines caractéristiques de l'atmosphère.

La conclusion des auteurs est que, pour les fréquences élevées, soit plus de 1 000 MHz, le modèle turbulent associé à la théorie de la diffusion rend bien compte des phénomènes. Pour les fréquences plus basses, il faut faire intervenir la théorie des réflexions partielles. On a ainsi une confirmation des théories exposées par l'école française entre 1958 et 1960.

3. Les effets de la propagation sur les mesures de distance, d'angle d'arrivée et d'effet Doppler dans les systèmes sol-sol, par M. THOMPSON [3], et les mêmes effets dans les liaisons Terre-Espace, par I. RANZI [4].

Il s'agit de deux exposés différents réunis ici, par souci de concision. Des essais ont montré que la perturbation apportée par la basse atmosphère est de l'ordre de 10^{-5} à 10^{-6} sur la mesure moyenne de la distance. En valeur instantanée, cette erreur est au moins de 10^{-5} . Dans le cas de la liaison Terre-Espace, seule la partie intéressant la basse atmosphère doit être considérée comme source d'erreur. Malgré certaines suggestions théoriques, le gain de l'antenne n'a pas d'influence sur cette précision. La connaissance de l'indice de réfraction en un point de la liaison n'est pas suffisante pour calculer cette erreur instantanée.

Pour la fluctuation des angles d'arrivée, peu de données ont été exposées, mais un article récent [15] relate les mesures faites en utilisant le satellite Early Bird. L'écart-type de cette fluctuation est un peu inférieur à 10^{-4} radian. On n'a pas beaucoup de données sur le rôle de la fréquence. On peut signaler aussi ce manque de données pour l'effet Doppler. Là encore un article récent étudie la question [16].

Au cours de la discussion qui a suivi, le Dr KATZIN a fait état des travaux que son équipe a effectués au Cap Kennedy sur la demande de la NASA. Ces travaux avaient pour objet d'améliorer les modèles bien connus du C.R.P.L. pour le calcul de la réfraction. On rappelle que, dans ces modèles, on admet que la connaissance de l'indice de réfraction au sol est suffisante pour calculer la courbure du rayon. Le Dr KATZIN a montré (après d'autres, mais en anglais !) que cette méthode était assez grossière et pouvait être largement améliorée par l'utilisation de la courbe expérimentale de l'indice en fonction de l'altitude.

4. Etude expérimentale des variations de l'indice de réfraction dans la troposphère, par J. LANE [5].

Depuis plus de dix ans, une équipe anglaise s'est spécialisée dans l'étude de la troposphère à petite échelle, d'abord avec des radars puis avec des réfractomètres à plusieurs cavités de mesure. L'auteur fait état, pour commencer, de la précision du réfractomètre. A la suite d'étalonnages divers, on a montré que cette précision atteignait 0,1 N pour

des vents inférieurs à 13 m/s mais diminuait jusqu'à 1,5 N pour des vents de 54 m/s qui heureusement sont exceptionnels lors des essais.

De toutes les expériences faites on doit retenir qu'il est impossible de représenter l'atmosphère par un spectre de turbulence de pente constante, cependant le spectre déduit de la théorie de KOLMOGOROV est le plus probable (pente de $-5/3$) (fig. 1).

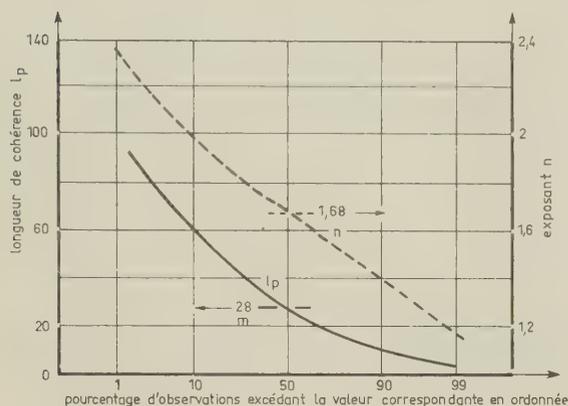


FIG. 1. — Distribution de la longueur de cohérence (dans la direction du vent) l_p et de l'exposant n dans le spectre d'indice de réfraction $E(f)$ proportionnelle à f^{-n} . (Figure extraite de la conférence de J. LANE).

L'étude des feuillets a été poursuivie expérimentalement. La séparation entre zones turbulentes et zones laminaires est faible, 5 N par mètre est un gradient fréquent et on a pu mesurer des gradients de 5 N pour 10 cm, cependant ces zones laminaires n'ont pas une surface lisse, ce qui laisse des doutes sur l'explication théorique de certains « anges » observés sur une longueur d'onde de 1 cm.

5. Analyse de l'atmosphère sans nuages à l'aide du radar : « anges », par D. ATLAS et K.R. HARDY [6].

Il est impossible de résumer cet exposé qui est déjà le résumé de très nombreux travaux expérimentaux et théoriques sur les anges. On doit signaler que cet article se termine par 17 figures et 29 références bibliographiques dont plusieurs se rapportent à des travaux soviétiques peu connus. C'est probablement l'exposé de synthèse le plus complet sur cette question, et on doit recommander à tous ceux qui s'intéressent à ce sujet de prendre connaissance de ce texte.

6. Distances de diversité et baisse de gain d'antenne en propagation transhorizon, par M. HIRAI [7].

L'auteur commence par analyser les nombreuses théories qui ont essayé de clarifier la question de la diversité. Toutes les théories citées acceptent, comme base de départ, le phénomène de turbulence. En comparant alors aux résultats de quelques travaux expérimentaux, on est conduit à conclure : « ...Il

semble maintenant prématuré de formuler des conclusions sûres au sujet de la distance de diversité, des recherches supplémentaires sont désirables ».

Au sujet de la baisse de gain d'antenne, la situation serait comparable. Ainsi qu'il est d'usage dans la presse américaine, en prenant le quotient de l'ouverture de l'antenne sur la distance angulaire de la liaison, on est conduit à des corrélations douteuses en étudiant ce paramètre en fonction de la baisse de gain. L. BOITHIAS a fait observer que les travaux qu'il a effectués avec BATESTI leur ont permis d'apporter une solution expérimentale à cette question [17]. On trouve une excellente corrélation entre la baisse de gain et le gain de l'antenne, ce qui prouve qu'au moins pour les distances usuelles (de 100 à 500 km), il n'y a aucun facteur de distance.

7. Radiométrie en ondes millimétriques, par A. ROBERT [8].

La mesure de certains paramètres atmosphériques, tels que la température, est possible, avec une bonne précision, par radiométrie millimétrique. Outre l'intérêt météorologique ou géophysique présenté, les conditions de propagation des ondes millimétriques dans l'atmosphère peuvent, par ce moyen, être précisées. De plus, les applications offertes par l'utilisation de telles techniques peuvent aller des relevés topographiques aux études des atmosphères et surfaces planétaires en passant par des recherches à caractère médical ou industriel.

La mesure du rayonnement infrarouge, qui a fait l'objet d'une synthèse de F. MÖLLER [9], fait largement appel aux techniques radioélectriques et est un prolongement naturel de la radiométrie en ondes millimétriques.

8. Influence des irrégularités de terrain sur la propagation et la réflexion des ondes radio, par J.B. SMYTH [10].

Diverses tentatives ont été accomplies pour décrire les caractéristiques des irrégularités de surface qui produisaient des champs diffractés en accord avec les champs observés. Il semble que la dépendance de la section efficace radar vis-à-vis de la fréquence en fonction de l'angle de dépression (angle de site négatif) puisse être une caractéristique identifiable de la surface (fig. 2).

9. Propagation radio sous la surface de la Terre, par J.T. de BETTENCOURT [11].

Le mécanisme de propagation des ondes radioélectriques sous la surface de la Terre dépend de la profondeur considérée.

Ainsi la propagation à travers les sédiments est du type « up-over-down » alors qu'à grande profondeur (≥ 10 km) une propagation guidée suivant des modes à faibles pertes en EBF ou TBF semble possible. Cependant si la conductivité du milieu à faible profondeur semble supérieure à 10^{-5} S/m, la valeur de ce paramètre est encore mal connue à forte profondeur.

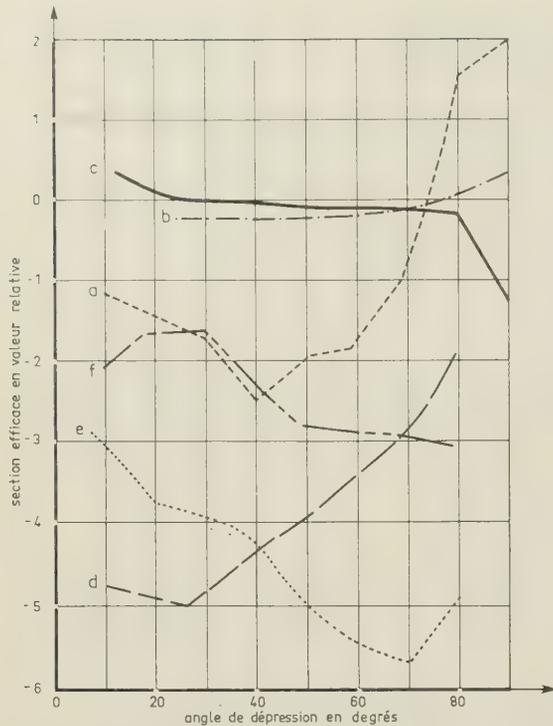


FIG. 2. — Variation de la section efficace radar en fonction de l'angle de dépression (angle de site négatif) dans la bande K.

- | | |
|----------------------------|-------------------|
| a) sur mer | d) sur l'herbe |
| b) sur la Lune | e) sur l'asphalte |
| c) sur la ville de Chicago | f) sur le ciment |

(Fig. extraite de la conférence de J.B. SMYTH).

*
* *

Une séance mixte, organisée par la Commission II avec le concours de la Commission V, a été consacrée à l'observation des planètes par radioastronomie et radar astronomie [12, 13, 14] et il en est rendu compte par ailleurs.

Sur le plan administratif, le mandat de J. VOGÉ à la présidence de la Commission venait à expiration ; c'est J.A. SAXTON (R.U.) qui a été désigné pour lui succéder, W.E. GORDON (E.U.A.) étant désigné comme vice-président ; les secrétaires de la Commission sont P. MÏSME pour la langue française et J.W. HERBSTREIT (U.I.T.) pour la langue anglaise. Par ailleurs, pour officialiser une tendance qui s'était déjà manifestée à la XIV^e Assemblée générale à Tokyo, le titre de la Commission « Radio-électricité et troposphère » a été remplacé par « Radio-électricité et milieux ionisés ». On trouvera en Annexe le texte des résolutions élaborées par la Commission pendant la XV^e Assemblée générale.

BIBLIOGRAPHIE

A — Dans « *Progress in Radio Science*, 1963-1966 » :

- [1] BOLGIANO Jr R. — Fine structure of the atmosphere deduced from direct observations and from turbulence theory (pp. 479-502).

- [2] FEHLHABER L., GROSSKOPF J. — Turbulence and structure of the troposphere derived from propagation measurements (pp. 503-522).
- [3] THOMPSON Jr M.C. — The effects of propagation on measurements of distance, angle of arrival and Doppler effect in ground-to-ground systems (pp. 579-595).
- [4] RANZI I. — Effects of propagation on the measurement of distance, angle of arrival and Doppler effect in Earth-Space links (pp. 596-613).
- [5] LANE J.A. — Experimental investigations of refractive index variations in the troposphere (pp. 381-400).
- [6] ATLAS D., HARDY K.R. — Radar analysis of the clear air atmosphere : Angels (pp. 401-478).
- [7] HIRAI M. — Diversity distances and loss in path antenna gain in tropospheric beyond-the-horizon propagation (pp. 538-578).
- [8] ROBERT A. — Radiométrie en ondes millimétriques (pp. 627-660).
- [9] MOELLER F. — Infrared radiation, its measurement and application in the physics of the atmosphere (pp. 615-626).
- [10] SMYTH J.B. — The influence of terrain irregularities on the propagation and reflexion of radio waves (pp. 523-537).
- [11] BETTENCOURT J.T. de — Review of radio propagation below the Earth's surface (pp. 697-772).
- [12] PONSONBY J.E.B., THOMSON J.H. — U.S.S.R.-U.K. planetary radar experiment (pp. 661-671).
- [13] SLEE O.B. — Jupiter's decametric emission and the solar wind (pp. 672-673).
- [14] MAYER C.H. — Radio observations of the planets (pp. 674-684).

B — Autres références :

- [15] UNGER J.H.W. — Random tropospheric angle errors in microwave observations of the Early Bird Satellite. B.S.T.J., nov. 1966, p. 1439.
- [16] MÏSME P., THOIN J.C. — Effet de l'atmosphère non ionisée sur la mesure de l'effet Doppler-Fizeau. Annales des Télécom. juillet-août 1966.
- [17] BOITHIAS L., BATTISTI J. — Etude expérimentale de la baisse de gain d'antenne dans les liaisons transhorizon. Annales des Télécom. sept.-oct. 1964.

ANNEXE

Résolution et recommandations élaborées par la Commission II

RÉSOLUTION II.1.

La XV^e Assemblée Générale de l'URSI décide de modifier comme suit le titre de la Commission II. — Radio-électricité et Troposphère : « Radio-électricité et Milieux non-ionisés ».

RECOMMANDATION II.1.

L'URSI recommande que la Commission Inter-Unions de Radiométéorologie (URSI-UGGI) poursuive ses activités en s'attachant particulièrement à organiser des réunions de groupes restreints travaillant sur des sujets spécialisés.

RECOMMANDATION II.2.

L'URSI recommande que, dans les études spatiales, une attention soutenue soit apportée à la mesure des caractéristiques des surfaces et des atmosphères planétaires, y compris la Terre vue de l'espace. Des expériences en laboratoire et sur des modèles pourraient s'avérer utiles.

RECOMMANDATION II.3.

L'URSI recommande que les applications de la théorie de la radiométrie soient plus nombreuses, et que soit accru le nombre des données radiométriques obtenues à partir des énergies atmosphériques et terrestres rayonnées en ce

qui concerne *a*) la structure atmosphérique et *b*) les systèmes de réception sensibles.

RECOMMANDATION II.4.

L'URSI *recommande* que l'attention soit attirée sur les ondes millimétriques, submillimétriques et optiques cohérentes en ce qui concerne : *a*) leur propagation à travers l'atmosphère, et *b*) leur utilisation en vue d'obtenir davantage de renseignements sur la structure atmosphérique, y compris les variations de l'indice de réfraction et l'intensité et la distribution des gouttes d'eau dans les précipitations.

RECOMMANDATION II.5.

L'URSI *recommande* que l'attention continue d'être consacrée à l'obtention de données nouvelles sur la propagation des ondes au-dessus et en-dessous de la surface de la Terre, en déterminant les caractéristiques du milieu et en mesurant leur effet sur le niveau du signal, l'angle d'arrivée, etc.

RECOMMANDATION II.6.

L'URSI *recommande* que les méthodes théoriques et expérimentales d'étude de la structure des irrégularités de l'indice de réfraction soient mises à profit particulièrement en ce qui concerne : la théorie de la mécanique des fluides, les systèmes à grand pouvoir de résolution, les mesures radioélectriques simultanées à incidence verticale et oblique (y compris l'effet Doppler), et les mesures radioélectriques et météorologiques simultanées (y compris la coopération des différentes disciplines), et qu'un effort spécial soit entrepris pour trouver la limite ultime imposée par l'atmosphère à la précision des mesures de distance, l'angle d'arrivée et d'effet Doppler, ainsi qu'au spectre transmissible.

RECOMMANDATION II.7.

L'URSI *recommande* qu'un effort continu soit fourni en vue de l'amélioration des théories et des modèles de l'atmosphère expliquant de manière adéquate les phénomènes de propagation, en particulier la question du gain effectif de l'antenne en fonction de la distance, de la fréquence, etc.

Commission III

IONOSPHERE

PAR F. DU CASTEL*

Président de la Commission III du C.N.F.R.S.

1. Introduction

L'orientation des travaux de la Commission III au cours de la XV^e Assemblée Générale, telle qu'elle avait été choisie par son président, concernait essentiellement les problèmes géophysiques de l'ionosphère. Les exposés introductifs qui ont été présentés, et les discussions qui leur firent suite, ont permis de faire le point sur les problèmes actuels de la région D, de la dynamique des régions E et F et de l'ionosphère supérieure. On notera que les aspects de ces problèmes liés aux températures du milieu n'ont pas été abordés au cours de l'Assemblée Générale, du fait qu'ils avaient été traités au cours du Colloque de Belgrade précédant immédiatement la tenue de l'Assemblée, dont il est rendu compte par ailleurs.

On passera en revue les problèmes traités, en renvoyant le lecteur aux publications de l'URSI pour des exposés plus détaillés. On citera cependant au passage les contributions françaises à ces travaux. Pour chaque sujet abordé, on tentera de distinguer l'évolution des techniques de mesure, l'état des connaissances expérimentales et la situation des interprétations théoriques.

On donnera, en conclusion, un aperçu sur les orientations possibles des travaux ultérieurs de la Commission, et on indiquera en Annexe le texte des recommandations adoptées.

* Ingénieur en chef des Télécommunications, au C.N.E.T., Département R.S.R.

2. Problèmes de la région D [1, 2]

La région de l'ionosphère la plus proche de la terre, entre 50 et 90 km, est probablement la plus mal connue. Ce paradoxe apparent résulte de la difficulté des mesures dans un milieu peu ionisé et assez dense. Mais les progrès récents des méthodes d'observation commencent à donner un aperçu des propriétés de la région D et de ses problèmes.

2.1. MÉTHODES DE MESURE

Les fusées apportent le seul moyen de mesure in situ de la région D. Les mesures par sondes, quel qu'en soit le type, sont d'une interprétation difficile en raison de l'influence de l'onde de choc. Des essais de sondes larguées, munies de parachute, ont tenté récemment de surmonter cette difficulté. Les mesures indirectes, reposant sur la propagation des ondes radio entre le sol et la fusée, rotation de Faraday ou absorption différentielle, sont peu précises dans cette région. Une méthode originale a été utilisée en France (C. RENARD), dans le cadre de la préparation du satellite FR-1, à partir de la mesure du champ d'un émetteur TBF terrien.

A partir du sol, les données sur l'absorption d'ondes TBF ou HF réfléchies dans les régions E ou F, après traversée de la région D, sont délicats à interpréter. Les méthodes dites d'intermodulation et de réflexion partielle paraissant actuellement les plus intéressantes. La méthode d'intermodulation, due à FÉJER, consiste à moduler, à l'altitude voulue, une impulsion réfléchie par l'ionosphère par une impul-

sion directe synchronisée, émise obliquement. La modification des propriétés d'absorption de la couche D par la seconde apparaît sur la modulation de la première et il est possible d'en déduire l'ionisation locale. La méthode des réflexions partielles utilise la diffusion d'une onde émise par les irrégularités de la région D. Une autre méthode au sol, devenue classique, est l'utilisation de riomètres, mesurant l'absorption du rayonnement galactique à plusieurs fréquences.

La comparaison des résultats des mesures pour diverses méthodes permet de se rendre compte de la limite des précisions actuelles (fig. 1).

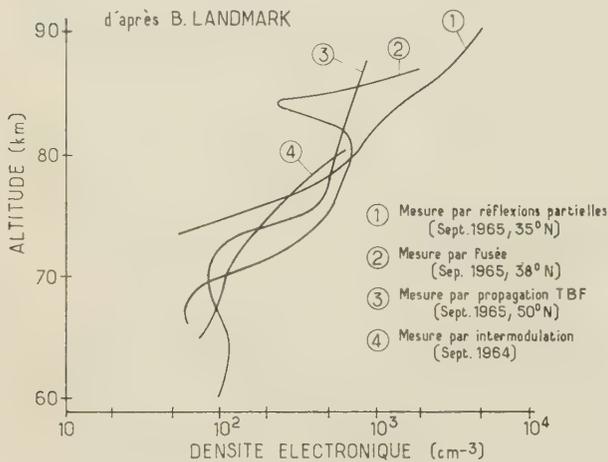


FIG. 1

2.2. PRINCIPAUX PROBLÈMES

Malgré l'imprécision relative des mesures, la densité électronique dans la région D est maintenant assez bien connue, ainsi que ses variations diurnes et saisonnières.

La composition ionique de la région D, par contre, est très problématique. La présence d'ions négatifs, notamment O_2^- , semble avoir été récemment démontrée par des mesures spectrométriques en fusées. Il demeure cependant un hiatus entre les mesures en laboratoire de taux de détachement collisionnel et les observations des variations de densité électronique entre le jour et la nuit.

Des modèles plausibles des fréquences de collision ion-neutre dans la région D sont maintenant admis. Ils font intervenir la section efficace de collision des particules v_m , qui est proportionnelle à la pression p et au rapport des températures électronique et neutre T_e/T_n . Celle de N_2 est assez bien connue, celle de O_2 beaucoup moins. Le meilleur modèle actuel, par rapport aux observations, serait de la forme (fig. 2).

$$v_m(s^{-1}) = (7,5 \pm 1,0) 10^7 p \text{ (mb)}$$

Il suppose une égalité des températures $T_e = T_n$, admissible jusqu'à une altitude actuellement imprécise, mais certainement supérieure à 100 km.

Un aspect intéressant des problèmes de la région D est qu'ils concernent la mésosphère, zone de cou-

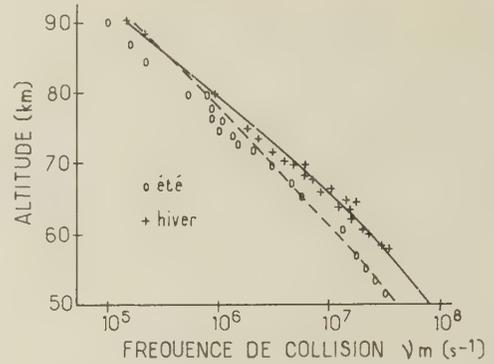


FIG. 2

plage entre les phénomènes atmosphériques et ionosphériques. Une relation a pu être établie entre le phénomène dit d'absorption anormale en hiver, caractérisé par une valeur plus forte malgré un éclaircissement plus faible, et le phénomène d'échauffement stratosphérique à plus basse altitude. Un accroissement de densité électronique à partir de 80 km résulte en effet de cet échauffement, par couplage à travers la mésopause. Cependant le mécanisme de cet échauffement lui-même est encore inconnu.

3. Dynamique de la région E [3]

3.1. MOUVEMENTS DU GAZ NEUTRE ET MOUVEMENTS DE L'IONISATION

La dynamique de la région E commence à être connue à partir d'observations au sol et en fusées. Les mesures classiques, par comparaison de phase des signaux réfléchis par l'ionosphère et reçus sur plusieurs antennes espacées, tel le réseau de Garchy (A. HAUBERT), conservent l'inconvénient d'une interprétation difficile. La méthode de détection par radar cohérent des échos réfléchis sur les traînées d'ionisation dues aux météores (A. SPIZZICHINO) permet une mesure continue et précise des mouvements dans la gamme d'altitude 90-120 km. Les mesures en fusées, par éjection de matière ionisable (J. CHANIN-LORY), ne peuvent encore fournir que des résultats au crépuscule.

L'ensemble de ces observations permet de commencer à concevoir un schéma d'ensemble des mouvements dans la région E. Une vue générale séduisante résulte des travaux de C. HINES sur les ondes de gravité. Les processus dynamiques de l'ionosphère auraient leur origine dans l'énergie du gaz neutre à plus basse altitude. Cette énergie se propagerait vers le haut sous la forme d'ondes planétaires, d'oscillations de marée et d'ondes de gravité de courte période, et, aux altitudes ionosphériques, se combinerait à l'énergie locale d'origine solaire. Il en résulterait un système complexe à l'origine des mouvements observés. La réponse de l'ionisation à ces mouvements du gaz neutre serait assez complète aux niveaux de la région E et deviendrait de plus en plus influencée par le champ magnétique terrestre à plus haute altitude. Une telle interprétation générale peut être critiquée et doit être précisée dans ses conséquences, mais elle repose certainement sur une base réaliste.

3.2. PHÉNOMÈNE E SPORADIQUE

La théorie classique des couches E sporadiques, à partir des cisaillements des vents, a été très controversée dans les dernières années. Des résultats récents des mesures en fusées semblent confirmer la présence, au moins dans certaines de ces couches sporadiques, d'ions lourds métalliques. Une révision assez importante de la théorie du phénomène devrait en résulter.

4. Dynamique de la région F [4]

4.1. ANOMALIES DE LA RÉGION F

Des progrès récents ont été faits dans la connaissance et l'interprétation des principales anomalies de la région F, anomalie équatoriale, anomalie saisonnière et maintenance nocturne de l'ionosphère.

Le synchinal équatorial de l'ionisation de la région F est mieux connu, depuis les observations en contre-haut des satellites Alouette (fig. 3) et de nouvelles observations sur les méridiens africains (P. VILA).

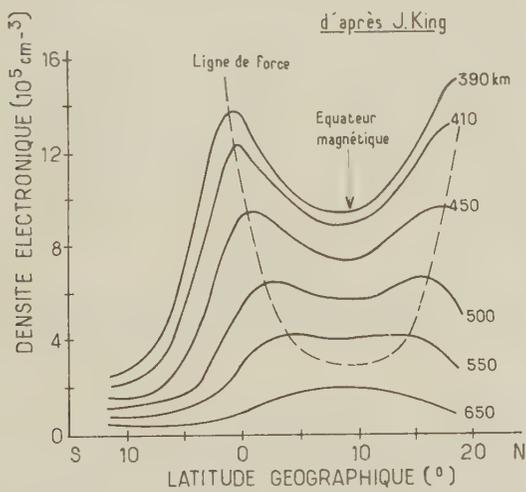


FIG. 3

Mais, pour interpréter les maximums conjugués de l'ionisation tropicale, plusieurs théories continuent de s'affronter, malgré des développements récents. Les unes prétendent leur trouver une interprétation par la seule considération de l'équilibre diffusif dans les régions équatoriales. Les autres invoquent le rôle des effets produits par les champs électriques, dont les valeurs réelles sont malheureusement mal connues. Plus récemment, on a étudié la contribution des photo-électrons produits dans la région F et s'échappant vers les maximums d'ionisation. Une synthèse de ces divers abords sera probablement possible dans les prochaines années.

Aux moyennes latitudes, la variation saisonnière de l'ionisation de la couche F ne suit pas la variation du rayonnement solaire. On a cherché des interprétations de cette anomalie dans différentes voies : échange de particules thermiques entre hémisphères conjugués, changement de composition atmosphérique suivant les saisons, influence de mouvements neutres macroscopiques, échanges iono-

sphère-magnétosphère. Aucune de ces hypothèses ne semble pouvoir être encore adoptée sans réserve.

De nuit, le recours à des processus de pertes et de diffusion est insuffisant à rendre compte du maintien de l'ionisation et il est nécessaire de faire appel à une autre source productrice. La discussion demeure entre ceux qui pensent à une source d'origine supérieure, flux protonique provenant de la magnétosphère, ou à une source d'origine inférieure, mouvement ascendant engendré par des champs électriques.

Cette brève revue montre bien à quel point fait défaut une bonne connaissance des champs électriques et des mouvements qu'ils peuvent engendrer dans la région F de l'ionosphère.

4.2. MOUVEMENTS GLOBAUX DE L'ATMOSPHÈRE NEUTRE

La recherche d'un système général de circulation au niveau de la couche F manque encore de base expérimentale. Le nouveau moyen de mesure que représente l'utilisation des sondeurs à diffusion de Thomson bistatiques (M. PETIT) doit apporter de riches informations dans un avenir proche.

Des modèles théoriques sont cependant déjà proposés, fondés soit sur les gradients de pression, soit sur les mouvements d'ionisation, ou des modèles expérimentaux, cherchant à regrouper des résultats épars. Ils ne peuvent être encore considérés comme acquis.

5. L'ionosphère supérieure [5, 6]

Les méthodes d'observation modernes permettent d'atteindre l'ionosphère supérieure et la basse magnétosphère (la plasmasphère). Ici sondeurs à diffusion de Thomson, satellites sondeurs à fréquence variable, sondes en satellites sont des moyens complémentaires. Ils permettent d'atteindre la température des ions et des électrons, la densité électronique et la composition ionique du plasma.

5.1. LA STRUCTURE IRRÉGULIÈRE DE L'IONOSPHERE SUPÉRIEURE

Les irrégularités de structure de l'ionisation apparaissent comme un des caractères dominants de l'ionosphère supérieure, dont on commence à avoir une assez bonne description. Les dimensions de ces irrégularités peuvent couvrir plusieurs degrés de latitude (fig. 4) ou au contraire n'être que de l'ordre du kilomètre, tout au moins transversalement aux lignes de force du champ magnétique. Une propriété commune semble être leur extension horizontale le long des lignes de même latitude magnétique et leur extension verticale le long des lignes de force dans la magnétosphère, voire même d'un hémisphère conjugué à l'autre. Le phénomène de guidage géomagnétique d'un rayonnement radioélectrique entre points conjugués en est un exemple (F. du CASTEL).

Quant au déplacement propre de ces irrégularités, il est moins bien connu. Pour certaines d'entre elles tout au moins, il existe un mouvement apparent vers l'équateur à une vitesse de l'ordre de 100 ms^{-1} .

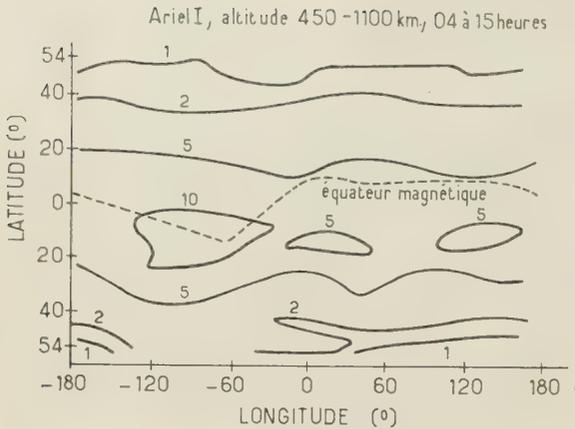


FIG. 4

5.2. LE COUPLAGE MAGNÉTOSPHÈRE-IONOSPHERE

Pour interpréter cette structure de l'ionosphère supérieure, il semble nécessaire de faire appel à un couplage de la magnétosphère et de l'ionosphère.

Parmi les processus qui peuvent être évoqués, il ne paraît pas possible de retenir les seules variations de température et de densité de l'atmosphère neutre, ni l'écart de l'ionisation par rapport à l'état d'équilibre diffusif, ni les variations de conductivité thermique, ni l'ionisation par des particules piégées.

Il est alors nécessaire de considérer les processus suivants : soit les variations de composition du milieu et les zones de transition, soit les mouvements de l'atmosphère neutre, soit encore le rôle des champs électriques d'origine magnétosphérique. Si une large variété de mécanismes peut résulter de l'une ou l'autre de ces actions, il n'est pas encore possible de proposer une interprétation correcte d'un phénomène particulier. D'ailleurs les données expérimentales sur la composition comme sur les champs électriques sont encore beaucoup trop insuffisantes.

6. Conclusions

Cette brève revue des problèmes abordés au cours de l'Assemblée Générale permet de se rendre compte de la situation des recherches qui préoccupent les ionosphéristes. L'intérêt d'une telle confrontation de géophysiciens sur leurs problèmes est certaine. On peut cependant se demander, avec le Comité français, si le cadre de l'URSI, choisi pour cette confrontation, correspond au mieux à la vocation de l'Union, parmi les autres organismes internationaux ; la création, décidée par l'ICSU, d'un Comité des relations Soleil-Terre oblige à se poser la question. Il est probable que, dans l'avenir, l'orientation des travaux de la Commission sera quelque peu déviée vers des problèmes plus proches de la vocation de l'URSI, ayant trait aux méthodes d'étude radioélectrique de l'ionosphère et pour lesquels une décision internationale des responsables nationaux, composant l'Assemblée Générale, peut être profitable au progrès scientifique.

Entendons bien, néanmoins, que l'Assemblée de Munich n'a pas négligé l'étude des problèmes qui

avaient pu lui être posés, en tant qu'organisme scientifique, par d'autres organismes.

On trouvera en Annexe le texte des recommandations prises par la Commission, dont certaines créent des groupes de travail permanents chargés de poursuivre des études à l'échelle internationale.

Sur le plan administratif, C.O. HINES a été élu président de la Commission pour la période 1966-1969, et K. RAWER vice-président. Les fonctions de secrétaires continueront à être remplies par R. KNECHT et F. DU CASTEL.

BIBLIOGRAPHIE

« *Progress in radio science 1963-1966* », (URSI 1967).

Cette publication rassemble les exposés de synthèse présentés et rend compte des discussions aux séances scientifiques. Les documents cités dans le présent compte rendu en sont issus :

- [1] LANDMARK B. — Structure and formation of the D region, p. 774.
- [2] PIGGOTT W. — Collisions frequencies in the D region and stratospheric-mesospheric relations, p. 826.
- [3] HINES C. — Ionospheric dynamics with emphasis of the E region, p. 863.
- [4] KOHL H. — Dynamics of the ionosphere : F region phenomena, p. 894.
- [5] GORDON W. — The F region and magnetosphere : back scatter results, p. 923.
- [6] WILLMORE A. — The topside F region and magnetosphere, p. 957.

ANNEXE

RECOMMANDATIONS ÉLABORÉES PAR LA COMMISSION III (IONOSPHERE)

RECOMMANDATION III.1.

Réseau d'observation ionosphériques.

L'URSI, notant que la Commission III a examiné le Vœu 22 (Oslo 1966) du CCIR sur les Sondages réguliers de l'ionosphère, ainsi que le Programme d'Etudes 2A/VI (Oslo 1966) du CCIR sur l'Amélioration du programme mondial d'observations ionosphériques pour la cartographie numérique, recommande :

1) que le Secrétaire général communique au CCIR l'accord général de l'URSI sur le Vœu et le Programme d'Etudes du CCIR, ainsi que les commentaires explicatifs figurant à l'Annexe ;

2) que la Commission inter-Unions de physique solaire-terrestre du CIUS effectue les études et prenne éventuellement les dispositions nécessaires pour la création d'un Service international solaire-terrestre qui serait chargé, notamment, de fournir les directives scientifiques nécessaires pour les réseaux d'observations ionosphériques ; que, en attendant la création de ce Service, le Comité de l'URSI pour la physique solaire-terrestre continue de grouper les membres consultatifs appropriés, et que ces recommandations soient portées à la connaissance du CCIR et des Comités Nationaux de l'URSI.

Annexe

1. Relativement au point 1 du Vœu 22 (Oslo 1966) du CCIR :

a) L'URSI considère l'ionosonde comme un outil important du point de vue scientifique et estime dès lors que les mesures effectuées par le réseau existant peuvent contribuer sérieusement à l'amélioration continue des connaissances

scientifiques sur l'ionosphère : elle note en outre que des groupes scientifiques nombreux utilisent les résultats des stations effectuant des sondages réguliers pour leurs recherches sur l'atmosphère supérieure, y compris les études de l'ionosphère par le haut.

b) L'URSI approuve et appuie le fait que les Centres mondiaux de données soient le mécanisme qui permet de rendre accessibles à la communauté des scientifiques et techniciens intéressés les résultats des observations systématiques de l'ionosphère.

2. Relativement au point de vue 2 du Vœu 22 (Oslo 1966) et au point 1 du Programme d'Etudes 2A/VI (Oslo 1966) du CCIR :

a) L'URSI accueille avec satisfaction l'étude requise par la Question 2/VI du CCIR, portant sur la distribution optimale des stations d'observation pour les prévisions ionosphériques à long terme et les études synoptiques à court terme.

b) L'URSI organisera, sous les auspices de son Comité pour la physique solaire-terrestre, une étude complémentaire tendant à déterminer la meilleure répartition à donner aux stations qui effectuent des sondages systématiques à la verticale et en oblique pour des fins scientifiques, et émettra, si possible, son appréciation sur les besoins du CCIR dans ce domaine, y compris la cartographie ionosphérique ; les résultats de cette étude seront communiqués en temps opportun au CCIR.

3. Relativement au point 4 du Vœu 22 (Oslo 1966) du CCIR

a) L'URSI attire l'attention des groupes s'occupant activement du dépouillement des données des sondages par le haut sur le Vœu du CCIR, et les invite à continuer de communiquer leurs résultats aux Centres mondiaux de données, si possible sous une forme appropriée au problème de la prévision ionosphérique.

4. Relativement au point 2 du Programme d'Etudes 2A/VI (Oslo 1966) du CCIR :

a) L'URSI souhaite que l'étude citée en 2. b) ci-dessus englobe un examen de ce Programme d'Etudes du CCIR, ainsi que des commentaires quant à la possibilité d'appliquer aux travaux de cartographie numérique de l'ionosphère les résultats des sondages réguliers sous incidence oblique et par le haut.

RECOMMANDATION III.2.

Observations pour les indices ionosphérique et solaire.

L'URSI, notant que sa Commission III approuve le Vœu 23 (Oslo 1966) du CCIR, recommande instamment :

1) que les neuf stations d'observation ionosphérique suivantes, établies de longue date, poursuivent leurs activités en vue de l'établissement de l'indice I_{F2} :

Canberra	Delhi	Slough
Churchill	Godley Head	Tokyo
College	Huancayo	Washington

tout en estimant que d'éventuels légers changements d'emplacement, par exemple ne dépassant pas 50 km aux latitudes moyennes, ne pourraient invalider les résultats utilisés pour l'établissement de l'indice I_{F2} ;

2) que le National Research Council, Ottawa, Canada, poursuive indéfiniment ses mesures du flux de bruit radioélectrique solaire sur 10,7 cm, étant donné que celles-ci représentent la seule base pour l'établissement d'un indice solaire valable pour toutes les disciplines scientifiques et techniques intéressées ;

3) que le Secrétaire général de l'URSI communique le texte de la présente recommandation au CCIR et aux organismes intéressés, ainsi qu'à leurs Comités Nationaux de l'URSI.

RECOMMANDATION III.3.

Propagation par guidage au-dessus du maximum d'ionisation de la région F.

L'URSI, considérant que le CCIR a préparé un rapport scientifique provisoire à ce sujet (Rapport 341, Oslo 1966) et adopté une Question (Question 5/VI, Oslo 1966) qui a été renvoyée à la Commission III de l'URSI, recommande

que, pour préparer la réponse de l'URSI à cette Question, le Comité de l'URSI pour la physique solaire-terrestre forme un petit groupe de travail permanent dont le mandat est donné dans l'Annexe à la présente recommandation.

Annexe

Le mandat ci-dessous est suggéré pour le Groupe de travail sur le Guidage au-dessus du maximum d'ionisation :

a) examiner la Question 5/VI du CCIR relative à la propagation par guidage au-dessus du maximum d'ionisation de la région F, réviser et mettre à jour le contenu scientifique du Rapport 341 (Oslo 1966) et inciter et encourager la poursuite des travaux dans le domaine des problèmes soulevés ;

b) étudier toutes autres questions relatives à l'ionosphère supérieure qui pourraient être renvoyées au Groupe de travail par la Commission III, le Comité pour la physique solaire-terrestre ou le Comité exécutif de l'URSI ;

c) faire rapport au Comité de l'URSI pour la physique solaire-terrestre, au cours de la réunion des AISC à Londres en 1967, et ultérieurement si nécessaire, de manière à pouvoir présenter en temps opportun au CCIR les rapports appropriés, aux fins d'examen par la Commission d'Etudes VI du CCIR ;

d) présenter à la Commission III, à titre d'information, au cours de la XVI^e Assemblée générale, un rapport de mise au point sur cette question. Il est suggéré que le Groupe de travail comprenne : M. W.R. Piggott (président), M. du Castel (secrétaire) et le Dr Chapman, et qu'il se mette en contact avec tous les chercheurs actifs dans ce domaine.

RECOMMANDATION III.4.

Nature physique des couches E sporadiques.

L'URSI, considérant que le CCIR a soumis à l'URSI (Commission III) le Programme d'Etudes 4A/VI (Oslo 1966) sur la prévision des couches E sporadiques, recommande :

1) que les commentaires formulés dans l'Annexe soient diffusés, dans l'espoir qu'ils attireront une attention accrue sur le problème de la base physique et de la prévision des couches E sporadiques ;

2) que le Dr Whitehead soit invité à établir, en se fondant sur la littérature scientifique et technique, de brefs rapports de synthèse sur la nature physique des couches E sporadiques, ainsi que sur toutes applications possibles au problème de la prévision ;

3) que l'Annexe et les rapports cités en (1) et (2) soient communiqués au CCIR comme contributions de l'URSI, en temps opportun pour les réunions de la Commission d'Etudes VI.

Annexe

a) L'URSI a patronné avec le COSPAR un colloque scientifique (Vienne, mai 1966) consacré aux cisaillements de vents dans la région E et à d'autres sujets essentiels pour la meilleure compréhension des mécanismes physiques donnant lieu à des couches E sporadiques [1] ;

b) D'autres réunions scientifiques consacrées aux problèmes de l'ionisation sporadique de la région E ont été organisées récemment, notamment la conférence d'Estes Park (Etats-Unis) en 1965 récemment publiée [2], de même que la parution sous forme de livre d'un recueil d'articles détaillés [3], et d'autres activités de ce genre sont projetées ;

c) Le mécanisme (ou les mécanismes) physique(s) à l'origine des couches E sporadiques constituent un sujet courant qui soulève un intérêt considérable dans les milieux scientifiques ; l'importance pratique de ce sujet pour les télécommunications doit stimuler les chercheurs à concentrer leur attention sur cet aspect de la physique ionosphérique et de l'aéronomie ;

d) Le système de prévision des couches E sporadiques, requis par le CCIR, est le développement important et logique des études scientifiques fondamentales et d'ailleurs

[1] Space Research, Vol. VII, Part I (North Holland, 1967).

[2] BOWHILL, ed., *Radio Science*, 1, n° 2, fév. 1966.

[3] MATSUSHITA and SMITH : *Ionospheric Sporadic E* (Perгамon Press 1962).

le degré d'efficacité de tout système de prévision réside dans la vérification finale de la compréhension des mécanismes physiques donnant naissance aux couches E sporadiques.

RECOMMANDATION III.5.

Répartition et emplacement des stations de sondage ionosphérique.

L'URSI, considérant que, dans sa Question 2/VI (Oslo 1966), le CCIR demande que soit étudiée la question de savoir quels sont les programmes mondiaux d'observations ionosphériques, les plus favorables pour les prévisions à long terme et les études synoptiques à court terme, recommande

que le Comité de l'URSI pour la physique solaire-terrestre effectue une étude complémentaire en vue de déterminer la répartition et l'emplacement des stations de sondage ionosphérique sous incidence verticale et sous incidence oblique, les plus favorables aux études scientifiques. Le mandat figure à l'Annexe de la présente recommandation.

Annexe

Il est suggéré d'ajouter les points suivants au mandat du Groupe de travail chargé de cette étude :

a) Tenir compte des besoins qui se manifestent dans les études scientifiques aussi bien du point de vue des données de sondage proprement dites, que du point de vue des données de sondage exploitées en conjonction avec les données d'expériences à partir du sol et d'expériences spatiales.

b) Des commentaires substantiels seront également fournis, si possible, au sujet du Vœu 23 (Oslo 1966) et du Programme d'Études 2A/VI (Oslo 1966) du CCIR.

c) Des rapports provisoires seront fournis pour juillet 1967, et ultérieurement, en temps opportun pour les réunions de la Commission d'Études VI du CCIR.

d) Un rapport de mise au point sera communiqué, pour information, à la Commission III de l'URSI au cours de la XVI^e Assemblée générale.

e) Il est suggéré de confier à M. W.R. PIGGOTT, membre consultatif pour les sondages verticaux, la présidence de ce groupe qui comprendrait les représentants des principaux organismes scientifiques faisant usage des données de sondages, et de solliciter les avis des chercheurs intéressés travaillant dans les domaines des études radioélectriques, de la géophysique et des recherches spatiales.

RECOMMANDATION III.6.

Ionosphère de référence.

L'URSI, considérant que le COSPAR et certains autres organismes ont manifesté quelque intérêt pour un projet de compilation d'une ionosphère de référence, analogue à la compilation publiée par le COSPAR sous le titre « Atmosphères de référence », recommande :

1) que le Comité de l'URSI pour la physique solaire-terrestre établisse un Groupe de travail pour juger de la nécessité de définir une ionosphère de référence ainsi que des possibilités de cette compilation à partir des connaissances actuelles, le Groupe de travail ayant le mandat figurant dans l'annexe, et

2) que, sur la base de cette étude et en consultation avec le COSPAR, le Comité de l'URSI pour la physique solaire-terrestre décide de l'opportunité d'entreprendre ce projet en association avec le COSPAR.

Annexe

Mandat et suggestions :

a) Prendre en considération l'avis de la Commission III de l'URSI, selon lequel une ionosphère de référence serait utile à plusieurs titres, mais que, à défaut d'une compilation détaillée tenant compte, aux altitudes de la région F par exemple, des variations diurnes, géographiques, géomagnétiques, saisonnières, selon le cycle solaire et autres, elle pourrait être interprétée de façon erronée par les chercheurs n'étant pas parfaitement au courant de ces questions très complexes.

b) Prendre en considération l'avis de la Commission III de l'URSI, selon lequel cette compilation représenterait un projet d'intérêt majeur, qui devrait tenir compte de la profusion de données de sondages à partir du sol, s'ajoutant aux données provenant d'expériences spatiales, ainsi que des autres compilations internationales telles que celles produites par le CCIR.

c) Il est prévu que le Groupe de travail prenne contact à ce sujet avec les Groupes de travail II et IV du COSPAR, ainsi qu'avec le Président du Groupe de travail international VI/3 du CCIR.

d) Il est suggéré que le Groupe de travail comprenne MM. BOWHILL, J.W. KING, J.W. WRIGHT, CARPENTER, CHAPMAN et EVANS, que M. BOWHILL réunisse ce Groupe et sollicite la participation, par correspondance, de tous les chercheurs intéressés.

e) Le Groupe de travail est également invité à présenter pour information à la Commission III un rapport de mise au point au cours de la XVI^e Assemblée générale.

RECOMMANDATION III.7.

Groupe de travail sur le dépouillement des données sur les vents ionosphériques.

L'URSI, notant qu'il est nécessaire que les spécialistes en la matière poursuivent la discussion sur le dépouillement des données sur les vents obtenues au moyen des différentes méthodes (D1 à D4), recommande

que le Comité de l'URSI pour la physique solaire-terrestre constitue un petit Groupe de travail permanent, avec mission d'étudier les problèmes de l'analyse et de l'interprétation, y compris les points mentionnés dans l'Annexe, et de formuler des recommandations à ce sujet.

Annexe

Mandat du Groupe de travail sur les vents :

a) Étudier de manière approfondie les différentes méthodes d'analyse des données, pour la méthode D1 en particulier, de façon à pouvoir donner aux stations des conseils sur l'efficacité relative de ces méthodes. Ce faisant, il conviendra de tenir compte de l'emplacement de la station et de ses disponibilités.

b) Comparer l'utilité des méthodes D1, D2, D3 et D4, et établir les besoins ainsi que les méthodes les meilleures de dépouillement et de présentation des données pour permettre la comparaison des résultats.

c) Examiner la question de la sélection et du rejet des données, pour être à même de formuler des conseils, lorsque cela est nécessaire, sur les critères les meilleurs à observer.

d) Déterminer, pour chacune des différentes méthodes, le minimum de données susceptibles de fournir une mesure valable des vents ionosphériques.

e) Déterminer quel est le réseau minimal de stations et quelles méthodes il convient d'appliquer pour obtenir un tableau synoptique mondial des vents, en tenant compte de l'importance de la distribution en fonction de l'altitude.

f) Réviser et rédiger à nouveau les manuels d'instructions pour les différentes méthodes d'observations de vents, de manière à ce que chacune de ces méthodes puisse être appliquée facilement par les opérateurs.

g) Il est suggéré que le Groupe de travail comprenne MM. WRIGHT (président), KUSHNEREVSKY, PFISTER, PIGOTT, RAWER, SPIZZICHINO et SPRENGER. Les autres chercheurs intéressés seront invités à fournir leurs contributions par correspondance.

RECOMMANDATION III.8.

Colloque sur les vents ionosphériques.

L'URSI, notant que l'interprétation et l'analyse des différentes méthodes de mesure des vents doit faire l'objet de discussions scientifiques plus approfondies, recommande l'organisation en automne 1967, éventuellement en association avec l'Assemblée générale de l'UGGI, d'un Colloque sur la signification physique des données sur les vents ionosphériques, au cours duquel une attention particulière serait consacrée à l'analyse synoptique.

RECOMMANDATION III.9.

Nomenclature pour les sondages ionosphériques par le haut.

L'URSI, notant l'avis de sa Commission III, recommande, pour l'interprétation des sondages ionosphériques par le haut, l'adoption et l'application de la nomenclature, des définitions et procédure décrits en Annexe, considérant que ceux-ci sont en conformité avec les recommandations de l'URSI relatives aux sondages à partir du sol, données dans « URSI Handbook of Ionogram Interpretation and Reduction », par Piggott et Rawer (Elsevier 1961).

Annexe

La nomenclature et la procédure ci-dessous se fondent sur les expériences décrites dans le rapport DRTE 9511-40 (R) du Groupe canadien ayant la charge des satellites Alouette. Celui-ci a approuvé certaines modifications tendant à les rendre conformes aux méthodes employées pour les sondages ionosphériques à partir du sol. Ces modifications ne seront pas appliquées aux données analysées avant la diffusion du présent document.

1. — Nomenclature

- d' — profondeur virtuelle de la trace de l'écho en-dessous du satellite.
- fN — fréquence de la flèche de plasma qui se produit pour $X = 1$.
- foS — fréquence de la trace de réflexion de l'onde ordinaire ($X = 1$) au niveau du satellite.
- fxS — fréquence de la trace de réflexion de l'onde extraordinaire ($X = 1 - Y$) au niveau du satellite.
- fzS — fréquence de la trace de réflexion de l'onde z ($X = 1 + Y$) au niveau du satellite.
- fzI — fréquence à laquelle la trace de réflexion de l'onde z tend vers un retard infini [$X = (1 - Y^2)/(1 - Y^2L)$].
- fT — fréquence de la flèche observée à la limite de la propagation transversale ($X = 1 - Y^2$).
- fH — gyrofréquence des électrons. Dans les tables : fréquence de la flèche à la gyrofréquence des électrons.
- nfH — fréquence de la flèche du n° harmonique de la gyrofréquence des électrons, excepté pour $n = 1$.
- fEs — fréquence maximale à laquelle une trace presque continue est observée pour Es .
- hS — altitude du satellite au-dessus du niveau moyen des mers.

Lettres qualificatives :

- H — (Pour emploi exclusif dans les tables fN) — lettre qualificative placée après la valeur numérique et indiquant que fN a été déduit de fT en utilisant fH .
- D — lettre qualificative placée après la valeur numérique et signifiant : supérieur à la valeur numérique.
- E — lettre qualificative placée après la valeur numérique et signifiant : inférieur à la valeur numérique.
- J — lettre qualificative placée après la valeur numérique et indiquant que le paramètre a été déduit d'un paramètre de l'onde extraordinaire observée.
- N — lettre qualificative placée après la valeur numérique et indiquant que le paramètre a été déduit d'une valeur observée de fN .
- O — lettre qualificative placée après la valeur numérique et indiquant que le paramètre a été déduit d'un paramètre de l'onde ordinaire observée.
- U — lettre qualificative placée après la valeur numérique et signifiant valeur incertaine.
- Z — lettre qualificative placée après la valeur numérique et indiquant que le paramètre a été déduit d'un paramètre de l'onde z observée.

Emploi :

1) Les lettres qualificatives doivent être suivies d'une lettre descriptive qui indique pourquoi la qualification est faite,

2) Dans le cas où, la valeur directe étant mesurable avec la précision nécessaire, une valeur déduite aurait été néanmoins employée, la lettre qualificative doit être répétée comme lettre descriptive.

Lettres descriptives : Pour les sondages par le haut, la liste des lettres descriptives normalisée pour les sondages à partir du sol est adoptée avec, si nécessaire, adjonction d'une lettre qualificative répétée (emploi n° 2 ci-dessus).

Remarques :

- fN est la fréquence de plasma à proximité du satellite.
- fN et foS sont numériquement identiques dans des conditions d'observation idéales, mais décrivent des phénomènes différents.
- fT est la fréquence hybride supérieure.

Emploi de J : Si Q est la lettre descriptive appropriée, $foS JQ$ signifie que foS a été déduit de la valeur observée de fxS , la valeur observée n'étant pas mesurée en raison de Q. $foS JJ$ signifie que foS a été déduit de fxS , bien que foS puisse être mesuré avec la précision nécessaire.

Emploi de H : Lorsque fN est déduit de fT et fH , parce que la valeur de fN était trop basse pour pouvoir être observée directement, il faut employer $fN HE$. Dans les autres cas, employer la lettre descriptive appropriée indiquant que fN n'a pu être observée directement, ou bien HH s'il y a lieu.

2. — Procédure

Il est recommandé d'établir les ionogrammes par le haut comme suit : la fréquence doit augmenter de gauche à droite et la profondeur apparente sous le satellite du haut vers le bas, la profondeur zéro se trouvant située en haut.

RECOMMANDATION III.10.

Mesures de l'absorption ionosphérique.

L'URSI, notant l'expérience acquise au cours des dernières années par sa Commission III dans le domaine des différentes méthodes expérimentales permettant de mesurer l'absorption ionosphérique, recommande :

- 1) que les Comités nationaux de l'URSI encouragent la mise en service de stations supplémentaires effectuant des observations de type A1 et A3, en particulier dans les zones où ces observations ne sont pas effectuées à l'heure actuelle ;
- 2) que les observations de type A1 soient effectuées de préférence sur quatre fréquences (largement espacées), partout où cela est possible ;
- 3) que le Comité de l'URSI pour la physique solaire-terrestre se charge de publier et de diffuser les manuels d'instructions de l'AGI et des AISC pour les méthodes A1, A3 et la nouvelle méthode A4 (réflexions partielles), dans une forme appropriée à l'emploi par les opérateurs et en tenant compte des commentaires formulés en Annexe ;
- 4) que le Comité de l'URSI pour la physique solaire-terrestre étudie les problèmes de l'analyse et du dépouillement, comme indiqué en Annexe.

Annexe

Activités proposées :

1. En ce qui concerne la *méthode A1* (réflexion d'impulsions) :
 - a) étudier les effets des inégalités de l'ionosphère sur l'absorption avec déviation, en particulier à proximité de la fréquence critique, ainsi que toute méthode permettant de minimiser ces effets ;
 - b) étudier les problèmes de l'analyse et du dépouillement des mesures automatiques de l'amplitude, et en particulier la possibilité d'erreurs systématiques inhérentes aux méthodes manuelles.
2. En ce qui concerne la *méthode A2* (atténuation du bruit cosmique) :
 - a) déterminer les conditions dans lesquelles les observations A2 peuvent être utilisées pour mesurer les variations de l'absorption normale (la méthode pour l'étude des événements étant bien établie) ;

b) rassembler, comparer et faire connaître les méthodes d'étalonnage pour les observations de type A2 ;

c) étudier l'influence de l'ouverture et des lobes latéraux des antennes sur la précision de l'étalonnage et la sensibilité aux brouillages ;

d) étudier la cohérence des données pendant de longues périodes.

3. En ce qui concerne la *méthode A3* (intensité du champ d'ondes entretenues) :

a) inviter le Dr Schwentek à préparer à l'intention des opérateurs un manuel pour utilisation aux hautes fréquences ;

b) inviter le Prof. Lauter à préparer à l'intention des opérateurs un manuel pour utilisation aux très basses, aux basses et aux moyennes fréquences.

4. En ce qui concerne la *nouvelle méthode A4* (réflexions partielles) :

a) inviter le Dr Belrose à préparer un texte donnant la description de l'équipement pour mesurer les réflexions partielles, sous une forme qui en permettra l'utilisation par les chercheurs ne possédant pas d'expérience dans ce domaine ;

b) inviter le Dr Belrose à préparer à l'intention des opérateurs et sous une forme qui leur sera accessible, un manuel comprenant des instructions détaillées relatives au dépouillement.

RECOMMANDATION III.11.

Mesure des vents ionosphériques.

L'URSI, considérant que sa Commission III a constaté (i) de sérieuses lacunes dans l'étude synoptique des phénomènes de vents dans l'ionosphère, (ii) une pénurie des renseignements relatifs aux relations entre les données obtenues au moyen de méthodes ou techniques différentes et les données obtenues au moyen d'une seule méthode de mesure des vents, (iii) un développement considérable des méthodes spatiales à l'efficacité desquelles les données synoptiques peuvent contribuer, *recommande* :

1) que, pour l'analyse des vents mesurés par la méthode D1, toutes les stations appliquent la « méthode des évanouissements similaires », en tant que méthode d'analyse fondamentale et simple qui leur permettra de comparer leurs données ;

2) que les stations qui observent les vents dans l'ionosphère soient encouragées à appliquer des méthodes plus élaborées de dépouillement des résultats aux fins de vérification et de comparaison ;

3) que, en Amérique du Nord et dans l'hémisphère sud, un nombre accru de stations appliquent les méthodes radioélectriques à partir du sol ;

4) que la comparaison des différentes méthodes de mesure des vents soit encouragée par des programmes d'observation à long terme réalisés par une même station ;

5) que les stations conservent leurs données sous leur forme originale ainsi que les paramètres expérimentaux nécessaires, ce qui permettrait une nouvelle analyse éventuelle au moyen de méthodes nouvelles.

Commission IV (et sous-commission IVa)

MAGNÉTOSPHERE

Perturbations radioélectriques d'origine terrestre

PAR

J. DELLOUE et M. GARNIER

Président Vice-Président

de la Commission IV du CNFRS

Quelques jours avant la XV^e Assemblée Générale de Munich, un Symposium sur la Physique des Relations Soleil-Terre s'est tenu à Belgrade sous l'égide de l'U.R.S.I. et en association avec l'U.G.G.I., l'U.A.I. et le C.O.S.P.A.R. Au cours de ce Symposium, nombre de problèmes concernant la magnétosphère ont été abordés et il en est résulté quelques inconvénients pour les séances scientifiques de la Commission IV : les personnes n'ayant pas assisté au Symposium ont pu trouver que divers problèmes n'avaient été qu'incomplètement traités, voire laissés de côté, et, par contre, celles qui avaient participé ont remarqué des redites.

Par ailleurs, sur le plan matériel, l'écartèlement entre Belgrade et Munich a prolongé sans grande nécessité la durée globale de l'ensemble des réunions

pour les membres de la Commission IV et exigé un déplacement en cours de travail, suivi de plusieurs jours sans réunions à Munich, en raison de l'avance prise par la Commission IV sur les autres Commissions. Il ne semble pas souhaitable qu'une telle opération se répète dans le futur. Des réunions coordonnées entre grandes organisations internationales sont évidemment nécessaires mais elles ne devraient pas influencer le déroulement normal des réunions propres à chaque organisation.

La Commission IV - IVa a tenu sept réunions dont deux en commun avec la Commission III. Une réunion spéciale, commune à toutes les Commissions de l'U.R.S.I. a été consacrée à une présentation résumée des résultats du Symposium de Belgrade, dont il est rendu compte par ailleurs (comité U.R.S.I.-C.I.G.).

1. Séances sur les atmosphériques

Deux séances ont été consacrées à ce sujet qui constitue la majeure partie des préoccupations de la Sous-Commission IVa.

Dans un rapport très détaillé, E.T. PIERCE a passé en revue les progrès effectués depuis 1963 dans l'étude de l'atmosphérique engendré par un éclair d'orage [1]. Une avance particulière est à noter dans l'étude du spectre des atmosphériques : lorsque la fréquence augmente dans la bande TBF (3 à 30 kHz), l'amplitude des impulsions émises décroît mais le nombre d'impulsions par éclair croît. Au-dessous de 10 kHz, l'amplitude varie inversement proportionnellement à la fréquence [2] bien que des écarts notables par rapport à cette loi aient été observés [3].

L'étude des atmosphériques lointains a permis d'estimer les effets de la propagation : les résultats nouveaux ne modifient pas les idées antérieures. La variation avec la distance des caractéristiques des atmosphériques, associée à la détermination de l'azimut de la source, est une méthode puissante de localisation des orages [4, 5, 6]. Le nombre des décharges sur l'ensemble de la surface du globe est estimé à 120 par seconde [7].

Les observations en satellite sont cohérentes avec celles effectuées au sol, compte tenu des effets de la transmission à travers l'ionosphère. On peut détecter les zones orageuses à partir d'un satellite en opérant sur une fréquence supérieure à 100 MHz, mais cela n'est possible que dans une zone dont le diamètre est de l'ordre de la centaine de kilomètres autour de la zone orageuse [8].

Des atmosphériques de nature inhabituelle sont créés par les tornades [9, 10] et les explosions nucléaires [11, 12].

Enfin les études théoriques sur les atmosphériques sont, dans le domaine des TBF, en bon accord avec les observations.

F. HORNER a présenté une synthèse très complète des récents progrès dans l'analyse du bruit atmosphérique et de son effet sur les radiocommunications [13]. Les paramètres qui ont été particulièrement étudiés sont l'intensité, l'amplitude à court terme, et la relation entre le bruit intégré et les caractéristiques de la source.

Les mesures d'intensité effectuées montrent des écarts de quelques décibels par rapport aux données publiées par le C.C.I.R. [14], en particulier pour les stations océaniques situées à grande distance des sources d'atmosphériques [15]. Les récentes expérimentations ont permis d'améliorer les connaissances relatives au bruit dans les régions polaires [16, 17, 18] : il semble que les atmosphériques ne peuvent être la cause principale du bruit aux basses fréquences et aux hautes latitudes. Une étude du bruit à la fois aux basses et aux moyennes fréquences pendant le dernier cycle solaire [19] a montré que son intensité était minimale lors du maximum d'activité solaire et inversement. Les conditions de propagation variant de façon à accroître le niveau de bruit pendant le maximum solaire, on doit conclure à une diminution de l'activité atmosphérique pendant cette période. Beaucoup d'enregistrements dans le domaine des ondes longues — habituellement à 27 kHz — destinés primi-

tivement à l'étude des variations ionosphériques et de l'influence des taches solaires sont maintenant obtenus à l'aide d'instruments calibrés en amplitude. Les résultats sont disponibles pour l'établissement d'une carte de distribution du bruit.

Plusieurs analyses théoriques de modèles idéalisés de bruit ont été poursuivies [20, 21] afin d'expliquer la forme des distributions de l'amplitude. Un accord satisfaisant avec les résultats expérimentaux a été obtenu.

Les données relatives à des atmosphériques, fournies par les compteurs d'éclairs, ont été comparées aux orages locaux [22]. Le bruit en basse fréquence est proportionnel au nombre de décharges orageuses lorsque celles-ci sont nombreuses et proches [23, 24]. Dans la gamme des fréquences moyennes, les valeurs mesurées sont souvent très inférieures aux valeurs attendues pour les orages locaux. On a suggéré que les récepteurs de bruits classiques, à cause de leur dynamique limitée, enregistrent mal les orages proches et sous-estiment la puissance de bruit [24].

Enfin des évaluations du bruit atmosphérique dans l'espace, basées soit sur les intensités mesurées au sol [25] soit sur le nombre et les propriétés des décharges individuelles [26], ont été faites.

Il n'existe pratiquement pas de travaux sur l'application des données sur le bruit à des problèmes pratiques de brouillage. Une meilleure compréhension de l'origine et des caractéristiques du bruit est nécessaire sur le plan scientifique mais il n'apparaît pas clairement si cette étude est justifiée du point de vue des communications et sous quelle forme elle devrait alors être conduite.

2. Session sur les sifflements radio-électriques

L'exposé très fourni de R. RIVAULT [27] a passé en revue les importants progrès accomplis dans le domaine des sifflements radioélectriques depuis 1963.

Les enregistrements synoptiques qui, depuis 1957, s'étendent sur plus d'un demi-cycle solaire, ont été utilisés pour établir des relations entre l'occurrence du phénomène à diverses latitudes et les activités solaire et magnétique. Surtout nocturne lors des maximums, l'occurrence augmente aux moyennes et basses latitudes en fin d'après-midi et au début de matinée lors des minimums [28]. Ce résultat pourrait s'expliquer en partie par la diminution de l'absorption au niveau de la région *D* lors du minimum solaire. La comparaison entre l'occurrence des sifflements et la diffusion ionosphérique aux basses et moyennes latitudes permet de mettre en évidence une nette corrélation entre ces deux phénomènes qui peut s'interpréter par l'existence d'irrégularités alignées le long des lignes de force du champ terrestre [29].

Plusieurs méthodes, basées sur la réception des sifflements [30, 31] ou des signaux rayonnés par des émetteurs à ondes longues [32, 33, 34], ont été employées pour connaître les caractéristiques des trajectoires suivies par l'énergie et pour en préciser les variations.

L'analyse d'un grand nombre de « knee-whistlers » enregistrés dans l'Antarctique a permis de découvrir la « plasmopause » [35, 36] et d'en étudier l'évolution diurne : c'est une frontière, sous contrôle direct

du champ magnétique terrestre, qui sépare la magnétosphère en deux régions, l'une intérieure, où la concentration électronique est de l'ordre de 100 électrons par centimètre cube, l'autre extérieure, où elle ne dépasse pas quelques unités. La distance équatoriale de cette discontinuité est fonction de l'activité magnétique : elle est de l'ordre de $7 R_E$ pour $K_p = 0$ à 1 et de $4 R_E$ pour $K_p = 2$ à 4. Cette transition a été décelée par des mesures faites au sol à des longitudes diverses [37, 38] et en satellite [39, 40].

Enfin de nouveaux types de sifflements, pouvant s'interpréter par une propagation en partie transverse ont été reçus à bord de satellites. Ce sont les sifflements protoniques ou ioniques dont les caractéristiques dépendent de la gyrofréquence des ions présents dans le plasma environnant, et les sifflements subprotonosphériques dont l'énergie se propage par réflexions successives entre la base de l'ionosphère et une région située à environ 1 000 km d'altitude. Ces sifflements ont suscité de nombreuses études théoriques [41, 42, 43, 44] et on peut espérer tirer de ces résultats une meilleure connaissance de la composition ionique de la magnétosphère.

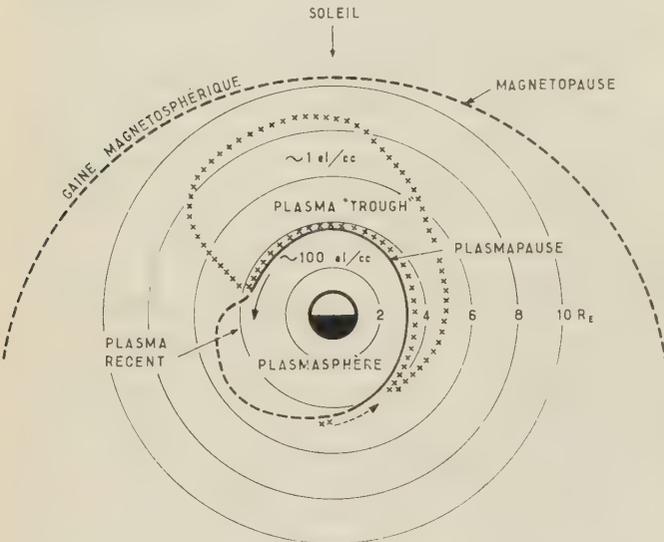


FIG. 1 — Schéma de la section équatoriale de la magnétosphère, montrant la distribution des électrons "thermiques", et en particulier la plasmopause.

R_E rayon de la terre

Le "plasma trough" ou plasma synclinal est une région où la densité électronique est particulièrement faible.

(d'après D.L. CARPENTER, *J. Geoph. Res.* 1966, 71, p. 707).

Au cours de la discussion suivant cet exposé, différentes contributions ont été apportées au tracé de rayons dans la magnétosphère [45, 46]. BAUER a, d'autre part, mentionné que les résultats obtenus à l'aide des satellites IMP 1 et IMP 2 n'avaient pas permis la mise en évidence de la « plasmopause » mais qu'une légère indication pouvait peut-être en être trouvée dans les mesures de température électronique.

3. Session sur les bruits T.B.F. et E.B.F. et les micropulsations

Un premier exposé [47], par R.A. HELLIWELL, a traité des bruits T.B.F., que l'on classe encore actuel-

lement d'après leur forme spectrale et qui se répartissent en deux grandes catégories. La première est celle des émissions discrètes, de durée limitée et de faible largeur de bande, composée d'individus indépendants ou répétés à intervalles réguliers (émissions périodiques) ou encore apparaissant par bouffées à l'intérieur desquelles une périodicité existe (émissions quasi périodiques). La seconde classe est celle des émissions diffuses (ou souffles) dont on peut distinguer trois types de caractères différents : le souffle auroral, le souffle de latitude moyenne, le chœur des régions polaires.

Les émissions périodiques sont dues à l'émission stimulée de chaque élément par l'écho « double-bond » de l'élément précédent propagé dans le mode des sifflements, et non à des interactions provoquées par des particules piégées. La région d'émission a un temps de relaxation de l'ordre de quelques secondes. L'emploi de signaux artificiels a montré que le milieu magnétosphérique se prête continuellement à la stimulation d'émissions et qu'une excitation de durée minimale est nécessaire [48].

Les émissions quasi périodiques ou pulsations de longues périodes ont des durées de l'ordre de la minute et apparaissent simultanément aux points conjugués. Elles sont attribuées à une modulation du mécanisme d'émission par les ondes hydromagnétiques responsables des micropulsations.

Le souffle de latitude moyenne, fréquemment associé à des sifflements et au chœur, a un spectre limité supérieurement vers 4 kHz. Le souffle auroral s'observe seulement dans la zone aurorale. Il est fréquemment associé aux aurores et son spectre peut s'étendre au-delà de 20 kHz. La corrélation variable qu'il présente avec l'intensité de l'absorption produite par les particules aurorales — positive pour les absorptions faibles, négatives pour les absorptions fortes — indique qu'il est engendré à des altitudes supérieures à celles où se produit l'absorption, (c'est-à-dire celles des régions D et E).

Dans la zone aurorale, au voisinage du minuit magnétique, on observe une forte corrélation entre le souffle auroral, l'aurore, l'absorption et les micropulsations de type impulsif. Au voisinage du midi magnétique, c'est l'absorption et le chœur (à 1 kHz) qui sont corrélés [49].

Les observations sur satellites et en fusées ont montré fréquemment que des phénomènes de forte intensité ne sont pas reçus au sol, que les sifflements et les émissions périodiques ne sont pas totalement guidés le long des lignes de force du champ terrestre et elles ont révélé l'existence d'un nouveau type de bruit lié au mode de propagation transverse au voisinage de la résonance hybride basse [50]. Elles ont permis enfin de relier le souffle TBF aux électrons piégés d'énergie comprise entre 10 et 40 keV [51].

Sur le plan théorique, les mécanismes de rayonnement incohérent du type cyclotron ou Čerenkov ne peuvent rendre compte des ordres de grandeur observés [52]. Le rayonnement cohérent par des paquets d'électrons piégés [53] est plus satisfaisant mais rencontre quelques difficultés que l'introduction de l'ins-

tabilité de résonance transversale semble permettre de tourner [54]. Cependant aucune explication complète des formes spectrales observées n'a été encore proposée. Enfin on a pu relier la précipitation de particules piégées à la production des émissions TBF [55].

Le second exposé de synthèse, par R. GENDRIN [56] a traité des bruits EBF et des micropulsations. En ce qui concerne les résonances de la cavité terre-ionosphère, on a pu montrer que la variation diurne de l'amplitude des résonances est liée aux positions relatives des aériens et des sources. Cependant, une forte absorption existe pour la composante Nord-Sud au milieu de l'après-midi local [57]. Grâce à l'emploi de réseaux équivalents à caractéristiques réparties, il est possible d'interpréter les résultats expérimentaux relatifs aux événements P.I.D.B., P.C.A., etc., ainsi que les effets de longitude entre le jour et la nuit [58].

La structure et la polarisation des micropulsations régulières a été étudiée. La relation $fT = Cte$, entre la fréquence moyenne et la période de répétition des pulsations du type PC 1 a été expliquée. Les relations d'opposition de phase entre deux points conjugués ont été établies expérimentalement au premier ordre. Les polarisations observées en deux points conjugués indiquent que les micropulsations se propagent en général suivant un mode unique. La propagation et l'absorption des ondes hydromagnétiques dans l'ionosphère a été étudiée théoriquement, ainsi que la propagation guidée sous le maximum de Dessler, des latitudes élevées vers les latitudes basses. Des relations entre les micropulsations régulières et d'autres phénomènes géophysiques ont été mises en évidence. En particulier l'occurrence et la fréquence des pulsations PC 3 et PC 4 de longues périodes sont liées à la position de la ceinture externe de radiations.

L'étude des micropulsations irrégulières du type I.P.D.P. et S.I.P., dont l'occurrence est liée aux aurores et aux précipitations de particules, a également progressé. Des observations simultanées en satellites, on a pu déduire une relation entre les variations du flux de particules et la rapidité d'augmentation de la fréquence des I.P.D.P. pour des latitudes correspondant à $L \approx 5$.

Sur le plan théorique, l'analyse de divers mécanismes probables d'interaction de gyrorésonance a été poussée et des coefficients d'amplification ont été calculés pour les diverses régions de la magnétosphère [41]. La précipitation des particules liée à l'émission a été évaluée [55].

4. Séance consacrée aux effets d'explosions nucléaires sur les phénomènes de propagation

Dans une revue très complète de l'état actuel de la question, A.M. PETERSON [59] a exposé comment les explosions nucléaires aériennes peuvent créer une ionisation supplémentaire dans l'ionosphère, modifier la distribution spatiale de l'ionisation ionosphérique existante et donner naissance à des signaux radioélectriques.

L'énergie libérée par une explosion nucléaire apparaît sous forme de rayonnements nucléaire ou ther-

mique, de souffle et d'ondes de choc. Le rayonnement nucléaire représente une faible fraction de l'énergie totale et varie très peu avec l'altitude. Le rayonnement thermique X est de loin le plus important à haute altitude. Au contraire, ce sont le rayonnement lumineux et les effets de souffle et d'ondes de choc qui dominent à basse altitude [60].

La production d'ionisation pour des explosions à haute altitude peut affecter des zones très étendues, soit en vue directe [61], soit par guidage le long des lignes de force du champ terrestre jusque dans la zone conjuguée du rayonnement corpusculaire produit [62], soit par désintégration des débris radioactifs qui diffusent dans la haute atmosphère [63]. Pour les explosions à basse altitude, la boule de feu produite s'élève rapidement : lorsqu'elle dépasse une vingtaine de kilomètres, le rayonnement γ et les neutrons peuvent ioniser des zones relativement étendues. L'augmentation de la densité électronique peut se manifester par un accroissement d'absorption et un changement de phase des ondes HF [64], par une avance de phase des ondes TBF [65], par une variation des fréquences de résonance de la cavité terre-ionosphère en ondes UBF [66].

Les ondes de choc engendrées par l'explosion se transforment en ondes acoustiques et en ondes de gravité qui modulent la densité de l'atmosphère neutre [67]. L'interaction de cette dernière avec les particules ionisées, en présence du champ terrestre, affecte la distribution de la densité électronique dans l'ionosphère [68].

Les signaux radioélectriques produits sont de deux types : une impulsion électromagnétique de grande amplitude et de courte durée au moment de l'explosion [69], un bruit du type synchrotron de faible amplitude et de longue durée, engendré par le rayonnement particulaire piégé par le champ terrestre [70].

Cet exposé s'appuyait sur une liste de références choisies, parmi lesquelles il faut particulièrement noter un article de E.T. PIERCE [60] et une bibliographie étendue [71].

5. Vie administrative de la Commission

La Sous-Commission IVa a été dissoute ; une nouvelle Commission (VIII) a été créée, dont les attributions seront sensiblement celles de la Sous-Commission IVa. Les sifflements radioélectriques en tant que phénomènes de propagation sont du domaine de la Commission IV, l'éclair est du ressort de la Commission VIII. Lorsque les relations entre éclairs et sifflements sont en cause, les deux Commissions doivent tenir une réunion commune.

La Commission IV a recommandé que l'U.R.S.I. participe au Symposium sur la Physique de la Magnétosphère organisé par la N.A.S.A. à Washington en 1968 et que soit ajoutée à la liste des sujets traités l'interaction entre ondes et particules.

La Sous-Commission sur les Observations Synoptiques des sifflements radioélectriques a été reconduite pour trois ans, mais elle sera désormais rattachée au Comité de l'U.R.S.I. pour la Physique des Relations

Soleil-Terre. Cette Sous-Commission a émis un certain nombre de recommandations qui figurent en annexe.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] PIERCE E.T. — Atmospherics : their characteristics at the source and propagation. Progress in Radio Science, 1963-1966, p. 987.
- [2] KIMPARA A. — Problems of Atmospheric and Space electricity Elsevier, 1965, p. 332.
- [3] HORNER F., BRADLEY P.A. — *J. Atmos. Terr. Ph.*, 1964, **26**, p. 1155.
- [4] KOHL D.A. — *J. Geophys. Res.* 1964, **69**, p. 4184.
- [5] SAO K. — *J. Atmos. Terr. Ph.*, 1962, **24**, p. 993.
- [6] CROOM D.L. — *J. Atmos. Terr. Ph.*, 1965, **27**, p. 101.
- [7] VOLLAND H., HEYDT G. — *J. Atmos. Terr. Ph.*, 1964, **26**, p. 780.
- [8] U.S. Weather — Bureau Meteorological Satellite Laboratory Report n° 13, 1962.
- [9] JONES H.L. — *Weatherwise* 1965, **18**, p. 78.
- [10] SILBERG P.A. — *P. IEEE*, 1965, **53**, p. 1197.
- [11] PIERCE E.T. — *P. IEEE*, 1965, **53**, p. 1994.
- [12] SOLLFREY W. — *P. IEEE*, 1965, **53**, p. 2035.
- [13] HORNER F. — Atmospheric Noise and its Influence on Communications. Progress in Radio Science, 1963-1966, p. 1112.
- [14] Rapport 322 du C.C.I.R., U.I.T., 1964.
- [15] TERINA G.I. — *Geomagnetism and Aeronomy*, 1965, **5**, p. 557.
- [16] HERMAN R. — Arctic communications. Agardograph 78, Pergamon Press, 1964, p. 127.
- [17] JORGENSEN T.S. — *Radio Science*, 1965, **69D**, p. 1239.
- [18] WHITSON. — Propagation of Radio waves at frequencies below 300 Kc/s. Agardograph 74. Pergamon Press 1964, p. 169.
- [19] LIKHTER Y.I. — En cours de publication.
- [20] NAKAI T. — *Proc. Res. Inst. Atmospheric Nagoya Univ.* 1964, **11**, p. 19. — 1965, **12**, p. 1. — 1966, **13**, p. 23.
- [21] BECKMAN P. — *Radio Science*, 1964, **68D**, p. 723.
- [22] HORNER F., BRADLEY P.A. — *J. Atmos. Terr. Ph.*, 1964, **26**, p. 1155.
- [23] HIGASHIMURA M. — *J. Radio Research Lab. (Japan)* 1964, **57**, p. 295.
- [24] HORNER F. — En cours de publication.
- [25] OELBERMANN E.S. — *IEEE International Convention Record*, 1964, Part. 6., p. 331.
- [26] HORNER F. — *Planet. Space Sci.*, 1965, **13**, p. 1137.
- [27] RIVAUULT R. — Les sifflements radioélectriques. Progress in Radio Science 1963-1966, p. 1042.
- [28] CORCUFF Y., CORCUFF P., TIXIER M. — *CRAS* 1966, **263**, p. 263.
- [29] TIXIER M. — *CRAS* 1964, **258**, p. 290.
- [30] DELLOUE J., GARNIER M. — *CRAS* 1963, **257**, p. 1327.
- [31] DELLOUE J., GARNIER M. — *CRAS* 1966, **263**, p. 417.
- [32] ALLCOCK GMck, NEILL FAMc. — *J. Geophys. Res.*, 1966, **71**, p. 2285.
- [33] DELLOUE J., GARNIER M., de COMARMOND J.M. — *CRAS*, 1965, **260**, p. 6169.
- [34] DELLOUE J., GARNIER M. — *CRAS*, 1965, **260**, p. 6423.
- [35] CARPENTER D.L. — *J. Geophys. Res.*, 1963, **68**, p. 1675.
- [36] CARPENTER D.L., SMITH R.L. — *Rewiev of Geophysics*, 1964, **2**, p. 415.
- [37] CORCUFF Y. — Thèse de Doctorat d'Etat, Poitiers, 1965.
- [38] CORCUFF Y., DELAROCHE M. — *CRAS*, 1964, **258**, p. 650.
- [39] SHARP G.N. — *J. Geophys. Res.*, 1966, **71**, p. 1345.
- [40] TAYLOR G.R., BRINTON H.C., SMITH C.R. — Am. Geoph. Union Meeting, April 1965.
- [41] GENDRIN R. — Exposé au Colloque de l'ESRO sur la magnétosphère Stockholm, 16 nov. 1965.
- [42] BRICE N.M., SMITH R.L. — *J. Geophys. Res.*, 1965, **70**, p. 71.
- [43] SMITH J. — *J. Geophys. Res.*, 1965, **70**, p. 53.
- [44] SMITH R.L. — *J. Geophys. Res.*, 1964, **69**, p. 5019.
- [45] SMITH R.L. — Stanford University, Intervention orale.
- [46] SHAWHAN S.D. — University of Iowa. Intervention orale.
- [47] HELLIWELL R.A. — Whistlers and related ionospheric phenomena, Progress in Radio Science 1963-1966, p. 1073.
- [48] HELLIWELL R.A., BRICE N.M. — *J. Geophys. Res.*, 1964, **69**, p. 4704.
- [49] MOROZUMI H.M. — *Report Iono. and Space Res. in Japan*, 1967, **19**, p. 286.
- [50] BRICE N.M., SMITH R.L. — *Nature*, 1964, **203**, p. 926.
- [51] GURNETT D.A., O'BRIEN B.J. — *J. Geophys. Res.*, 1964, **69**, p. 65.
- [52] LIEMOHN H.B. — *Radio Science*, 1965, **69D**, p. 741.
- [53] DOWDEN R.L. — *J. Geophys. Res.*, 1962, **67**, p. 1745.
- [54] BELL T.F., BUNEMAN O. — *Phys. Rev.*, 1964, **133**, p. 1300.
- [55] KENNEL C.F., PETSCHKE H.E. — *J. Geophys. Res.*, 1966, **71**, p. 1.
- [56] GENDRIN R. — E.L.F. and Micropulsations. Progress in Radio Science, 1963-1966, p. 1097.
- [57] ETCHETO J., GENDRIN R. — *Ann. Géoph.*, 1967 (à paraître).
- [58] MADDEN J., THOMSON N. — *Rev. Geoph.*, 1965, **3** (2), p. 211.
- [59] PETERSON A.M. — The effects of nuclear explosions on radio propagation phenomena. Progress in Radio Science 1963-1966, p. 1126.
- [60] PIERCE E.T. — *Proc. IEEE*, 1965, **53**, p. 1994.
- [61] LATTER R., LE LEVIER R.E. — *J. Geophys. Res.*, 1963, **68**, p. 1643.
- [62] CRAIN C.M., TAMARKIN P. — *J. Geophys. Res.*, 1961, **66**, p. 35.
- [63] HILL F.L. — *The Radio and Electronic Engineer*, 1965, **30**, p. 89.
- [64] CRAIN C.M., BOOKER H.G. — *J. Geophys. Res.*, 1963, **69**, p. 2159.
- [65] JEAN A.G., CROMBIE D.D. — *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, 1963, *NS* 10, p. 242.
- [66] BALSER M., WAGNER C.A. — *J. Geophys. Res.*, 1963, **68**, p. 4119.
- [67] DONN W.L., EWING M. — *J. Geophys. Res.*, 1962, **67**, p. 1855.
- [68] LEPECHINSKY D., DAVOUST C. — *CRAS*, 1959, **248**, p. 1203.
- [69] KOMPANEETS A.S. — *Soviet Phys JETP*, 1958, **35**, p. 1538.
- [70] PETERSON A.M., HOVER G.L. — In « Radiation trapped in the earth's magnetic field » (D. REIDEL Publishing Co 1966).
- [71] PIERCE E.T., FICKLING M.S., SMITH N.A. — Bibliography of non-classified literature relating to the global ionospheric effects of nuclear explosions Stanford Research Institute, 1965.

ANNEXE

La Sous-Commission sur les observations synoptiques des sifflements radioélectriques recommande :

Recommandation 1 : Mesures de bruit aux TBF et UBF.

Il est recommandé que les observations de bruit TBF et UBF soient conduites dans toute la mesure du possible en accord avec les procédures définies par la Sous-Commission et qui seront publiées dans le bulletin de l'U.R.S.I.

Recommandation 2 : Techniques d'enregistrement et de dépouillement.

Il est recommandé que les chercheurs qui étudient les sifflements radioélectriques et les émissions dans les domaines TBF et UBF soient invités à publier le détail de leurs techniques d'enregistrement et de dépouillement des données. Les informations techniques qui n'auront pas fait l'objet de publications devront être transmises aux Centres Mondiaux de données par

l'intermédiaire du Président de la Sous-Commission.

Recommandation 3 : Calibration d'amplitude des enregistreurs.

En raison de l'intérêt croissant présenté par les valeurs relatives des amplitudes des sifflements et des émissions aux différentes stations, les chercheurs sont priés de faire connaître l'étalonnage en amplitude de leurs enregistrements et de spécifier l'amplitude du bruit inhérent à leur équipement tel qu'il se manifeste sur les enregistrements.

Commission V

RADIOASTRONOMIE

MM. E.J. BLUM et J.L. STEINBERG, Président et vice-président de la Commission V du CNFRS ayant été empêchés de préparer en temps utile le compte rendu des travaux de leur Commission, nous en donnons ci-après un bref résumé.

1. Introduction

Les séances organisées par la Commission V ont été consacrées d'une part à l'exposé des nouvelles techniques utilisées en radioastronomie, et en particulier aux progrès réalisés dans le domaine des radiotélescopes, d'autre part, à une revue des principaux résultats scientifiques obtenus en radioastronomie solaire, interplanétaire, galactique et extragalactique, principalement vus sous l'angle de l'apport des méthodes radioélectriques aux recherches en astronomie, l'ensemble des résultats récents obtenus en astronomie devant être présenté à la XIII^e Assemblée générale de l'Union astronomique internationale (Prague, août 1967). Par ailleurs, une séance commune avec la Commission II était consacrée à l'étude des surfaces et atmosphères planétaires au moyen d'ondes radioélectriques (radio-astronomie et radar-astronomie).

Le président W.N. CHRISTIANSEN (Australie) ayant demandé que son mandat ne soit pas renouvelé, E.J. BLUM a été élu Président de la Commission pour la période 1966-1969, et C.A. MULLER (Pays-Bas) Vice-président. La commission a réélu à leurs fonctions les deux secrétaires : pour la langue française J.L. STEINBERG et pour la langue anglaise J.W. FINDLAY (EUA), ce dernier étant, en outre, chargé de préparer les comptes rendus des séances de la Commission. Au cours des séances administratives, la Commission a examiné les travaux des sous-Commissions et groupes de travail permanents et pris à ce sujet deux résolutions qu'on pourra lire en annexe ainsi que les deux recommandations élaborées respectivement au sujet du programme des séances et des attributions de fréquences.

2. Radiotélescopes

Deux séances ont été consacrées à des exposés de synthèse sur les principes des radiotélescopes

actuellement réalisés ou en étude, et, au cours d'une autre séance, ont été passées en revue les caractéristiques des radiotélescopes récemment mis en service.

La première séance concernait les radiotélescopes à antenne unique. Elle comportait d'abord un exposé historique et synthétique de F.G. SMITH [1] passant en revue les dimensions, la précision des surfaces, les moyens de pointage, les systèmes d'alimentation, puis les exposés de J.W. FINDLAY sur les radiotélescopes à antennes paraboliques [2], de A. BOISCHOT sur ceux utilisant des réflecteurs d'ouverture non circulaire [3] et de W.E. GORDON sur l'utilisation de réflecteurs sphériques [4].

La seconde séance, consacrée aux radiotélescopes à système d'antennes, comprenait un exposé général de M. RYLE sur la synthèse des antennes [5], puis des exposés de J. HOGBOM sur la synthèse au moyen d'éléments fixes d'une antenne tournant à la vitesse de rotation de la terre [6], de R.N. BRACEWELL sur l'espacement optimal des éléments en fonction de leur nombre et du système de combinaison [7], de G.W. SWENSON sur les réseaux à corrélation [8].

3. Techniques radio-électriques

Deux séances ont été consacrées à des exposés de synthèse et des contributions concernant les diverses techniques utilisées en radio-astronomie. E.J. BLUM a traité les problèmes de formation des images, du point de vue de la théorie de l'information, et les problèmes liés aux perturbations atmosphériques, à la stabilité de phase, et aux antennes à sorties multiples [9]. Les problèmes de stabilité de phase dans les équipements électroniques associés aux antennes à sorties multiples ont été également exposés par R. AITCHISON [10]; S. WEINREB [11] et J.G. DAVIES [12] ont examiné les problèmes de traitement des données numériques, et en particulier la possibilité d'utiliser des calculateurs « en temps réel ».

Les mesures de polarisation ont été exposées par C.A. MULLER [13]. Plusieurs exposés ont été consacrés à l'étalonnage de la puissance des signaux reçus et aux mesures absolues de la densité de flux de puissance reçue du soleil par W.J. MEDD [14], H. TANAKA [15] et A. KRUGER [16].

4. Radio-astronomie solaire et interplanétaire

Au cours d'une séance consacrée à la radio-astronomie solaire, ont été notamment présentés un exposé de synthèse très complet sur les radiospectrographes solaires par J.P. WILD [18] et différentes contributions concernant des spectrographes. La fin de la séance a été consacrée à un exposé de synthèse de A. HEWISH sur les méthodes radio-électriques d'observations interplanétaires [20].

5. Radio-astronomie galactique et extra-galactique

F.J. KERR a présenté [21] un compte rendu du colloque U.A.I.-U.R.S.I. qui s'est tenu à NOORDWIJK (Pays-Bas) du 25 août au 1^{er} septembre 1966, juste avant l'Assemblée générale de l'U.R.S.I., et qui était consacré à l'étude de la galaxie par radio-astronomie. Les sujets traités à ce colloque étaient les nuages interstellaires, la répartition et les mouvements du gaz interstellaire, les émissions radio-électriques et les champs magnétiques de la galaxie.

Une séance a été consacrée à la radio-astronomie extragalactique, et A.T. MOFFETT a présenté un exposé de synthèse [22] couvrant l'ensemble du sujet, en particulier les émissions continues et les émissions de raies dans les galaxies normales, les sources discrètes et intenses que sont les radio-galaxies et les radio-sources quasi stellaires, et le rayonnement cosmique de base. Un assez grand nombre de contributions sur des sujets particuliers ont été présentées à la suite de cet exposé.

6. Observations planétaires

Une séance commune avec la Commission II était consacrée à l'observation des surfaces et atmosphères planétaires par radio-astronomie et radar-astronomie, ce qui avait été l'objet d'un colloque organisé par l'U.A.I. et l'U.R.S.I. à Puerto Rico en mai 1965 [26]. Deux exposés de synthèse étaient consacrés l'un à l'étude des planètes par radiométrie par C.H. MAYER [23] qui a présenté les résultats les plus récents obtenus sur les températures de Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, et Uranus, l'autre aux études par radar, par G.H. PETTINGILL ; ces études concernent Mercure, Vénus et Mars, elles ont donné lieu à une abondante discussion, et seront vraisemblablement amplifiées dans le proche futur. Plusieurs courtes contributions ont été présentées à la suite de cet exposé [24, 25].

BIBLIOGRAPHIE

Dans « Progress in Radio Science 1963-1966 »

- [1] Radio telescopes. F.G. SMITH (1187).
- [2] Large parabolic radio astronomy antennas, J.W. FINDLAY (1198)
- [3] Noncircular aperture antennas. A. BOISCHOT (1205)
- [4] Spherical reflectors in radio telescopes W.E. GORDON (1212).
- [5] Aerial synthesis, M. RYLE (1221).
- [6] Earth rotation synthesis using fixed antennas, J.A. HOGBOM (1230).
- [7] Optimum spacings for radio telescopes with unfilled apertures, R.N. BRACEWELL (1237).
- [8] The correlator array, G.W. SWENSON (1244).
- [9] Formation d'images, stabilité de phase, radio télescopes à sorties multiples. E.J. BLUM (1271).
- [10] Stability of electronic equipment, R. AITCHISON (1280).
- [11] Applications of on-line computers in radio astronomy, S. WEINREB (1284).
- [12] Observing techniques with on-line-computer control. J.S. DAVIES (1291).
- [13] Polarization measurements in radio astronomy, C.A. MULLER (1293).
- [14] The absolute calibration of signal intensities, W.J. MEDD (1301).
- [15] The absolute calibration of the flux density of solar radio emission, H. TANAKA and T. KAKINUMA (1314).
- [16] The present state of absolute flux density spectra in the cm — and dm — region, A. KRUGER (1325).
- [17] Two dimensional aperture synthesis in lunar radar astronomy, J.H. THOMSON and J.E.B. PONSONBY (1342).
- [18] Radio spectrographs for observations of the sun, J.P. WILD (1361).
- [19] The electro-optic instantaneous spectrograph, T. COLE (1384).
- [20] Interplanetary observations using radio techniques, A. HAWISH (1389).
- [21] The Noordwijk symposium on « Radio astronomy and the Galaxy », F.J. KERR (1395)
- [22] Extragalactic radio astronomy, A.T. MOFFETT (1400).
- [23] Radioobservations of the planets. C.H. MAYER (674).
- [24] USSR-UK planetary radar experiment J.E.B. PONSONBY et J.H. THOMSON (661).
- [25] Jupiter's decametric emission and the solar wind O.B. SLEE (672).

On pourra consulter également :

- [26] Radio Science Special issue on planetary atmospheres and surfaces (690, 12, déc. 1965).

ANNEXE

RÉSOLUTIONS ET RECOMMANDATIONS DE LA COMMISSION V

Résolution V.1.

La Commission V décide de dissoudre la sous-Commission V-e sur l'attribution de fréquences pour la Radio-astronomie.

Résolution V.2.

La Commission V décide d'établir un Groupe de travail sur l'étalonnage des densités du flux solaire, avec le Prof H. Tanaka comme président.

Recommandation V.1.

L'U.R.S.I. considérant :

a) que l'Union a pour objectif de « développer, sur des bases internationales, les études scientifiques se rapportant à la radio-électricité »,

b) que, dans le domaine de la radio-astronomie, l'Assemblée Générale représente le moyen le plus efficace et le plus opportun pour les échanges de vues à l'échelle internationale, et

c) que le développement des études est fortement influencé par les activités antérieures et en cours :

recommande que les séances organisées par la Commission V et l'U.R.S.I. au cours des Assemblées Générales comprennent :

(i) des séances où seront présentées les communications scientifiques ayant trait à des travaux originaux en radio-astronomie (et radar-astronomie) ;

(ii) des séances où il sera fait état des techniques et équipements particuliers à la radio-astronomie, ou bien susceptibles de contribuer à son développement,

(iii) des séances où seront présentés les rapports de synthèse préparés par des chercheurs faisant autorité dans le domaine et où le temps nécessaire sera prévu pour la discussion, et

(iv) des séances où seront examinées les questions administratives de la Commission.

Recommandation V.2.

Attribution de fréquences pour la Radio-astronomie.

L'U.R.S.I., notant que sa Commission V

a) appuie et encourage les activités de l'I.U.C.A.F. tendant à solliciter et à assurer une amélioration de l'attribution des fréquences pour le service de radio-astronomie et

b) attire l'attention sur le fait :

(i) que la série des bandes de fréquences pour l'observation du continuum des ondes radioélectriques cosmiques est très incomplète, aucune bande n'étant attribuée de façon définitive et à échelle mondiale entre les bandes allant de 37,75-38,25 MHz à 1420-1427 MHz, et

(ii) que les observations effectuées récemment ont fait ressortir la nécessité d'améliorer la protection des fréquences naturelles du radical OH, recommande que l'I.U.C.A.F. :

1. poursuive ses efforts en vue d'obtenir une amélioration de la protection à l'échelle mondiale des bandes de fréquences pour l'observation du continuum des ondes radio-électriques cosmiques et plus particulièrement, de la bande 322-329 MHz également nécessaire pour l'observation de la raie naturelle du Deutérium,

2. appuie l'avis 314 - 1 du C.C.I.R. (Oslo 1966) concernant la protection des fréquences pour les observations de la raie naturelle du radical OH, et

3. continue d'étudier la nécessité d'étendre la protection des bandes de fréquence pour l'observation de la raie naturelle du radical OH de façon à inclure les bandes appropriées à environ 1612,2 MHz et 1720,5 MHz.

Commission VI

ONDES ET CIRCUITS

PAR E. ROUBINE

Président de la Commission VI du CNFRS

M. BOUX, R. GENDRIN, J. LOCHARD et M. THUÉ

1. Introduction

Les domaines de la Commission VI et de la Commission VII sont constitués par des sujets de base qu'on peut raisonnablement considérer comme utiles aux autres Commissions. Le fait que la première s'intéresse aux questions théoriques et la seconde au milieu physique et aux composants est un critère de partage commode.

C'est pourquoi il a semblé plus logique de réserver la microélectronique à la Commission VII.

Il est de tradition que trois grands thèmes — dont les liens sont évidents — soient ceux de la Commission VI : la propagation des ondes électromagnétiques dans des milieux théoriques (envisagée macroscopiquement), la théorie des circuits et la théorie de l'information.

Une session sur la propagation des ondes dans les milieux non ionisés a commencé par un exposé du Pr MEINKE sur le calcul numérique de l'effet de certains types d'obstacles sur les ondes dans les guides. Il s'est agi, en fait, de la projection commentée d'un

dessin animé non inintéressant mais quelque peu longuet. Puis un très brillant exposé sur certains problèmes de diffraction a été fait par le Pr KELLER. Notre collègue M. BOUX en rendra compte.

Deux séances ont été consacrées à la propagation dans les milieux ionisés ; elles ont été suivies par les membres des commissions III et IV, qui étudient le plasma ionosphérique et magnétosphérique, et c'est R. GENDRIN qui en a fait le compte rendu.

En ce qui concerne les circuits, on parlera peu ici d'une séance consacrée aux circuits linéaires. Une autre a été réservée aux circuits non linéaires où, notamment, le Pr BLAQUIÈRE avait été invité à présenter une communication. Son compte rendu ne nous étant pas parvenu, M. THUÉ a résumé ces séances.

Enfin, le Général LOCHARD a bien voulu résumer de difficiles questions exposées lors d'une demi-journée sur la théorie de l'information.

Sur le plan administratif, peu de changement, puisque F.L. STUMPERS a été réélu Président de la Commission, ainsi que les trois vice-présidents, parmi

lesquels H.M. BARLOW a été désigné comme premier vice-président (destiné à accéder à la présidence en 1969) ; il sera assisté de K.M. SIEGEL et V.I. SIFOROV.

2. Antennes

Voici maintenant quelques réflexions sur la session consacrée aux antennes. Celle-ci a été plutôt décevante pour un spécialiste. Le choix des thèmes était cependant bon.

Il y a une vingtaine d'années, parmi les grands problèmes, celui des impédances d'entrée et de couplage dominait. On ne parlait plus guère des réseaux sur lesquels on considérait que tout avait été dit. Puis vint l'époque des synthèses d'ouvertures. Enfin, la radioastronomie, les radars modernes et l'ère spatiale provoquèrent le développement des très grandes antennes et une remise au goût du jour des réseaux. Particulièrement originales, utilisant la théorie du signal et de l'information, se développèrent les antennes dites à traitement de signal. L'objectif visé était un accroissement des performances au delà des limitations classiques. Le but peut être atteint dès qu'on ne se borne plus à considérer qu'une antenne s'arrête à ses bornes.

Le thème des grandes antennes et des nouveaux réseaux a été développé par HANSEN [1] celui des antennes à traitement de signal par MATTHEWS [2] Ce dernier mit l'accent sur les divers aspects que peut prendre le problème de l'optimisation avec des critères de signal et de bruit qui diffèrent suivant l'application qui est envisagée : télécommunications, radar, radioastronomie. On peut ainsi porter son attention sur la discrimination angulaire, le transfert d'information ou la fidélité de reproduction du champ. MATTHEWS a analysé plus particulièrement les extensions de la notion de fonction d'ambiguïté et la transmission de l'information spatiale à travers une ouverture.

Parmi les communications supplémentaires, on signalera celle de Madame ALEXEEVA [3]. Elle concerne une méthode de synthèse de réseaux, réguliers ou non, dont le diagramme est représenté par une intégrale de contour dans le plan complexe d'une fonction méromorphe dont les pôles et leurs résidus permettent de déduire les positions des éléments du réseau et la loi d'excitation.

3. Application de la théorie de l'information

Deux communications importantes sur la théorie de l'information et ses applications ont été faites à la XV^e Assemblée Générale de l'URSI.

L'une, par V.I. SIFOROV est une revue bibliographique coordonnée d'un ensemble de travaux russes et américains sur la théorie de l'information et la théorie du codage [4].

L'autre, par A.V. BALAKRISHNAN se réfère plus particulièrement à ses travaux personnels ou à ceux de son école, et met surtout en évidence des méthodes de formulation assez générales appliquées à des problèmes de choix des formes des signaux à émettre

par la source [5]. Ces problèmes n'ont, le plus souvent, reçu que des solutions très partielles, mais l'intérêt de l'exposé réside surtout dans le fait que les méthodes sont susceptibles d'applications dans un grand nombre de cas concrets analogues.

3.1. REVUE DE TRAVAUX SUR LES THÉORIES DE L'INFORMATION ET DU CODAGE

3.1.1. *Quantité d'information*

KOLMOGOROV a proposé une nouvelle définition généralisée de la quantité d'information s'appuyant sur la théorie des fonctions récurrentes (1).

3.1.2. *Propriétés des voies réelles*

Les chercheurs de l'école de SIFOROV se sont intéressés à la détermination des capacités des voies soumises à différentes contraintes ou conditions, ou plus exactement peut-être, de voies représentées par des modèles mathématiques encore idéalement fixés mais se rapprochant des voies réelles plus que ne le faisait la voie initialement considérée par SHANNON (10 à 25).

On sait que SIFOROV s'est, depuis plusieurs années, attaché à la détermination de la capacité des voies dont les caractéristiques varient dans le temps, malheureusement familières aux radioélectriciens.

Rappelons que, dans ses travaux antérieurs, SIFOROV a conclu qu'avec une telle voie, la meilleure capacité utile était obtenue en affectant une partie de la largeur de bande disponible à la mesure permanente des caractéristiques de la voie. Ceci permet, au moins dans une certaine mesure, de compenser ces variations, par exemple en affectant le signal émis d'une contre-distorsion préalable qui compense aussi exactement que possible la distorsion qu'il subira dans la voie. On définit la largeur de bande requise pour la voie auxiliaire de mesure en considérant la largeur de spectre des fréquences des paramètres fonction du temps qui décrivent les propriétés variables de la voie. Ainsi la capacité utile finale d'une telle voie correspond à sa largeur de bande, diminuée de la largeur du spectre paramétrique.

En outre, différents travaux ont été effectués concernant l'entropie de certaines sources soit continues (ou « analogiques »), soit discrètes. SIFOROV a calculé, en particulier, la capacité d'une voie de radiocommunication spatiale dans le cas où un émetteur de puissance constante s'éloigne de la Terre d'un mouvement uniforme (10). Si la voie travaille dans certaines conditions optimales, la capacité est inversement proportionnelle au produit de la vitesse par la distance. Comme toujours en théorie de l'information de tels résultats ne doivent être appliqués qu'avec la plus extrême prudence lorsque l'on ne connaît pas très exactement les définitions adoptées pour les paramètres en cause, et les hypothèses faites.

3.1.3. *Codes optimaux*

De nouveaux résultats ont été obtenus aux Etats-Unis pour l'estimation des bornes inférieure et supé-

rieure de la probabilité d'erreur pour les codes optimaux (2 à 5).

3.1.4. Codes correcteurs d'erreurs

On a calculé aux Etats-Unis des bornes supérieures serrant de plus près le nombre d'erreurs corrigées en fonction de la longueur des mots d'un code à correction d'erreurs. Dans ces travaux sur le codage, on retrouve des spécialistes connus comme DOBRUSHIN, ELIAS, GALLAGER, SHANNON (6 à 9).

3.1.5. Codage et décodage

Des chercheurs russes et américains comme DOBRUSHIN et WOZENCRAFT ont continué à étudier des algorithmes de codage et de décodage et ont calculé, dans différents cas, les bornes du nombre d'opérations de codage nécessaires, ainsi que les capacités des dispositifs de mémoire et de calcul, souvent difficiles à déterminer. Ce sont ces capacités de mémoire et de calcul qui limitent l'application de la plupart des algorithmes de codage et de décodage, sauf au moins dans le cas des codes cycliques où les opérations sont particulièrement simples (26 à 35).

3.1.6. Protection contre les erreurs de synchronisation

Pendant la dernière période de trois ans, on a commencé à étudier spécialement le problème de la conception de codes protégeant contre les erreurs produites par les insertions d'éléments de signal étrangers, ou au contraire, par les suppressions d'éléments utiles, qui résultent des désynchronisations. L'étude de codes spéciaux commencée en URSS, puis aux Etats-Unis, permet d'envisager la correction directe de telles erreurs qui autrement font apparaître pendant toute la durée de la désynchronisation un paquet d'erreurs tellement long qu'il excède la capacité de correction des codes correcteurs plus classiques (36 à 41).

3.1.7. Bibliographie du paragraphe 3.1.

- (1) KOLMOGOROV A.N. — Three approaches to definition of information, *Problems of Information Transmission*, 1, 1, 3-12 (1965).
- (2) MAO SHI SUN. — Asymptotic of Optimum error probability for information transmission over a memoryless channel with low transmission rate. *Prob-Theory and its Applications* 10, 1, 167-175 (1965).
- (3) GALLAGER R.G. — A simple derivation of the coding theorem and some applications. *IEEE Trans. IT-11*, 1, 3-18 (1965).
- (4) SHANNON C.E., GALLAGER R.G., BERLEKAMP E.R. — Lower bounds to error probability for coding on discrete memoryless channels (manuscript).
- (5) RATNER M.E. — Asymptotic of Optimum error probability for information transmission over a continuous symmetric memoryless channel with erasure. *Problems of Cybernetics*, v.13, 115-130 (1965).
- (6) JOHNSON S.M. — Improved asymptotic bounds for error-correcting codes. *IEEE. Trans. IT-9*, 3, 198-205 (1963).
- (7) BASSALYGO L.A. — New upper bounds for error-correcting codes. *Problems of Information Transmission*, 1, 4, 41-44 (1965).
- (8) KOSHELEV V.N. — On some properties of great length random group codes. *Problems of Information Transmission*, 1, 4, 45-48 (1965).
- (9) GALLAGER R.C. — Low density parity check codes M.I.T. Press, (1963).
- (10) SIFOROV V. I. — On the maximum information from a removing source. *Trans. USSR Acad. of Sciences, Technical Cybernetics*, 4, 80-83 (1963).
- (11) OVSEEVICH I.A. — Channel capacity of multiway system Collection : *Problems of Information Transmission*, v. 14, 43-58 (1963).
- (12) TSYBAKOV B.S. — Capacity of a vector Gaussian memoryless channel. *Problems of Information Transmission*, 1, 1, 26-40 (1965).
- (13) PRELOV V.V. — Asymptotic capacity of some communication channels. *Problems of Information Transmission*, 2, 1, 14-29 (1966).
- (14) GALLAGER R.G. — Channel capacity and coding for additive Gaussian noise channels with power and frequency constraints. *IEEE Intern. Symposium of Inform. Theory*, Los Angeles, 1966 (report).
- (15) COSTAS J.P. — Information capacity of fading channels under conditions of intense interference. *Pros. IEEE* 51, 3, 451-460 (1963).
- (16) VARSHAMOV R.R. — Mathematical methods of improving the reliability of real communication systems. *Trans. USSR Acad. of Sciences, Technical Cybernetics*, 4, 53-58 (1964).
- (17) PINSKER M.S. — Gaussian sources. Collection : *Problems of Information Transmission*, v. 14, 59-100 (1963).
- (18) GOBLICK T.J., Jr. — Theoretical limitations of the transmission of data from analog sources. *IEEE Trans., IT-11*, 4, 558-567 (1965).
- (19) GOBLICK T.J., HOLSINGER I.L. — On the gap between theory and practice in analog source digitization. *IEEE Intern. Symposium on Inform. Theory*, Los Angeles, 1963 (report).
- (20) Mc DONALD R.A., SCHULTHEISS R.M. — Information rates of Gaussian signals under criteria constraining the error spectrum. *Proc. IEEE*, 52, 4, 415-416 (1964).
- (21) PINSKER M.S. — Computation of the rate of generating information by stationary random processes and computation of the capacity of stationary channel, *Proc. USSR Acad. of Sciences*, 111, 4, 753-756 (1956).
- (22) TSYBAKOV B.S. — The comparative efficiency of the optimum linear and nonlinear codings of the analogue messages. *Trans USSR Acad. of Sciences, Technical Cybernetics*, 4, 42-62 (1964).
- (23) LINKOV Yu. N. — Calculation of random variable E-entropy at low E. *Problems of Information Transmission*, 1, 2, 18-26 (1965).
- (24) GERRISH A.M., SCHULTHEISS M.P. — Information rates of non-Gaussian processes. *IEEE Trans. IT-10*, 4, 265-271 (1964).
- (25) LIBKIND L.M. — E-entropy of discrete message sources. *Problems of Information Transmission*, 1, 3, 48-55 (1965).
- (26) WOZENCRAFT J.M., JACOBS I.M. — Principles of Communication engineering. New York, Wiley (1965).
- (27) MASSEY J.L. — Threshold decoding. *M.I.T. Press*, Cambridge, Mass. (1963).
- (28) DOBRUSHIN R.L. — On the sequential decoding by Wozencraft-Reiffen method. *Problems of Cybernetics*, v. 12, 113-124 (1964).
- (29) WOZENCRAFT J.M., REIFFEN B. — Sequential decoding. *M.I.T. Press and J. Wiley*, New York, London (1961).
- (30) SAVAGE I.E. — The distribution of the sequential decoding computation time. *IEEE Intern. Symposium on Inform. Theory*, Los Angeles, 1966 (report).
- (31) BUSSGANG J.J. — Some properties of binary convolutional code generators. *IEEE Trans. IT-11*, 1, 90-100 (1965).

- (32) PINSKER M.S. — On the complexity of decoding. *Problems of Information Transmission*, 1, 1, 113-1137 (1965).
- (33) ZIV J. — Further results on the asymptotic complexity of iterative coding scheme. *IEEE Intern. Symposium on Inform. Theory*, Los Angeles, 1966 (report).
- (34) KOLESNIK V.D., MIRONCHIKOV E.T. — Some cyclic codes and decoding scheme with the majority of checks, *Problems of Information Transmission*, 1, 2, 3-17 (1965).
- (35) MASSEY J.L. — Uniform codes. *IEEE Intern. Symposium on Inform. Theav*, Los Angeles, 1966 (report).
- (36) LEVENSTEIN V.I. — Binary codes for correcting deletions and insertions symbol. *Problems of Information Transmission*, 1, 1, 12-25 (1965).
- (37) LEVENSTEIN V.I. — Binary codes with correcting deletion, insertion and substitution symbols. *Proc. USSR Acad. of Sciences*, 163, 845-848 (1965).
- (38) EASTMAN W.L. — On construction of comma-free codes. *IEEE Trans. IT-11*, 2, 263-267 (1965).
- (39) GILBERT E.N. — Cyclically permutable error-correcting codes. *IEEE. Trans. IT-9*, 3, 175-182 (1963).
- (40) STIFFLER J.J. — Comma-free error-correcting codes. *IEEE Trans. IT-11*, 1, 107-112 (1965).
- (41) TSYBAKOV B.S. — On asynchronous channels with synchrony symbol. *Problems of Information Transmission*, 2, 1, 27-35, (1966).

3.2. TRAVAUX DE BALAKRISHNAN ET DE SON ÉCOLE SUR LE CHOIX DES FORMES DE SIGNAUX ET L'AUTO-ADAPTATION

3.2.1 Choix a priori des formes de signaux

Les théories asymptotiques de SHANNON ne peuvent aider à déterminer les formes de signal susceptibles de résoudre des problèmes de communication particuliers.

Dans la réalité les signaux sont de durées pratiquement finies et surtout d'énergie limitée. On peut supposer que l'on sait dans tous les cas concevoir un récepteur considéré comme le meilleur à un certain point de vue, et chercher à déterminer le meilleur signal à employer dans des conditions de réception très largement définies. BALAKRISHNAN pose le problème pour un récepteur assurant en modulation d'amplitude une détection cohérente, le signal reçu étant affecté d'un bruit Laplacien N , le signal émis S pouvant prendre pendant l'intervalle de temps T l'une de M formes d'égales énergies exprimées linéairement en fonction de n formes données $e_k(t)$:

$$S_i(t) = \sum_{k=1}^n a_{ik} e_k(t) \quad i = 1, 2, \dots, M .$$

Le choix a priori des $e_k(t)$ permet d'exprimer diverses contraintes telles que celles de la largeur de bande.

Le bruit et les signaux S_i étant normés dans l'intervalle $(0, T)$, on peut exprimer l'ensemble des signaux susceptibles d'être reçus après démodulation par une équation vectorielle dans un espace à n dimensions, en fonction du rapport signal sur bruit λ :

$$\vec{Y} = \lambda \vec{S} + \vec{N}$$

Le récepteur est supposé capable de décider que S_i a été émis si le produit interne

$$\langle Y \cdot S_j \rangle$$

prend sa valeur maximale pour $j = i$.

La probabilité de l'erreur émise en faisant ce choix est :

$$P_e = 1 - \frac{1}{M} e^{-\frac{\lambda^2}{2}} E \{ e^{\lambda \max_i \xi_i} \} .$$

Il est désirable de la rendre minimale. Si la solution est indépendante du rapport signal sur bruit λ , ceci équivaut à rendre maximale l'espérance :

$$E \{ e^{\lambda \max_i \xi_i} \}$$

où les ξ_i sont des variables aléatoires laplaciennes de matrice de covariance :

$$\Lambda = [\lambda_{ij}] \quad \lambda_{ij} = \langle S_i \cdot S_j \rangle$$

Le choix des S_i se ramène donc à la détermination des λ_{ij} . Les solutions ont été trouvées dans certains cas :

a) Pour $n = 2$, la solution représente des polygones réguliers indépendants de λ .

b) Si n est quelconque, on trouve indépendamment de λ (1, 2, 3) :

$$\lambda_{ij} = -\frac{1}{M-1} \quad i \neq j .$$

c) Pour $n = M-2$ un résultat un peu plus compliqué a été obtenu dans une thèse non publiée (4). La question de la dépendance vis-à-vis de λ n'est pas résolue dans le cas général (1). Toutes les solutions connues rendent maximales les distances minimales entre vecteurs. BALAKRISHNAN a montré que

$$\frac{\partial P_e}{\partial \lambda_{ij}} \geq 0 ,$$

ce qui exprime que la probabilité d'erreur décroît quand la distance entre deux vecteurs quelconques croît. Le problème est donc identique à un problème de détermination de corps convexes (1, 5).

Pour les grandes valeurs de M et de n , le problème se relie à la recherche par SHANNON et GALLAGER de la borne supérieure de la probabilité d'erreur (6, 7).

3.2.2. Dispositifs auto-adaptateurs

Les dispositifs auto-adaptateurs considérés ici tiennent compte des résultats déjà obtenus pour améliorer leur fonctionnement dans des conditions nouvelles ; ils ont une faculté d'auto-apprentissage. BALAKRISHNAN a traité trois exemples de télécommunications auto-adaptatives.

3.2.2.1. Voie binaire, modulation de phase

Le premier exemple est celui de la recherche de la puissance moyenne minimale dans le cas d'une voie binaire avec modulation de phase et détection cohérente, en présence de bruit blanc laplacien. Quelles que soient les énergies A_1^2 et A_2^2 des deux signaux élémentaires, l'erreur minimale est obtenue avec un déphasage de π entre ces deux signaux.

Si la somme $A = A_1 + A_2$ est fixée, la probabilité de détection est une fonction monotone de A , et la puissance moyenne :

$$p_1 A_1^2 + p_2 A_2^2$$

fonction des probabilités p_1 et p_2 des deux signaux sera minimale pour

$$A_1 = p_2 A \quad \text{et} \quad A_2 = p_1 A.$$

Mais en général p_1 et p_2 ne sont pas connus a priori. On peut alors supposer que l'on détermine une tactique pour un moment donné en se basant sur la suite S des observations portant sur les N moments précédents. Les probabilités conditionnelles des deux états par rapport à S étant $p(1/S)$ et $p(2/S)$, on a

$$A_1 = A[1 - p(1/S)] \quad A_2 = A - A_1.$$

On peut supposer que $p(S/\theta)$ est connu pour tout N en fonction d'un paramètre θ ; on peut alors écrire :

$$p(S) = \int p(S/\theta) \rho(\theta) d\theta,$$

la fonction $\rho(\theta)$ étant à déterminer. On trouve pour valeur de A_1 rendant minimale la puissance moyenne :

$$A_1 = A \frac{\int p(2, S/\theta) \rho(\theta) d\theta}{\int p(S/\theta) \rho(\theta) d\theta}.$$

On peut préférer à cette estimation en moyenne quadratique de $p(2, S/\theta)$, dépendant du facteur arbitraire $\rho(\theta)$, une estimation habituellement différente basée sur le maximum de vraisemblance. Les différentes valeurs pouvant être ainsi déterminées peuvent coïncider asymptotiquement.

Par exemple, dans le cas où θ est la probabilité inconnue, avec $\rho(\theta) = 1$, et où S est stationnaire, on trouve par la première méthode :

$$A_1 = A \frac{\gamma + 1}{N + 2}$$

où γ est la fréquence des états 2 dans la suite S des N moments. Par la méthode du maximum de vraisemblance, on trouve :

$$A_1 = A \frac{\gamma}{N},$$

valeur peu différente de la précédente dans le cas de la voie binaire symétrique où $E\{\gamma\} = N/2$.

Remarquons que, dans la pratique, il y a intérêt à coder les informations de manière à rendre γ voisin de $N/2$ puisqu'il s'agit de l'une des conditions à remplir par le code optimal. Quand les fréquences des deux signaux élémentaires sont très inégales, on gaspille nécessairement de la puissance disponible, et la recherche de l'économie de celle-ci par un système compliqué est d'un intérêt douteux, d'autant plus que l'observation d'un nombre limité de moments risque de donner des renseignements peu significatifs sur la suite des signaux à venir. Il n'est donc pas certain que le système auto-adaptatif soit finalement plus économe qu'un système plus classique qui doserait les puissances relatives d'après les probabilités a priori de toute la suite des signaux.

3.2.2.2. Réception multiple en impulsions codées

Le deuxième exemple de télécommunication auto-adaptative concerne une réception multiple (ou « diversité ») par n récepteurs d'impulsions codées. Pour chaque récepteur, le signal reçu peut se représenter par :

$$f_i(t) = K_i S(t) + N_i(t) \quad 0 \leq t \leq T \quad i = 1, 2, \dots, n$$

où on peut supposer $N_i(t)$ laplacien et blanc, de densité spectrale d_i , $S(t)$ étant l'un de M signaux équiprobables de puissance constante dans $(0, T)$. Sur l'ensemble des récepteurs, on décide que $S_k(t)$ a été émis si :

$$\int_0^T S_k(t) \sum_{i=1}^n \frac{K_i f_i(t)}{d_i} dt = \max_j \int_0^T S_j(t) \sum_{i=1}^n \frac{K_i f_i(t)}{d_i} dt$$

mais pour que la décision soit possible, il faut connaître les puissances relatives K_i pour chaque récepteur.

On peut donc considérer un système autoadaptatif en fonction des diverses valeurs de puissance constatées. L'estimation des K_i peut être basée sur un principe de maximum de vraisemblance. Les calculs sont assez compliqués et il n'est pas facile de les suivre dans un exposé réduit au strict minimum. On conclut que l'erreur minimale est obtenue quand le choix des signaux est tel que

$$\sum_i \sum_j \langle S_i, S_j \rangle = 0$$

mais ceci correspond à une valeur maximale de l'erreur d'estimation.

Si la loi de répartition des K_i était connue à la valeur d'un paramètre près, on pourrait s'en servir pour assurer l'estimation. Mais l'auteur doute que puisse exister un modèle d'estimation qui donne une probabilité faible d'erreur pour toutes les valeurs de K_i . D'autre part l'emploi de différents modèles risque de conduire à des calculs considérables.

BALAKRISHNAN suggère finalement l'exploration de différentes autres méthodes.

3.2.2.3. Compression de données par prévision, en télémesure (9 à 12)

Le troisième cas de télécommunication auto-adaptative concerne une source de signaux continus (dits « analogiques ») $x(t)$ avec :

$$x(t) = \int_{-B}^{+B} e^{2\pi i f t} dP f(t) .$$

En télémesure, la plupart du temps, il n'est pas nécessaire d'échantillonner au rythme dit de Nyquist déterminé par la largeur de bande maximale de la voie. La réduction du nombre d'échantillons nécessaires pour représenter complètement l'information contenue dans $x(t)$ peut être appelée « compression des données ». Une méthode consiste à employer à l'émission un « prédicteur » qui estime la valeur à l'instant $t + \Delta$ d'après le passé antérieur à t , puis à transmettre la différence entre cette valeur et la valeur observée réellement quand cette différence dépasse un certain seuil. Le récepteur effectue une prévision analogue et la corrige d'après chaque signal reçu.

On suppose que le prédicteur n'a à tenir compte d'aucune donnée a priori sur le signal, telle que sa loi de répartition. S étant la durée de mémoire du prédicteur employant à l'instant t l'opérateur O , le signal prédit s'écrit

$$x(t + \Delta) = O[x(s) ; t - S < s < t]$$

et on choisit l'opérateur de manière à rendre minimale la moyenne :

$$\int_{t-L-\Delta}^{t-\Delta} \rho(S) C [x(s+\Delta) - x(s+\Delta)] ds$$

où ρ est une fonction de pondération, C est une fonction de coût et L la période d'apprentissage, qui sont à choisir dans chaque cas.

L'opérateur O peut être déterminé par un algorithme employant la méthode du col ou, s'il s'agit de données quantifiées, par des méthodes numériques.

Pour achever la détermination dans un cas pratique, on peut se donner un modèle de représentation du signal, tel qu'une suite stochastique temporelle. L'erreur de prédiction n'étant pas connue en fonction de S il y a lieu d'employer une approximation, asymptotique par exemple.

La transmission des données ainsi comprimées peut exiger une certaine protection contre les erreurs, car les erreurs de transmission ont des conséquences plus graves sur des données comprimées que sur des données brutes. Ainsi, le degré de compression obtenu peut n'être pas directement utilisable et devoir être partiellement réduit par une redondance surajoutée.

3.2.3. Conclusion

Deux remarques générales peuvent être faites sur les principes de base des travaux exposés par BALAKRISHNAN.

3.2.3.1. Critères de réception

Les décisions prises à la réception dans les très classiques télécommunications telles que la télégraphie binaire sont basées sur un échantillonnage sommaire de la suite des signaux reçus, souvent limité à un échantillon par élément de signal. Dans les modèles de BALAKRISHNAN, la décision est basée sur la valeur prise par une fonctionnelle dont la forme est évidemment suggérée par les propriétés des suites de fonctions orthogonales. La décision tenant compte de toutes les valeurs observables de chaque élément de signal prend ainsi une base plus sûre. Remarquons que ce procédé, maintenant presque classique, au moins dans la théorie, nous paraît avoir été proposé pour la première fois par Pierre DEMAN à l'Assemblée Générale de l'URSI d'il y a une quinzaine d'années.

3.2.3.2. Modèles de base de l'auto-adaptation

Il n'est pas possible de concevoir un procédé d'auto-adaptation basé sur l'observation d'un nombre limité de signaux passés si le modèle de source envisagé n'implique aucune information fournie par les signaux observés sur les signaux futurs. Comme cependant ces derniers doivent fournir des informations nouvelles, le modèle doit comprendre des probabilités conditionnelles liant les signaux successifs. On peut dire que les possibilités d'auto-adaptation sont attachées à une mesure de la redondance. On a vu d'autre part que les procédés d'auto-adaptation étudiés ne pouvaient être entièrement définis sans une connaissance a priori de la loi de répartition temporelle des signaux à recevoir. Il résulte de ces deux considérations qu'un dispositif d'auto-adaptation paraît devoir être basé sur un modèle de source décrit sous la forme d'un processus de MARKOV.

Avec un tel modèle, la partie permanente du dispositif peut être adaptée à la loi de répartition a priori des signaux, comme dans une télécommunication classique.

Le dispositif d'auto-adaptation peut alors améliorer le fonctionnement de base en tenant compte des probabilités conditionnelles du processus d'ordre N , appliquées aux résultats d'observation des N signaux précédents.

Si l'étude d'un tel modèle pouvait être menée à bien, ses résultats seraient applicables à la solution de problèmes très variés.

3.2.4. Bibliographie du paragraphe 3.2.

- (1) BALAKRISHNAN A.V. — A contribution to the sphere-packing problem of communication theory, *Journal of Math Analysis and Applications*, 1961.
- (2) BALAKRISHNAN A.V. — Signal Selection Theory for Space Communication Channels, *Advances in Communication Systems*, vol. 1, Academic Press Inc. 1965.
- (3) SLEPIAN D., LANDAU H.J. — On the Optimality of the Regular Simplex Code.
- (4) WEBER C.L. — Dissertation, UCLA Dept. of Engineering 1963.

- (5) SCHUTTE K., VAN DER WAERDEN B.L. — Auf welcher Kugel haben 5, 6, 7, 8 oder 9 Punkte mit Mindestabstand ein Platz, *Math. Ann.*, 1951.
- (6) SHANNON C.E. — Probability of error for optimal codes in a Gaussian channel, *Bell System Technical Journal*, 1959, p. 611-656.
- (7) GALLAGER R.G. — A simple derivation of the coding theorem and some applications. *IEEE transactions on Information Theory*, January 1965.
- (8) PRICE R. — Error probabilities for adaptive multichannel reception of binary signals, *Lincoln Laboratory Report*, TR n° 258, 1962.
- (9) Conference on Adaptive Aerospace Telemetry, *NASA*, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, February 1966.
- (10) BALAKRISHNAN A.V., STAMPFL R.A., KUTZ R. — Adaptive data Compression for video signals, *NASA Technical Note D-3395*, April 1966.
- (11) BALAKRISHNAN A.V. — An adaptive nonlinear data predictor, Paper n° 6-5, *Proceedings of the National Telemetry Conference*, Washington D.C., 1962.
- (12) DAVISSON L.D. — Theory of Adaptive Data Compression, *Advances in Communication Systems*, vol. 2, Academic Press, 1966.

3.3. MÉTHODES DE CODAGE OPTIQUE

Au cours d'une séance consacrée aux systèmes de télécommunication par satellites, l'exposé de L.J. CUTRONA [6] était consacré en réalité aux systèmes de codage optique utilisables dans une liaison de télécommunication avec une sonde spatiale évoluant dans l'espace lointain, dans laquelle on dispose d'une capacité de transmission d'information de l'ordre de 10^6 éléments binaires par seconde.

Un premier procédé de codage décrit consiste à disposer à l'émission d'un « dictionnaire » qui fournit pour chaque message possible une longue séquence binaire : le codage optique permet d'utiliser des séquences très longues et de diminuer ainsi le taux d'erreur au décodage. Le second procédé consiste à appliquer le message à une matrice contenant toutes les séquences codées possibles de longueur donnée, la matrice inverse étant utilisée au décodage.

Les procédés de codage optique ont une grande capacité de traitement de données et permettent de gagner du temps dans les opérations de codage et surtout de décodage. Le décodeur est assez encombrant mais fonctionne à terre ; le codeur serait déjà embarquable à bord d'un engin spatial.

4. Théorie des réseaux

Deux séances ont été consacrées, l'une, sous la présidence de V. BELEVITCH, aux réseaux linéaires, sujet classique mais faisant encore l'objet de nombreuses recherches, l'autre, sous la présidence de L.A. ZADEH, aux réseaux non linéaires.

4.1. RÉSEAUX LINÉAIRES

Deux exposés de synthèse avaient pour objet une revue des résultats récents et des études en cours,

l'un par S. DARLINGTON [7] l'autre par J.O. SCANLAN [8] ; ils sont complétés par une contribution sur l'utilisation des calculateurs [9], sujet déjà abordé dans les exposés de synthèse. Les calculateurs permettent d'effectuer avec une précision suffisante le calcul des réseaux à fonction de transfert donnée, ils permettent d'envisager, compte tenu du temps réduit nécessité par le calcul, l'emploi de méthodes d'itération pour la détermination du filtre optimal. Parmi les sujets ayant donné lieu à d'importantes recherches récentes, citons les techniques d'adaptation à large bande, les réseaux mixtes à constantes localisées et réparties (en vue du calcul des filtres incluant des éléments de ligne), les réseaux à constantes réparties de type RC (pour la microélectronique), les réseaux linéaires à éléments variables, et les conditions de stabilité correspondantes. Certains problèmes théoriques fondamentaux restent encore non résolus : conditions nécessaires pour obtenir les fonctions impédances d'un réseau de résistances à n accès, synthèse d'un réseau de type RC à 3 accès.

4.2. RÉSEAUX NON LINÉAIRES

La séance sur les réseaux non linéaires, présidée par L. A. ZADEH, a été consacrée essentiellement à deux exposés de synthèse préparés par A. BLAQUIÈRE [10] et I.W. SANDBERG [11].

L'exposé de BLAQUIÈRE avait pour but une revue générale des progrès faits dans le domaine de la théorie des réseaux non linéaires, principalement dans le cas des réseaux à paramètres localisés (régis par des équations différentielles) mais aussi dans le cas de certains réseaux à paramètres répartis, et de réseaux mixtes (éléments non linéaires reliés par des éléments de ligne). Les conditions de stabilité ont été particulièrement examinées, ainsi que l'étude des oscillations.

L'exposé de SANDBERG était consacré à l'utilisation des techniques analytiques fonctionnelles dans l'étude des fonctions de transfert des réseaux non linéaires, et à quelques applications, en particulier les systèmes comportant une boucle de réaction simple et les systèmes contenant des résistances non linéaires.

La séance s'est terminée par une discussion au cours de laquelle ont été exposés brièvement quelques sujets plus particuliers.

5. Diffraction et diffusion dans les milieux non ionisés

Une séance, présidée par le professeur BARLOW, a été consacrée à des problèmes de propagation dans les milieux ionisés, elle a été occupée par la présentation de deux exposés de synthèse, l'un sur les champs électromagnétiques par H.H. MEINKE [12] l'autre sur les problèmes de diffraction et de diffusion par J.B. KELLER [13].

5.1. CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES A DEUX DIMENSIONS, par H.H. MEINKE [12]

Le professeur MEINKE, Directeur de l'Institut des Techniques Hyperfréquences à la Hochschule de Munich, expose par des projections et un film (16 mm)

comment il obtient, au moyen d'une transformation conforme, les tracés des lignes de champ électrique et magnétique, du vecteur de Poynting et de l'énergie dans une structure plane. Il développe longuement ce qui se passe pour un guide d'onde rectangulaire en mode H_{01} pourvu d'un obstacle constitué par un demi-cylindre intérieur (cas 1) ou extérieur (cas 2) ; mais il indique aussi ce qui se passe dans un « coude » à parois planes d'un guide rectangulaire. Il transforme les structures par transformation conforme ; les systèmes de coordonnées ont été trouvés primitivement à la cuve électrolytique, mais ensuite par un calculateur numérique.

Dans le film qu'il projette, on voit comment varie le phénomène en fonction de la longueur d'onde ; sur le cas 2, une demi-longueur d'onde voisine du diamètre de la cavité demi-cylindrique produit la résonance. On voit la production d'une onde stationnaire presque pure du côté de l'onde incidente et d'une onde presque évanescence dans l'autre branche. La résonance s'accompagne d'un champ tournant dans la cavité. On voit bien tourner une ligne de champ électrique à mesure que le temps s'écoule.

Une critique : les formules utilisées pour les constructions n'ont pas été définies nettement ; il s'agit certainement du champ électromagnétique vrai obtenu à partir des équations de Maxwell contenant le temps et non des équations de Maxwell « harmoniques ». Mais quelques explications sur le vecteur de Poynting auraient permis de mieux se rendre compte de la représentation des ondes progressives et des ondes stationnaires. La présence et l'emplacement des points appelés par le conférencier « à champ tournant » paraissent donner des indications sur la façon dont l'onde se propage. En fait, il semblerait qu'il s'agisse plutôt de points à phase fixe ainsi qu'il l'a indiqué aussi ; on peut espérer que leur étude par cette méthode puisse permettre de résoudre le problème de structures planes compliquées.

Au cours de la discussion, KARBOWIAC fait observer que la présence de points de rotation doit permettre de reconnaître les ondes stationnaires ; BARLOW évoque une certaine analogie du phénomène avec celui de la rotation de Faraday. En réponse à une question, MEINKE indique que le calcul se complique si la structure présente des points anguleux ; BREMMER suggère qu'on puisse étudier par cette méthode les échanges entre énergies électrique et magnétique. MARCUWITZ demande s'il est possible de tirer une conclusion du sens de rotation : c'est une question à l'étude.

5.2. FORMULATION DE QUELQUES PROBLÈMES DE DIFFRACTION ET DE DIFFUSION, par J.B. KELLER [13]

5.2.1. Formulation du problème de la diffraction

Le problème de la diffraction est celui de la recherche des solutions de l'équation aux dérivées partielles :

$$(\Delta + k^2 n^2)u = g$$

k constante de propagation dans le vide, n indice de propagation dans le milieu considéré, g étant non

nul dans un domaine fini D limité par une frontière B , avec la condition $u = 0$ sur B .

Pour que la solution soit unique, SOMMERFELD a introduit la condition de rayonnement :

$$\lim_{(r \rightarrow \infty)} r^{\frac{d-1}{2}} \left(\frac{\partial u}{\partial r} - iknu \right) = 0$$

(le facteur e^{-iut} est sous-entendu).

MAGNUS (1941) a prouvé que cette condition est suffisante, RELICH (1945) a montré qu'elle entraîne $\lim_{(r \rightarrow \infty)} u = 0$, MIRANKER (Allemagne) puis KATO (Tokyo) EKEBE, AGMON (Jérusalem) ont étudié le cas où n est variable avec le point de l'espace, mais tend vers une constante à l'infini, le premier quand n tend très rapidement vers une constante, les suivants avec des hypothèses de plus en plus larges.

Jusque là on avait supposé $Im(k) = 0$. Une autre méthode consiste à supposer $Im(k) > 0$ mais petite. Il n'est pas nécessaire alors d'introduire une condition de rayonnement puisque u tend nécessairement vers zéro à l'infini, et même d'une manière exponentielle. Quand on a résolu le problème, on fait tendre $Im(k)$ vers zéro. Mais cette limite est-elle une solution du problème proposé ? C'est ce qu'on appelle : « le principe de l'absorption limite ». Les chercheurs russes ont montré qu'il en est bien ainsi, mais non directement. Ils sont partis d'une relation :

$$[\Delta + k^2 - V(x)]u = g$$

$V(x)$ étant un potentiel.

La démonstration a été faite en l'absence d'obstacle par LADYZ-HENSKAYA et PORZNER (Léningrad) et ODEH.

Par le principe de l'amplitude limite, consistant à étudier une solution générale lorsque le temps augmente indéfiniment pour qu'elle soit débarrassée des termes transitoires, on a aussi montré qu'on obtient à la limite la solution satisfaisant à la condition de radiation, mais toujours en l'absence d'obstacle ; les chercheurs qui ont étudié cette question sont MORAWETZ (New York), BUCHAL (U.S.), MORAWETZ-LAX et PHILIPPS, et il semble qu'on peut espérer montrer l'équivalence même dans le cas de la présence d'obstacles.

5.2.2. La diffraction

La diffraction par un obstacle a été introduite par les physiciens sous la forme suivante :

Si u_{inc} est « l'onde » incidente et u_{scat} l'onde diffractée, la solution est :

$$u = u_{inc} + u_{scat}$$

et à grande distance on a :

$$u_{scat} \simeq f(\theta, \varphi) \frac{e^{ikr}}{r}$$

Les physiciens posent : $f(\theta, \varphi) = S u_{inc}$, S étant un opérateur.

Si V désigne l'obstacle, le problème direct consiste à déterminer S connaissant V ; mais le problème inverse de la détermination de l'obstacle V connaissant S est aussi extrêmement important.

On a fait de grands progrès pour ce problème inverse en mécanique quantique, mais peu en électromagnétisme. Citons les travaux de GELFAND et LEVITAN, KOLM et JOST, KAY et MOSES, FADEEYEV, AGRONOVICH et MARCENTO.

Si étant donné une source s et un obstacle V , on mesure les champs tout autour de l'objet, on obtient $f(\theta, \varphi)$.

Vue d'un point M , la surface apparente de l'obstacle est proportionnelle à la courbure G au « point brillant », si on étudie optiquement le problème.

Peut-on alors, connaissant $f(\theta, \varphi)$, déterminer la forme de l'obstacle ? Certainement pas, car le procédé n'apprend rien sur le côté non illuminé.

Si on prend deux sources situées de part et d'autre de l'obstacle, le problème inverse est possible, mais très difficile ; on peut arriver pratiquement à un résultat :

- 1) si l'obstacle est à deux dimensions, car le problème dépend alors d'une équation différentielle,
- 2) si l'obstacle est de révolution.

Dans le cas où on utilise un radar (dispositif monostatique), il faut le faire tourner tout autour de l'obstacle.

Si on fait un calcul par la formule de Kirchhoff, on a quelque chose d'analogue à une intégrale de Fourier :

$$u_{scat} = \int_B f(\theta, \varphi) \frac{e^{ikr}}{r}$$

Si on connaît u_{scat} on peut trouver la forme, mais il existe encore de grosses difficultés car actuellement un radar ne permet pas de déterminer correctement la phase de l'onde réfléchie, mais seulement l'amplitude.

En mécanique quantique, en fait, on fait des mesures à un grand nombre de fréquences ; peut-être pourrait-on faire quelque chose d'analogue avec un radar.

GABOR a traité le problème direct ; à partir d'un diagramme à trois dimensions, il détermine la forme.

Mais jusqu'ici les sources ne sont pas assez cohérentes pour le problème inverse ; on peut espérer faire mieux avec le laser.

2.3. LA TRANSFORMATION DE WATSON

C'est en pratique la clef des problèmes de diffraction. Ainsi pour une sphère, on peut écrire :

$$u(r, \theta) \simeq \sum_n P_n(\cos \theta) \frac{H_n^{(1)}(kr)}{H_n^{(1)}(ka)}$$

$$\simeq \int \frac{P_\nu(\sin \theta)}{\sin \nu \pi} \frac{H_\nu^{(1)}(kr)}{H_\nu^{(1)}(ka)} d\nu$$

l'intégration ayant lieu sur l'axe réel, avec des pôles pour ν entier. La transformation de Watson consiste

à transformer le plan complexe, ce qui ramène l'intégrale à une intégrale de contour avec des pôles sur une ligne.

$$u(r, \theta) \simeq \sum_j \frac{P_{\nu_j}(\cos \theta)}{\frac{\partial}{\partial \nu} H_{\nu_j}^{(1)}(ka)} H_{\nu_j}^{(1)}(kr) \quad (1)$$

$$H_{\nu_j}(ka) = 0$$

On a une convergence très rapide. La méthode est valable quand on peut séparer les variables. Jusqu'ici on n'avait pas prouvé que l'intégrale sur le contour tend vers zéro : cela a été montré par E. PFLUMM (New York). D. COHEN a montré que la série (1) converge uniquement en dehors d'un cône.

SOMMERFELD avait dit que le système des $H_{\nu_j}^{(1)}(kr)$ était complet pour l'ensemble des ondes diffractées ; mais PFLUMM et COHEN ont trouvé des solutions qui n'ont pas cette forme. En fait, la méthode de SOMMERFELD s'applique, mais sa validité n'est pas démontrée. REGGE a appliqué la méthode de Sommerfeld à la mécanique quantique, ce qui introduit un moment angulaire complexe correspondant aux pôles ; cette méthode a été appelée la « polologie ». La façon dont les pôles varient avec ka a été étudiée par MAGNUS et KOTIN et aussi par ROBINOW, KELLER et GOLSTEIN. Le problème se complique pour une sphère diélectrique ou pour un indice variable.

2.4. CALCUL NUMÉRIQUE

Le calcul automatique dont on dispose actuellement permet de pousser plus loin les calculs ; on peut utiliser des séries à un grand nombre de termes et des équations intégrales. On peut faire des approximations successives en calculant les champs à partir des courants sur l'obstacle, puis les courants à partir des champs, et ainsi de suite. MEI et VAN BLALEL (Wisconsin) et ANDREASEN ont fait des calculs dans ce sens.

Les équations intégrales sur les surfaces exigent encore trop de points lorsque l'obstacle est grand par rapport à la longueur d'onde, sauf si l'obstacle a certaines formes particulières (de révolution par exemple). Des méthodes asymptotiques permettent aussi certains calculs.

6. Propagation dans les milieux ionisés

Deux séances ont été consacrées aux milieux ionisés, l'une aux problèmes de propagation pure, dits « solutions sans source », sous la présidence de SIEGEL, l'autre aux problèmes de rayonnement et de diffraction, sous la présidence de W.E. GORDON.

6.1. SOLUTIONS SANS SOURCE

Cette séance a d'abord comporté deux exposés de synthèse, préparés par N. MARCUWITZ [14] et K. BOCHENEK [15].

6.1.1. Après des généralités sur les différentes façons d'aborder le problème (modèle cinétique ou modèle fluide, milieu homogène ou non, dissipatif ou non,

approche linéaire ou non linéaire), MARCUWITZ expose le formalisme qui conduit à l'équation de dispersion. Cette équation unique relie quatre grandeurs : les trois composantes k_x , k_y , k_z du nombre d'onde et la pulsation ω . D'où les deux classes de représentation que l'on peut utiliser : variation de ω en fonction de $|k|$, ou, pour une pulsation donnée, variation de k_{\parallel} en fonction de k_{\perp} (cette dernière représentation étant principalement utilisée lorsque le milieu présente une symétrie axiale, et permettant d'étudier l'anisotropie du milieu).

Les modes propres ainsi introduits vérifient des conditions d'orthogonalité liées à l'énergie totale (électromagnétique et cinétique) du système et au flux de puissance rayonnée. L'analogie avec un circuit de Kirchhoff à neuf mailles rend visible l'existence d'un couplage entre le mode longitudinal et les deux modes transversaux.

Les courbes de dispersion sont présentées dans les cas du plasma isotrope (sans champ magnétique extérieur) froid ou chaud, puis dans celui, beaucoup plus complexe, du plasma anisotrope.

Enfin, le problème de la réfraction au passage d'une interface plasma-vide est abordé dans le cas simple où le plan de séparation contient le champ magnétique.

6.1.2. BOCHENEK, absent, ne peut présenter son exposé qui est lu par M. PRZEZOZIECKI. Cet exposé sur l'ensemble des travaux effectués mondialement sur le sujet contient trois principales subdivisions :

1. Etude de la propagation des signaux (précurseur et signal continu),

2. Propagation dans un milieu à plusieurs composants ioniques,

3. Phénomènes non linéaires (ondes de choc dans les plasmas, influence de l'amplitude des ondes sur les conditions de réflexion).

6.1.3. Au cours de la discussion, CLEMMOD demande comment on peut physiquement réaliser une interface entre un plasma et le vide ; MARCUWITZ répond que la constitution de l'interface elle-même ne peut certes être expliquée que par des considérations physiques, mais que dans tous les cas on peut concevoir une interface d'épaisseur suffisamment faible et qu'il n'a décrit dans son exposé que les champs rayonnés au loin.

SCHMIDT demande si l'approche « fluide » du problème ne fait pas disparaître certains effets dus à des harmoniques. MARCUWITZ répond que, certes, l'approche cinétique du problème montre l'importance du rôle joué par de tels harmoniques (ceux de la gyrofréquence électronique par exemple) que le modèle fluide linéaire ne peut pas mettre en évidence.

6.1.4. La séance consacrée aux « solutions sans source » s'est poursuivie par la présentation de courtes contributions relatives à ce sujet.

A.V. GUREVICH expose un travail sur la diffusion d'une inhomogénéité dans un plasma anisotrope. Une petite inhomogénéité (de densité δN faible en regard de la densité électronique N_0 du plasma

ambiant) va être soumise à deux mouvements : un déplacement de vitesse V_a , et une diffusion, caractérisée par un coefficient \mathcal{D} . V_a et \mathcal{D} dépendent du nombre d'onde k et de l'angle de propagation.

Lorsque le déplacement est nul, on peut montrer que la diffusion prend principalement place le long des lignes de force du champ magnétique \vec{B}_0 . Les surfaces de densité constante (au bout d'un temps t) ne sont cependant pas représentées par des ellipsoïdes, mais par des surfaces plus compliquées. Perpendiculairement à B_0 , la densité ne varie pas suivant l'équation habituelle de diffusion $\delta N \alpha \exp[-r^2/4\mathcal{D}t]$ mais proportionnellement à $\mathcal{D}t/r^5$.

Lorsque l'on tient compte du déplacement, l'inhomogénéité peut se scinder en plusieurs « bulles » au cours de son extension.

SIEGEL dit que l'on ne peut pas invoquer la neutralité de l'inhomogénéité ($\delta N_e = \delta N_i$) parce que les électrons se mettent d'abord en mouvement et que c'est seulement après, sous l'action des forces électrostatiques, que les ions suivent ; GUREVICH répond que cela est exact ; toutefois, pour des échelles de distance grandes devant la longueur de Debye λ_D , on peut admettre la neutralité, bien que le champ électrique dû à la séparation des charges soit important et joue — au premier ordre — un grand rôle dans la diffusion.

MARCUWITZ demande comment il a été possible d'obtenir une équation de dispersion ; GUREVICH dit qu'il a considéré toutes les équations du mouvement et de l'électromagnétisme. Après linéarisation et décomposition en ondes planes, on trouve, pour chaque nombre d'onde k , une pulsation $\omega(k)$. Il y a, bien entendu, plusieurs modes, mais il n'a considéré que celui qui correspond à la perturbation de plus longue durée de vie. Par exemple, la perturbation qui correspond à la non-neutralité disparaît très vite, car elle varie comme $\exp[-\sigma t]$ où σ est la conductivité, et que l'on a toujours $\sigma \gg \mathcal{D}$.

CLEMMON présente ensuite un travail sur les instabilités à deux faisceaux. Les solutions obtenues dans l'étude de ces instabilités lorsque les deux faisceaux sont froids peuvent être étendues au cas où l'on tient compte de la température finie des faisceaux. Toutefois, on aboutit à une condition supplémentaire imposant une valeur minimale à la densité du faisceau rapide (le moins dense). L'aspect complexe du problème se dévoile lorsqu'au lieu de chercher des solutions en k réel et ω imaginaire, on cherche les solutions pour ω réel et k imaginaire. La condition que l'on obtient alors sur la densité minimale du faisceau diffère de la précédente et montre à quel point l'introduction d'une température finie complique le problème.

GUREVICH présente, pour terminer, un travail effectué dans son laboratoire sur les « effets non linéaires de propagation des ondes dans l'ionosphère ». Supposons qu'une onde électromagnétique puissante soit envoyée du sol au niveau de la couche F_2 . L'échauffement produit entraîne une diminution de la densité électronique, puisque la pression $N(T_e + T_i)$ doit rester la même. Avec un émetteur de 300 kW et un angle

d'ouverture de 12° , on peut obtenir une diminution de densité atteignant un facteur 2 sur de larges distances. Il existe une fréquence optimale de travail, voisine de $2 f_0 F_2$ le jour et de $f_0 F_2/2$ la nuit. On pourrait se servir de tels « conduits » dans l'ionosphère pour focaliser ou défocaliser d'autres ondes.

D'autres effets non linéaires (décharges dans l'ionosphère en présence de champs électriques par exemple) sont également évoqués par l'auteur.

SIEGEL dit qu'il aurait plutôt cru que la fréquence optimale aurait été voisine de $f_0 F_2$ ($f_0 F_2 + \epsilon$) pour que l'onde soit fortement absorbée dans la couche F. GUREVICH répond que non, car il faut tenir compte de l'absorption introduite par les couches inférieures. Dès lors, il devient évident que, pour le rendement optimal, il est nécessaire, surtout de jour, d'employer une fréquence élevée.

6.2. RAYONNEMENT ET DIFFRACTION

Cette séance a été essentiellement consacrée à la présentation de deux exposés de synthèse préparés par L.B. FELSEN [16] et par M.P. BACHYNSKI [17].

6.2.1. Reprenant un peu le problème, tel qu'il avait été exposé la veille par M. MARCUVITZ, FELSEN montre comment l'on peut passer à la synthèse des ondes rayonnées par la fonction de Green. Il démontre également que l'utilisation des surfaces d'indice pour l'obtention des ondes réfractée et réfléchie à la traversée d'une surface (lois de Descartes) est l'équivalent de la méthode dite du « saddle point » utilisée lorsque l'on calcule les intégrales de phase.

Cette méthode s'applique particulièrement bien dans les milieux isotropes et compressibles. A l'interface, on a un couplage entre les différents modes (acoustique et optique par exemple) qui conduisent pour un seul rayon incident à un grand nombre de rayons réfractés ou réfléchis.

Dans un milieu unique mais anisotrope, où plusieurs modes peuvent se propager, un point éloigné peut être atteint par un grand nombre de rayons possédant chacun des vitesses de phase et de groupe différentes. Lorsque ces rayons correspondent à des points d'inflexion de la courbe d'indice, on a un maximum d'énergie. Lorsqu'ils correspondent à des branches infinies de cette même courbe, on arrive à l'« infinity catastrophe » : l'énergie rayonnée est infinie. L'auteur montre que ce paradoxe peut être levé par l'adoption de sources finies et non ponctuelles.

La question de la diffraction par des demi-plans plongés dans des milieux anisotropes est également abordée ; de nombreux exemples sont donnés.

L'auteur conclut sur les études futures qui seront à son avis abordées dans les prochaines années :

- problème des frontières qui doivent découpler les ondes et diminuer les diffractions ;
- interfaces plongées obliquement dans les champs magnétiques ;
- distributions de courant dans les antennes immergées dans les plasmas ;
- propagation non linéaire.

Au cours de la discussion, SIEGEL demande pourquoi il n'y a pas de réflexion spéculaire lorsque le champ magnétique a une orientation quelconque par rapport à l'interface. FELSEN répond en montrant que l'application des lois de Descartes aux normales à l'onde n'entraîne pas automatiquement la réflexion spéculaire, parce que le milieu est anisotrope et que les surfaces d'indices ne sont pas des sphères. Les rayons, eux, sont orthogonaux aux surfaces d'indice.

PRZEZOZIECKI indique que la « catastrophe de l'infini » peut être évitée lorsqu'au lieu de considérer une fréquence pure, on considère une petite bande de fréquence parce qu'alors il n'y a pas une seule direction asymptotique. FELSEN est d'accord. Il ajoute que le long de la « catastrophe » la vitesse de propagation est nulle et que le régime transitoire est difficile à calculer.

6.2.2. BACHYNSKI commence son exposé en disant que, puisque les Commissions III et IV sont également présentes, il se départira de la tradition de la Commission VI et n'étudiera pas un modèle arbitraire mais un modèle réel.

Il passe d'abord en revue les différentes façons dont le problème réel a été abordé (problème de la gaine de plasma et de ses déformations en présence d'un champ à fréquence radioélectrique, effets d'une vitesse de l'antenne par rapport au plasma).

Puis il aborde les conséquences introduites par les différentes hypothèses sur le rayonnement à l'infini des antennes. L'introduction d'un milieu anisotrope augmente le nombre des modes transverses, celle d'un plasma chaud introduit les modes électroacoustiques, celle de plusieurs espèces d'ions multiplie le nombre de ceux-ci. Les résultats des études dans certains de ces cas sont donnés tant du point de vue du diagramme de rayonnement que du point de vue de l'impédance de l'antenne. On voit alors que si l'on veut étudier le plasma il vaut mieux utiliser une antenne électrique ; si l'on veut rayonner de l'énergie, il vaut mieux utiliser une antenne magnétique.

La troisième partie de l'exposé traite de quelques expériences de laboratoire tandis que la quatrième aborde les problèmes de non-linéarité tels que : claquage dans les plasmas, échos stimulés, dissipation en l'absence de collision (ondes de chocs, amortissement de Landau, etc.).

BOWLES indique que l'approche « cinétique » du problème du rayonnement diffère beaucoup de l'approche « fluide ». Les résonances notamment sont déplacées.

6.2.3. La fin de cette séance a été consacrée à la présentation d'un grand nombre d'exposés très courts au cours desquels les auteurs n'ont malheureusement pas eu le temps de décrire leurs travaux.

G.A. DESCHAMPS indique la méthode de calcul qu'il a mise au point pour déterminer le champ rayonné au loin dans un milieu anisotrope. Cette méthode donne non seulement les directions des normales à l'onde qui contribuent au rayonnement mais également l'amplitude affectée à chacune de ces composantes.

K.G. BUDDEN expose le paradoxe auquel on arrive lorsque l'on cherche à déterminer la force électromotrice de bruit recueillie sur une antenne plongée dans un plasma. On trouve :

$$\langle I^2 \rangle \sim T^{2/3}$$

valeur d'autant plus grande que la température est plus faible.

(MARCUVITZ fait remarquer que ce calcul a certainement été fait dans l'hypothèse d'un plasma en équilibre thermique, mais que les fluctuations collectives présentes dans un plasma n'ont certainement pas été prises en compte).

J.A. FEJER présente les résultats d'une expérience effectuée à bord d'une fusée dans laquelle les parties réelles et imaginaires de l'impédance d'une antenne ont été mesurées entre 0,1 et 3 MHz. Ces résultats ne s'interprètent qu'en tenant compte du rôle important joué par l'amortissement de Landau.

F. DU CASTEL présente, au nom de P. GRAFF, les résultats d'un calcul approché du rayonnement d'une antenne dans le plasma ionosphérique. Les diagrammes de rayonnement sont calculés pour différentes régions du plan X, Y^2 (représentation de CLEMMON, MULLEN, ALLIS). Les zones de validité de l'approximation en fonction de l'altitude et des paramètres ionosphériques sont données.

CHAPMANN décrit quelques-uns des bruits TBF observés à bord des satellites Alouette et insiste sur la nécessité pour les "plasmiciens" de se pencher sur les phénomènes géophysiques.

T.E. VAN ZANDT expose le fonctionnement du sondeur américain en contre-haut travaillant à fréquence fixe. Des phénomènes de battement entre l'harmonique 2 de la gyrofréquence et la fréquence hybride ou la fréquence de plasma sont observés.

J.A. FEJER remarque que si l'on veut observer une « résonance », il faut que deux conditions soient remplies :

— que la vitesse de groupe de l'onde soit faible (pour que l'onde reste au voisinage du satellite),

— que la longueur d'onde soit plus grande que la longueur de Debye (pour que l'amortissement de Landau soit négligeable, tout au moins pour une propagation parallèle à \vec{B}).

Compte tenu de la forme de l'équation de dispersion ω en fonction de k , il y a d'autres points que les

résonances à proprement parler ($v^{\varphi} = 0$) pour lesquelles $v_g = 0$. En fait, il faut que v_g soit égale à la vitesse du satellite. On peut donc prévoir des « résonances » supplémentaires.

FARLEY décrit quelques résultats nouveaux obtenus à l'aide du sondeur à diffusion incohérente de Jicamarca, résultats qu'il avait déjà présentés à la Commission IV, en particulier les premières observations de la gyrorésonance ionique.

Il ressort des deux sessions de cette Commission sur la propagation des ondes dans les plasmas que les physiciens des plasmas ont intérêt à connaître les phénomènes réellement observés dans l'ionosphère et la magnétosphère, et que les géophysiciens ne demandent qu'à s'instruire auprès des premiers pour obtenir l'interprétation des phénomènes que la nature leur fournit en abondance.

BIBLIOGRAPHIE (Commission VI)

Dans *Progress in Radio Science 1963-1966* :

- [1] HANSEN R.C. — Large apertures and arrays (pages 1466-1522)
- [2] MATTHEWS P.A. — Signal processing in antennas (1523-1543)
- [3] ALEXEEVA N. — A method of pattern synthesis for equally and unequally spaced arrays (1544-1564).
- [4] SIFOROV V.I., TSYBAKOV B.S. — Development of information theory research (1712-1722).
- [5] BALAKRISHNAN A.V. — Coding, modulation and signal processing (1723-1744).
- [6] CUTRONAL J., COOLEY P. — Some considerations for the problems of space communications (1643-1671).
- [7] DARLINGTON S. — Some advances in linear circuit theory (1789-1874).
- [8] SCANLAN J.O. — Progress in linear circuit theory (1825-1868).
- [9] WATANABE H. — Computer application for network theory and practice (1869-1872).
- [10] BLAQUIERE A., STERN T.E. — Sur quelques résultats récents de la théorie des systèmes et circuits non linéaires (1566-1594).
- [11] SANDBERG L.W. — A survey of some results on the theory of non linear circuits (1595-1641).
- [12] MEINKE H.H. — Two dimensional electromagnetic wave-fields presented by help of a notion film (1440-1450).
- [13] KELLER J.B. — Some recent developments in diffraction and scattering theory (1451-1464).
- [14] MARCUVITZ N. — Source-free solutions in plasma (1875-1914).
- [15] BOCHENEK K. — Theory of source-free solutions in ionized regions (1915-1927).
- [16] FELSEN L.B. — Radiation and scattering in bounded plasmas (1930-1954).
- [17] BACHYNSKI M.P. — Sources in unbounded plasma (1955-2038).

Commission VII

RADIOÉLECTRONIQUE

PAR M. Y. BERNARD

Président de la Commission VII du C.N.F.R.S.

— La Commission VII de l'Union Radioscientifique Internationale cherche toujours sa voie... Ses membres, lorsqu'ils se réunissent en Assemblée Générale, n'ont aucun travail d'ordre administratif à accomplir, contrairement à ceux des commissions traditionnelles, dont le programme est à la fois beaucoup plus clairement défini et plus nettement spécifique. Lorsque la Commission VII se préoccupe d'électronique quantique, elle doit tenir compte des réunions internationales récentes sur ce sujet (Puerto Rico en 1965, Phoenix en 1966)... Si elle veut faire le point sur la physique des plasmas, elle n'a qu'à prendre les « proceedings » des réunions de Belgrade (1965), Culham (1965)... C'est dire que la Commission VII ne peut envisager de travailler pour elle-même ; elle espère simplement apporter des renseignements utiles aux autres commissions. Encore faudrait-il que les autres commissions fassent connaître les sujets de Radioélectronique sur lesquels une mise au point semblerait utile !

— A Bruxelles, en 1965, le bureau de la Commission avait tenté de bâtir un programme susceptible d'intéresser les membres des autres commissions qui n'ont pas le loisir de suivre le développement de certaines techniques. Ce programme s'est déroulé sans histoire, mais sans enthousiasme... La plupart des conférenciers invités à cette occasion ont présenté des exposés remarquables devant des auditoires clairsemés ; la suite de cet article tente d'en donner les grandes lignes.

— Il appartient au Président de la Commission VII (P.A. GRIVET, France) et au Vice-Président (M. CHODOROW, U.S.A.) de définir un domaine d'action pour cette fraction de l'U.R.S.I. Il est vraisemblable qu'une tentative de remise en ordre de la Commission VII entraînera une refonte complète de l'U.R.S.I. et sans doute un changement d'orientation. La Commission VII souhaite que les enquêtes entreprises par l'actuel Président de l'U.R.S.I. (S. SILVER, U.S.A.) soient le prélude à une action en profondeur.

1. Récepteurs à faible bruit

— Il est de tradition, à chaque Assemblée Générale, que la Commission V et la Commission VII tiennent une séance commune pour faire le point sur les récepteurs à faible bruit, outils essentiels pour les radioastronomes ; la tradition a été respectée.

— MICHIOYUKI UENOHARA (Bell Lab. U.S.A.) a présenté un exposé général sur les *amplificateurs*

paramétriques à faible bruit de fond [1]. L'amplificateur paramétrique est actuellement le plus sensible des amplificateurs non réfrigérés. L'amplificateur paramétrique à varactor, refroidi à la température de l'hélium liquide, est comparable au maser, au point de vue du faible bruit. En outre, l'amplificateur paramétrique peut fonctionner à des températures variées, allant de la température ambiante à celle de l'hélium liquide, il offre donc beaucoup de souplesse lors de la conception des systèmes. Pour des réfrigérateurs à cycle fermé, la température ambiante peut être abaissée jusqu'à 15 °K environ, sans perdre les avantages dont jouissent les réfrigérateurs à température moyenne, comme le faible encombrement, la fiabilité et le faible prix. La plupart des amplificateurs paramétriques en fonctionnement sont du type à varactor. La largeur de bande des amplificateurs non dégénérés ayant un gain de 20 dB peut être de l'ordre de 20 % de la fréquence centrale, ou même plus dans la gamme inférieure des hyperfréquences. Dans la région supérieure de cette gamme de fréquence, la largeur de bande des amplificateurs est encore limitée à 5 ou 10 % environ par suite de la basse fréquence de résonance des varactors dans les montures actuelles.

— B.J. ROBINSON (C.S.I.R.O., Australie) a ensuite passé en revue les divers types *d'amplificateurs à faible bruit de fond que l'on utilise en radioastronomie* [2]. Il a d'abord défini le « cahier des charges » auquel doit obéir l'amplificateur. Certes, une température de bruit peu élevée et une bande passante large sont les principales spécifications de base ; mais le choix d'un préamplificateur est aussi déterminé par les considérations suivantes :

a) Frais de construction et de fonctionnement peu élevés.

b) Stabilité à long terme du gain et de la forme de la bande passante, ce qui donne la préférence à des amplificateurs comportant un nombre minimal de variables.

c) Faible poids et petites dimensions (spécialement pour le montage au foyer d'une antenne parabolique).

d) Facilités de montage et de fonctionnement n'exigeant pas l'emploi d'une équipe spécialisée ou d'un appareillage élaboré.

Pour les grands réseaux d'antennes nécessitant de multiples pré-amplificateurs, ces exigences sont même plus strictes et on a besoin en plus de :

e) Gains et déphasages réglables.

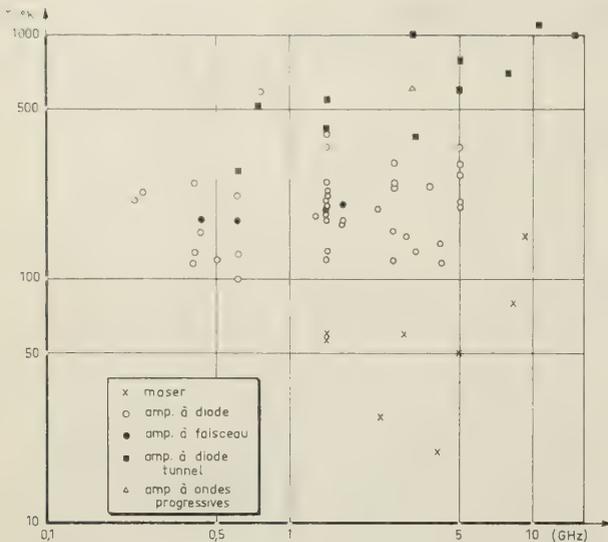


FIG. 1a. — Comparaison des températures de bruit obtenues avec les différents systèmes.

f) Stabilité à long terme de la phase.

Dans le domaine de longueurs d'onde comprises entre 5 et 50 cm, les *amplificateurs paramétriques à diodes* ont été le plus utilisés, particulièrement depuis que l'on a pu élargir les bandes passantes et réaliser des amplificateurs non dégénérés. Le refroidissement de l'amplificateur et de son circulateur associé par de l'azote liquide provoque un abaissement significatif du bruit de fond. Le refroidissement par de l'hélium liquide est également possible, mais alors l'amplificateur paramétrique perd un de ses avantages capitaux vis-à-vis du maser. Les *amplificateurs paramétriques à faisceau d'électrons* ont également été utilisés avec succès, en particulier dans la gamme de 50 à 75 cm de longueur d'onde et sur 21 cm.

Pour des longueurs d'onde inférieures à 10 cm, le *maser* est largement utilisé, la plupart étant des masers à cavité. Aux hyperfréquences, les signaux sont plus faibles et la sensibilité exigée a pris le pas sur le coût et la complexité du système d'alimentation en hélium liquide et du système d'aimants.

Bien que largement inférieure au maser du point de vue température de bruit, la *diode tunnel* a été utilisée sur ondes centimétriques, région du spectre où les interférences sont peu sévères et permettent d'utiliser de larges bandes passantes, en vue de réduire les fluctuations de sortie. La simplicité et la fiabilité de la diode tunnel ont constitué des attraits majeurs et compensé l'amélioration insignifiante du bruit apportée par le refroidissement dans un tel circuit. Aux ondes décimétriques, les performances de la diode tunnel au point de vue du bruit sont comparables à celles de meilleurs amplificateurs transistorisés, mais sa stabilité est moins bonne.

Le *tube à onde progressive* à faible bruit a subi une rude concurrence de la part de la diode tunnel qui est nettement plus simple. Cette situation peut changer car des tubes à onde progressive équipés de champs focalisateurs élevés atteignent des performances approchant celles des amplificateurs para-

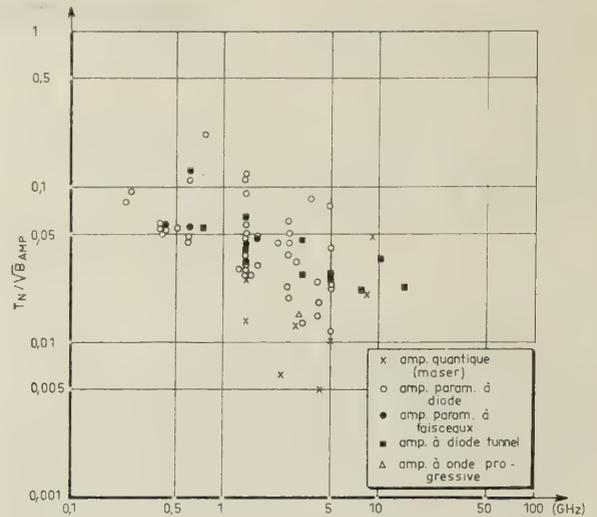


FIG. 1b. — Comparaison des sensibilités T/\sqrt{B}

métriques à la température ambiante. Les tubes à onde progressive ont principalement été utilisés comme postamplificateurs, à la suite d'un amplificateur à diode tunnel à large bande, ou comme amplificateurs de fréquence intermédiaire dans les récepteurs sur ondes millimétriques. Dans les années qui viennent, on espère que le bruit des amplificateurs qui, pour l'instant, atteint des valeurs typiques allant de 100 à 150 °K pourra être réduit à 50 °K pour le moins.

— La séance s'est terminée par une communication de M. HEFFNER (Stanford U.S.A.) sur le *bruit quantique* [3]. Cette intéressante communication aurait dû se situer dans les séances consacrées aux lasers. En fait, elle a été présentée dans cette séance, d'une part parce qu'il s'agissait de bruit, et d'autre part parce que son auteur était aussi responsable de l'organisation de la séance.

Avec l'apparition du laser et des méthodes d'amplification cohérente sur des longueurs d'ondes optiques, l'aspect probabiliste, qui caractérise la description de la nature au moyen de la mécanique quantique, joue pour la première fois un rôle prépondérant dans le bruit lors de la réception des signaux. Aux fréquences basses, les performances des systèmes de communication sont limitées par le bruit thermique qui possède une énergie moyenne kT par mode. Pour les meilleurs d'entre ces systèmes, la température effective de bruit, T , peut descendre à quelques degrés Kelvin. Mais aux longueurs d'ondes optiques, l'énergie du photon, $h\nu$, peut être plusieurs milliers de fois supérieure à l'énergie thermique kT . Il en résulte que la température de bruit d'un amplificateur lumineux ne peut descendre en dessous de $h\nu/k$, ce qui correspond à quelques milliers de degrés. Il faut cependant interpréter ce résultat avec beaucoup de précautions. En réalité, cette température minimale de bruit reflète plus les « incertitudes quantiques » qui accompagnent toutes les mesures, qu'elle ne représente une dégradation imposée par l'amplificateur, comme c'est le cas de l'agitation thermique ou de l'émission aléatoire des électrons.

Lorsque les signaux optiques sont codés de manière adéquate, ils peuvent être reçus au moyen de photo-détecteurs ; on évite ainsi l'amplification des signaux au sens traditionnel du terme. On peut envisager plusieurs formes de photodétection ; un simple photodétecteur associé ou non à une source de lumière jouant le rôle d'« oscillateur local » ou bien une paire de photodétecteurs dont les photocourants sont reliés à la manière de BROWN et TWISS ; cette dernière technique de détection peut également être utilisée avec une source de lumière cohérente comme « oscillateur local ». Les limitations par le bruit quantique, lors de l'emploi de ces procédés de photodétection, ont été discutées.

2. Quelques problèmes d'actualité sur les lasers et leurs applications

— La Commission VII, devant l'ampleur des recherches sur les lasers, s'est préoccupée des problèmes posés par la radioélectricité aux fréquences du spectre optique. Elle a tout d'abord cherché à faire le point sur les émetteurs d'ondes « micrométriques » continus, puis a passé en revue quelques montages de radioélectricité mettant en œuvre des longueurs d'ondes optiques.

— K. GÜRS (Siemens, Allemagne) a fait le point sur les études concernant *les lasers à ondes entretenues à cristal* (4). Le *laser à rubis* permet d'obtenir des puissances de l'ordre du watt. La valeur du seuil est élevée mais les mesures de la puissance de sortie en fonction de l'intensité de la lumière de pompage montrent que le rubis présente une montée particulièrement raide de la courbe de gain dès que l'on dépasse le seuil ; en outre, le rubis présente une absorption particulièrement efficace de la lumière de pompage. Le *cristal de grenat d'yttrium-aluminium-dopé au néodyme* est important pour les lasers à fonctionnement continu, car il possède une valeur de seuil très basse. Ces deux avantages peuvent être combinés de façon profitable en introduisant à la fois l'impureté de doping du rubis (le chrome) et l'impureté de doping du grenat (le néodyme) dans le cristal de grenat : l'énergie d'excitation est alors transférée des atomes de chrome vers les atomes de néodyme. De tels cristaux de grenat, doublement dopés, présentent le maximum d'efficacité que l'on puisse obtenir actuellement (100 W avec un rendement de 4 %). Les caractéristiques des émissions de lasers solides à fonctionnement continu utilisant des cristaux de qualité sélectionnée sont similaires à celles des lasers à gaz. Les différents cristaux dopés au néodyme, ainsi que les cristaux de rubis, réalisent un faisceau dont la convergence est seulement limitée par la diffraction et on peut obtenir des modes transverses d'ordre simple ; il est également possible d'avoir une émission d'intensité constante. Pour le laser à rubis, ceci est obtenu en refroidissant le cristal jusqu'à la température de l'azote liquide ; lorsqu'on utilise seulement un refroidissement par eau, des oscillations de relaxation persistent.

— G. AMAT (Faculté des Sciences, Paris) a parlé ensuite *des lasers moléculaires* dont différents types

ont été réalisés dans les dernières années [5]. On peut citer :

- les lasers à gaz fonctionnant sur des transitions électroniques (laser à CO dans la région de 6 000 Å).

- les lasers à liquides fonctionnant sur des transitions électroniques (chélates d'euprium, vers 6 000 Å).

- les lasers à gaz fonctionnant dans l'infrarouge moyen sur des transitions de vibration-rotation excitées directement dans une décharge ou par transfert d'énergie entre molécules (CO₂, vers 10,5 μ). C'est ce laser qui a donné lieu jusqu'ici aux performances les plus intéressantes, particulièrement pour ce qui est de la puissance émise ; on obtient 1 250 W en continu sur quelques raies de vibration-rotation et 1 GW en impulsion.

- les lasers à pompage chimique fonctionnant sur des transitions de vibration-rotation dans l'infrarouge moyen (ClH, vers 4 μ). Les molécules sont réalisées par synthèse contrôlée de façon à obtenir davantage de molécules dans un état excité que dans un état fondamental.

On doit aussi signaler divers processus moléculaires qui donnent lieu à l'émission ou à la diffusion de rayonnements stimulés, mais qui sont plus complexes que l'émission directe d'un photon par une molécule. Parmi ces processus, que l'on peut utiliser pour la réalisation de lasers, on doit citer l'émission stimulée de rayonnement par des atomes excités produits lors de la dissociation d'une molécule et, bien entendu, l'effet Raman stimulé.

— E.I. GORDON (Bell Lab. U.S.A.) a enfin traité le problème *des lasers à ions de grande puissance* [6]. L'auteur décrit les expériences récentes sur ce type de laser : mesures de la densité des particules neutres, profil de la densité radiale des électrons et répartition entre les états excités atomiques et ioniques dans la colonne de plasma, source de l'effet laser. Les progrès technologiques dans la construction des lasers à ions permettent d'obtenir 500 W avec un rendement de 0,1 % ; mais le plasma attaque le verre et la durée de vie est faible. Par un doublement de fréquence, on peut produire de la puissance sur le second harmonique ultraviolet, à $\lambda = 2\,572$ Å, en partant de la raie verte intense $\lambda = 5\,145$ Å.

— J. LE MEZEC, qui avait organisé cette première partie de la séance consacrée aux lasers à ondes entretenues, avait préparé un exposé sur le *laser monomode de puissance* [7] qui n'a pu être présenté, faute de temps, une seconde partie étant consacrée aux applications du laser à l'holographie.

— Au début de la seconde partie, E.N. LEITH (University of Michigan, U.S.A.) a fait le point des *résultats récents en holographie*, application la plus spectaculaire des lasers [8]. On sait que, d'après le principe de Huygens, un champ d'ondes monochromatiques cohérentes est entièrement déterminé, en un point quelconque de l'espace, si l'amplitude et la phase de l'onde sont connues en tous les points d'une surface fermée entourant les sources. Ceci reste vrai, à l'erreur de diffraction près, si cette surface est limitée par une pupille de dimensions finies.

Dans un système optique cohérent, il doit donc être possible de reconstituer le champ d'ondes dans son intégralité si l'on peut obtenir l'information optique dans une section transversale du système.

En holographie, ceci est obtenu simplement en superposant à l'onde diffusée par l'objet, une onde connue, de préférence plane ou sphérique, et en photographiant le diagramme d'interférence ainsi obtenu. En éclairant la photographie uniquement au moyen de l'onde de « référence » connue, on obtient une onde réfractée résultante comportant une composante égale à l'onde originale. En outre, on obtient une onde « conjuguée » dont la phase, par rapport à l'onde de référence utilisée dans la reconstruction, est la même que celle de la première onde réfractée, mais de signe opposé. Les deux ondes définissent deux objets virtuels ; l'un correspondant à l'original est net, l'autre est en général un peu diffus, bien que, dans des cas simples, il puisse être aussi net que l'original.

Au moment de l'invention* de l'holographie en 1948, on ne disposait que de sources de lumière à faible temps de cohérence ce qui rendait nécessaire l'utilisation de faisceaux objets et de faisceaux de référence presque perpendiculaires à la plaque photographique pour éviter de grandes différences de phase. Dans cette holographie « en ligne », l'objet reconstruit et son conjugué étaient séparés uniquement par leur position. Après l'invention du laser avec des longueurs cohérentes de l'ordre de 10 cm ou même plus, l'holographie a fait des progrès importants. LEITH et UPATNIEKS en 1963 ont utilisé un faisceau de référence tombant obliquement sur la plaque photographique, permettant ainsi de séparer complètement les images jumelées.

Un autre progrès important a été annoncé par plusieurs auteurs, en 1965 : le principe de l'holographie est combiné au principe de LIPPMANN pour la photographie en couleurs. Si le faisceau de référence et le faisceau diffusé par l'objet tombent sur l'émulsion photographique en venant de deux directions opposées, les ondes stationnaires qui se forment, font précipiter l'argent de façon préférentielle aux ventres. En éclairant une telle émulsion avec de la lumière blanche tombant en direction opposée à celle du faisceau de référence, on forme une image reconstruite réfléchie, à trois dimensions, ayant la couleur originale.

Les hologrammes jouissent de plusieurs propriétés spécifiques. L'une d'elles est la reconstitution parfaite, à trois dimensions. Une autre propriété de l'holographie consiste à permettre de faire de la photographie sans utiliser de lentilles. Ceci conduira probablement à des applications dans le domaine de la formation d'images à l'aide de rayons X et d'ultra-sons. L'hologramme donne un objet virtuel qui, sous tous les aspects visuels, est identique à l'objet original. L'image holographique peut être agrandie en utilisant pour « éclairer » l'holo-

gramme une longueur d'onde différente de celle utilisée pour la produire ; quand cette technique est utilisée, il apparaît des aberrations, tout comme pour les lentilles. D'autre part, l'insertion d'un diffuseur tel qu'un verre dépoli entre l'objet et l'hologramme produit un « hologramme codé », qui ne peut fournir une image que si le diffuseur original est employé dans le processus de reconstitution. Des images ont été reconstruites à partir d'ondes de lumière ayant traversé plusieurs épaisseurs de glace translucide. Signalons enfin que des hologrammes réalisés sur des milieux épais, ont des propriétés supplémentaires intéressantes. Par exemple, une multiplicité d'images peuvent être stockées holographiquement, en superposition, et les diverses images peuvent être examinées séparément par diffraction sous l'angle de Bragg.

— Une autre séance a été consacrée aux applications du laser à l'optique non linéaire et au radar. R.V. KHOKLOV (U.R.S.S.) a passé en revue les performances actuelles dans la conversion de fréquence de la lumière [10]. Les premières expériences sur le doublement de fréquence de la lumière dans des cristaux non linéaires datent de 1962. On sait aujourd'hui produire le cinquième harmonique, ce qui permet de produire des ondes cohérentes dans l'ultra-violet. Les phénomènes non linéaires permettant aussi de créer des amplificateurs et oscillateurs paramétriques sont assimilables à une source de rayonnement cohérent dont la fréquence est réglable.

— J.G. ATWOOD (Grande-Bretagne) a examiné ensuite l'application des lasers dans les dispositifs analogues à ceux de la technologie radio [11]. Les différences essentielles entre le laser et les systèmes hyperfréquences sont :

1) la courte longueur d'onde qui assure une haute directivité à l'aide d'une antenne de petites dimensions, mais qui rend difficile les « visées » entre émetteur et récepteur.

2) La turbulence et la diffusion dans l'atmosphère terrestre qui détruisent la cohérence des ondes lumineuses lors de leur propagation. Ceci limite la « portée » pratique des télécommunications par faisceau laser.

3) la limitation dans la détection, causée par le fait que, pour la lumière, au contraire de la plupart des systèmes hyperfréquences $h\nu \gg kT$. Ceci réduit l'utilité de la détection des signaux de laser utilisant un hétérodynage optique parce qu'il introduit un bruit proportionnel à l'amplitude du signal de l'oscillateur local.

Dans les applications analogues au radar, ces facteurs rendent désavantageux l'emploi d'un laser si la direction de la cible n'est pas connue. Mais lorsque la direction de la cible est à peu près connue, le laser est particulièrement avantageux, puisque le faisceau très étroit peut être utilisé pour la mesure de la distance de la cible, en présence d'objets diffusants voisins. Un exemple réussi est le télémètre de campagne à laser pulsé, qui donne de façon typique une précision de 10 m pour des cibles distantes de 10 km. Lorsqu'on peut attacher à la cible un cataphote, on tire un avantage sensible de la courte

* L'inventeur de l'holographie, D. GABOR, avait été invité à Munich. Il n'a pu se rendre à l'Assemblée par suite d'empêchement de dernière heure.

longueur d'onde de la lumière du laser par suite de la haute directivité du faisceau de retour. Dans ces conditions, des performances spectaculaires sont possibles avec des lasers de faible puissance. Le « OPDAR » est un exemple d'un tel système. Il a été conçu pour suivre un rétro réflecteur accroché à une fusée depuis son lancement jusqu'à une distance de 30 km ; l'erreur ne dépasse pas 30 cm. Il utilise un laser à rubis à fonctionnement continu de 100 mW.

— Dans le même ordre de préoccupation, A. ORSZAG (Ecole Polytechnique, France) a passé ensuite en revue *les études de séléniographie par radar optique* [13]. L'utilisation d'un radar optique offre, en effet, pour l'étude de notre satellite, des possibilités nouvelles ; faible diamètre de la zone éclairée, grande précision de localisation angulaire, étude du micro-relief lunaire. Cette méthode se heurte, toutefois, à des difficultés nées, entre autres, de l'absorption et de la diffusion atmosphériques.

Les performances du radar optique dépendent du niveau du signal reçu en retour, que l'on peut calculer, et également du niveau du bruit. L'évaluation de ce dernier est délicate. Plusieurs expériences ont déjà permis d'obtenir des échos en provenance de notre satellite. Généralement, ils sont très faibles, et n'autorisent que difficilement une mesure de temps. Par conséquent, lorsqu'on désire déterminer la durée du trajet, il faut faire appel à une méthode reposant sur l'intégration des informations reçues au cours d'un grand nombre de tirs consécutifs. Ce procédé, qui s'accompagne inévitablement d'une perte de précision, sera utilisé dans un équipement, actuellement en cours de montage, à l'Observatoire du Pic du Midi. Il est principalement destiné à la mesure de la distance Terre-Lune.

3. Microminiaturisation

— Les méthodes pratiques de réalisation des circuits évoluent très rapidement ; les Commissions VI et VII ont décidé d'organiser une réunion commune pour faire le point sur les techniques modernes, qui peuvent se diviser en deux types : les circuits intégrés au silicium, et les circuits en couche mince sur un support isolant. Une séance a permis d'entendre deux spécialistes.

— J.G. LINVILL (Stanford, U.S.A.) a fait le point de la situation *des circuits intégrés au silicium* [15]. Actuellement, *les circuits logiques intégrés* concurrencent les circuits classiques dans tous les domaines : performances, sécurité, prix. Cette évolution résulte de progrès technologiques, dus aux recherches initialement entreprises pour les transistors plans au silicium. Plusieurs autres progrès technologiques en microélectronique sont importants bien qu'encore incomplètement exploités. Par exemple, les structures à effet de champ offrent de grandes possibilités, les circuits intégrés MOS (semi-conducteur-métal-oxyde) étant plus prometteurs encore dans ce genre. Les structures MOS sont particulièrement intéressantes pour les applications de faible puissance. Parmi les nouvelles catégories de structures, les plus intéressantes sont les structures au sulfure de cadmium en couche mince, qui peu-

vent permettre une fabrication aisée et un bas prix de revient.

Dans le domaine *des circuits linéaires*, les progrès sont moins marqués. Il convient néanmoins de signaler l'apparition, au cours des trois dernières années, d'amplificateurs intégrés à large bande, pour lesquels la rétroaction peut être appliquée par des circuits extérieurs. Un problème critique et encore non résolu consiste en la mise au point d'un substitut pour les inductances ; les recherches sur les circuits RC actifs permettant de simuler une inductance, ont été intenses pendant les dernières années et divers types de systèmes résonants ont été utilisés ; mais la question n'est pas résolue. Les circuits intégrés ne présentent pas encore, dans le domaine des circuits sinusoïdaux, les performances que peuvent atteindre les circuits conventionnels.

Des progrès récents ont été accomplis dans la connaissance des phénomènes physiques nouveaux adaptés à la microélectronique. Le plus intéressant d'entre eux est constitué par *les circuits optoélectroniques* dans lesquels la combinaison de dispositifs photoémetteurs (en particulier des diodes luminescentes à injection) et de dispositifs photosensibles a produit des structures amplificatrices à deux entrées ne comportant aucune connexion électrique entre les portes d'entrée et de sortie. Les progrès réalisés dans ce domaine ont été impressionnants, le produit gain \times largeur de bande est encore nettement inférieur à celui réalisé par les transistors. C'est pourquoi, les circuits de ce type ont tendance à être utilisés dans les cas où un isolement électrique entre l'entrée et la sortie du dispositif est essentiel. Un autre phénomène qui prend de l'importance lorsqu'on réalise des dispositifs de taille particulièrement réduite est le *couplage thermique* qui peut exister entre différentes parties du dispositif ; bien entendu, dans la majorité des cas, ce couplage est indésirable, mais on cherche à en tirer parti dans certains cas. Enfin, *des résonances mécaniques*, en particulier celles des matériaux piézoélectriques, fournissent une autre possibilité de couplage.

L'application de la microélectronique soulève des problèmes qui étaient, auparavant, sans grande importance ; l'interconnexion de circuits intégrés en est un exemple. Alors que, dans le passé, la difficulté de fabrication d'un circuit se mesurait surtout par le nombre d'éléments actifs qu'il comportait, actuellement l'interconnexion des sous-ensembles peut poser des problèmes très délicats qui ne sont pas résolus. Un autre problème important est celui que pose la conception de circuits dont le fonctionnement soit sûr, malgré l'utilisation de composants imparfaits grâce à l'utilisation de circuits redondants. Un grand nombre de recherches ont été accomplies dans ce domaine ; on a proposé un certain nombre de méthodes où des circuits redondants ont été utilisés pour réaliser des circuits à décision majoritaire qui fonctionnent correctement malgré la défectuosité de certains composants ; mais aucune solution claire n'existe encore dans ce domaine.

— H.G. MANFIELD (Malvern G.B.) a ensuite exposé *l'état actuel des circuits sur couche min-*

ce [16]. Toutes les techniques actuellement utilisables dans ce domaine ne permettent que la réalisation des composants passifs des circuits. Il faut donc y ajouter des éléments actifs... La concurrence des circuits intégrés au silicium est, certes, considérable, mais il y a néanmoins place pour des circuits sur couche mince lorsqu'il s'agit de dispositifs de haute puissance, à forte dissipation. Il y a également beaucoup d'autres applications, telles les servomécanismes. En plus, il apparaît que la précision et la stabilité des composants passifs sur couche mince sont supérieures à celles des composants intégrés au silicium. Enfin, la mise de fonds initiale pour la fabrication de circuits en couche mince est modeste, comparée à celle exigée par la fabrication des circuits intégrés. Les prototypes et les circuits spéciaux peuvent être réalisés rapidement et à faible prix, donnant au réalisateur du circuit toute latitude de développer ses propres idées.

Le support du circuit est en verre ou en céramique. Il est essentiel que les surfaces ne présentent pas d'aspérités ou de défauts ; le tracé du circuit s'effectue par des méthodes photolithographiques à partir d'un modèle dessiné à plus grande échelle. On peut obtenir des largeurs de trait descendant jusqu'à 25 μ , mais en pratique, on ne descend pas en dessous de 100 à 200 μ . Les couches minces résistives, capacitatives et conductrices sont réalisées par des méthodes chimiques ou par évaporation. Alors que les méthodes chimiques présentent de meilleures propriétés et des tolérances plus serrées, les méthodes par évaporation peuvent convenir dans un grand nombre d'applications où un prix de revient bas constitue le problème dominant.

L'introduction de méthodes par projection à bas niveau d'énergie a élargi l'éventail des matériaux utilisables. Actuellement, les systèmes les plus populaires sont les systèmes « tout tantale » ou ceux qui utilisent un mélange de nickel-chrome et de monoxyde de silicium. Les valeurs de résistance ne dépassent pas 50 000 Ω environ et les capacités environ 10 000 pF ; ces dernières étant limitées en fréquence par des résistances élevées dans les électrodes. On peut réaliser des inductances atteignant 10 pH et dont le facteur de qualité vaut 50.

Des composants actifs doivent être ajoutés à ces circuits. Ceux-ci sont largement utilisés sous la forme de « flip-chips » facilement connectés au circuit sans l'intermédiaire de fils. Ces composants actifs peuvent être pré-testés. Un des avantages de cette technique est que le support peut être comparativement grand et servir de panneau-père, portant une bonne partie des interconnexions associées. De cette façon, les difficiles problèmes d'interconnexion posés par le développement de circuits intégrés au silicium de très petite taille, particulièrement ceux en modules plats, sont inexistantes. Il est très facile de faire sortir de ces modules des conducteurs solides qui peuvent être soudés ou connectés au système. Au début, l'utilisation de connexions réalisées par corroyage promettait une augmentation de la fiabilité des circuits, mais cette promesse est un peu assombrie par les nombreuses difficultés causées par les machines à corroyer.

Le pourcentage de défaillances pour les circuits sur couche mince est difficile à obtenir, mais des tests effectués à grande échelle en milieu ambiant sur des composants et des ensembles sont prometteurs. A titre d'exemple, signalons qu'une performance de 50.10⁶ heures-composants a été obtenue sans autre défaillance que celle que l'on pourrait qualifier de « mortalité infantile ».

4. Plasmas à l'état solide

— Lors des précédentes Assemblées, la Commission VII avait organisé des séances de mise au point sur les plasmas gazeux, à l'échelle du laboratoire. Les décharges gazeuses ne semblent pas déboucher sur des applications radioélectriques intéressantes. Par contre, les plasmas d'électrons dans les solides sont d'un grand avenir et, pour cette raison, la Commission VII a prévu une séance spéciale, pour faire le point, à la fois sur les circuits actifs et sur les circuits passifs de ce type.

— P.N. BUTCHER et C. HILSUM ont parlé des oscillateurs à transfert d'électrons, qui constituent le meilleur exemple de circuit actif comportant un plasma à l'état solide [17]. L'effet de résistivité négative a éveillé l'attention de physiciens à la suite des expériences de GUNN avec le GaAs et le InP. On admet actuellement que l'effet GUNN est dû au transfert d'électrons, excités par un champ électrique, depuis le minimum central de la bande de faible conduction vers les minimums plus élevés, comme l'avaient prévu RIDLEY, WATKINS et HILSUM. Ce transfert d'électrons crée une résistivité différentielle négative. En effet, la masse apparente des électrons est très grande lorsqu'ils se trouvent dans un minimum relatif ; ils ne participent pratiquement plus à la conduction, ce qui diminue la densité des porteurs utiles. Les fluctuations de densité sont amplifiées par cette résistance négative et donnent naissance à la formation de zones à champ élevé, lesquelles balayent le cristal à la vitesse de déplacement des électrons. Des oscillations dans la gamme des hyperfréquences peuvent être produites pour une épaisseur de l'ordre de quelques microns. Les résultats expérimentaux sur les champs hyperfréquences et la configuration de ces zones sont à peu près en accord avec les modèles théoriques.

— D. MERCOUROFF (Faculté des Sciences d'Orsay, France) a fait ensuite un remarquable exposé sur la propagation d'ondes électromagnétiques dans les solides conducteurs, ce qui correspond à l'utilisation des plasmas solides dans des circuits passifs [18]. Il est communément admis que les ondes électromagnétiques ne peuvent pas se propager dans les conducteurs par suite de l'« effet de peau ». Cependant, en présence d'une induction magnétique longitudinale, de telles ondes peuvent se propager à la pulsation ω à condition que ω soit très inférieure à la pulsation cyclotronique $\omega_c = \frac{eB}{m}$, elle-même inférieure à $\omega_p = (ne^2/\epsilon_0 m)^{\frac{1}{2}}$, la pulsation de plasma. Il faut, en outre, que la durée de vie des trous et des électrons libres soit grande par rapport à la période cyclotronique, ce qui suppose que τ , le temps de relaxation, soit beaucoup plus grand que

$1/\omega_c$. Si les densités p et n de porteurs de charges positifs et négatifs ne sont pas les mêmes, ces ondes sont du type *hélicon*, polarisées circulairement et faiblement atténuées, dans un sens de rotation de la polarisation. Elles sont analogues aux modes des sifflements dans l'ionosphère. Si le conducteur est compensé ($n = p$) ce sont des *ondes de Alfvén*. Ces ondes permettent plusieurs applications ; par exemple, si le produit $\omega\omega_c$ est très supérieur à la pulsation de plasma, la constante diélectrique du corps est pratiquement égale à celle du réseau ; ceci permet de mesurer la constante diélectrique du solide.

— A.G. SITENKO et V.N. ORAYEVSKII (Institut de Physique de Kiev, U.R.S.S.) ont présenté enfin un exposé théorique sur les *fluctuations dans les plasmas à l'état solide* [19].

5. Bobines cryogéniques

— De nombreux appareils de radioélectricité fonctionnent avec l'aide d'un champ magnétique statique. La mise au point des bobines à supraconducteur permet d'obtenir des champs beaucoup plus intenses qu'avec les montages traditionnels. Pour cette raison, la Commission VII a organisé une séance sur les bobinages supraconducteurs.

— Un exposé général sur les *aimants supraconducteurs* a été présenté par D.B. MONTGOMERY (Cambridge, U.S.A.) [20]. La possibilité de disposer de matériaux uniformes et de haute qualité a constitué un facteur majeur dans le développement de la technologie des aimants. L'emploi de placage, de technique de câblage, de composés de matériaux supraconducteurs et de matériaux non-supraconducteurs de haute qualité ont rendu possible le développement d'aimants de toutes dimensions, calculables et d'un fonctionnement sûr. Quelques composés possèdent une conductivité suffisamment élevée dans la région non-supraconductrice, de sorte que le champ magnétique dans des bobinages de grandes dimensions peut être rendu stable et ne peut s'effondrer lors de la transition de l'état supraconducteur à l'état normal. En plus, des alliages de haute qualité au NbZr et au NbTi ainsi que le composé intermétallique Nb₃Sn sont actuellement disponibles sous plusieurs formes. Ce dernier matériau à champ plus élevé permettrait la construction d'aimants approchant les 200 kG. Tous les aimants supraconducteurs demandent un environnement cryogénique à 4,2 °K. Le maintien de cette température constitue une charge financière. Des progrès technologiques importants ont été faits dans les pompes à flux, les réfrigérateurs à cycle fermé, les systèmes légers à circulation d'hélium, mais beaucoup reste à faire pour que les problèmes posés par l'environnement cryogénique n'handicape pas le développement des aimants supraconducteurs.

— G. BOGNER (Siemens, Allemagne) a parlé ensuite des problèmes de *technologie des grands aimants supraconducteurs* [21]. Les performances des grands aimants supraconducteurs au Nb-Zr, bobinés à l'aide de fils simples sont défavorablement influencés par l'effet de « dégradation du courant ». Des techniques telles que le placage de cuivre, le placement de feuilles de cuivre entre les couches et le

shuntage, qui s'étaient révélées pleines de succès pour les aimants à l'échelle du laboratoire, n'étaient plus efficaces pour les bobinages de grande taille. Les problèmes peuvent être résolus partiellement par l'utilisation de câbles supraconducteurs multi-brins. Ceux-ci peuvent être manipulés plus aisément et présentent une meilleure stabilité vis-à-vis des « sauts de flux ». Pour supprimer totalement la dégradation, en particulier, dans les bobinages de très grande taille, il a été nécessaire de fabriquer des conducteurs stabilisés, composés de matériaux supraconducteurs et de matériaux normaux. Un conducteur bien refroidi et totalement stabilisé possède une conductivité suffisamment élevée même s'il est dans l'état normal où la transition entre l'état supraconducteur et l'état normal s'effectue d'une façon graduelle et réversible.

Actuellement, on utilise deux types de supraconducteurs stabilisés au Nb-Zr : des câbles composés de différents fils supraconducteurs standard et de fils de cuivre, et des rubans dans lesquels des fils de Nb-Zr sont enrobés dans un substrat en cuivre. Jusqu'à présent, c'est le cuivre qui a été utilisé comme métal stabilisateur, mais des tentatives sont actuellement faites pour fabriquer un bon alliage avec de l'aluminium qui est plus avantageux que le cuivre. Des efforts sont également tentés pour remplacer le fil de Nb-Zr par de larges rubans de Nb-Zr ou de Nb-Ti traités thermiquement, puisque l'effet gênant du format de ces rubans est complètement éliminé par la stabilisation. Des expériences sont en cours, en vue de produire des rubans stabilisés en Nb₃Sn pour des aimants de grandes dimensions et à champ élevé. Les rubans stabilisés en Nb₃Sn seraient également intéressants dans le domaine des champs faibles, à condition que le coût de ces matériaux baisse.

— E.R. SCHRADER (R.C.A., U.S.A.) a principalement détaillé la *technologie des aimants au niobium-étain* [22]. Parmi les trois supraconducteurs (Nb-Zr, Nb-Ti, Nb₃-Sn) considérés comme pratiques pour l'utilisation dans les aimants, seul le niobium-étain possède un champ critique supérieur permettant d'espérer l'obtention de champs magnétiques atteignant 200 kG. La fragilité du composé intermétallique Nb₃-Sn rendait précédemment difficile la fabrication des aimants au moyen de ce matériau. Cependant, l'introduction d'un conducteur en ruban, formé de vapeur de Nb₃-Sn déposée sur un substrat, résistant aux efforts, a permis la fabrication commerciale d'aimants d'un diamètre intérieur de 3 cm, avec un champ magnétique de 110 kG. Des aimants au Nb₃-Sn beaucoup plus grands et puissants sont en cours de réalisation.

La technologie évoluée des aimants au niobium-étain a rendu périmée la technique antérieure consistant à faire réagir le niobium avec l'étain pour former le Nb₃-Sn après bobinage de l'enroulement. Les supraconducteurs actuellement disponibles sont fournis sous la forme de Nb₃-Sn, obtenu par dépôt de vapeur ou par réaction ; ils sont supraconducteurs, une fois bobinés. On peut se procurer couramment des rubans au Nb₃-Sn d'une largeur de 0,23 à 1,27 cm. Dans le cas du Nb₃-Sn déposé sous

forme de vapeur, le courant critique, la résistance et la stabilité pour une largeur quelconque du conducteur peuvent varier dans de larges limites par des modifications sélectionnées du substrat de la couche de Nb₃-Sn et du revêtement métallique normal (cuivre ou argent). Les aimants sont aisément bobinés par la méthode axiale (couches) ou radiale (galettes) avec des techniques qui diffèrent très peu de celles utilisées dans le bobinage des aimants classiques.

Parmi les aimants typiques actuellement en fabrication courante à partir de rubans de Nb₃-Sn, figure un aimant d'un diamètre intérieur de 3 cm, d'une homogénéité de 1 % dans la sphère ayant la dimension du diamètre intérieur et qui reste supraconducteur au-dessus de 110 kG à 90 A. Un aimant de cette taille emmagasine une énergie de 20 kJ ; il requiert l'utilisation d'un ruban de 3,4 km de longueur. Considérés tout d'abord uniquement pour les aimants à haut champ, les aimants au Nb₃-Sn développant 60 kOe et d'un diamètre intérieur de 9 cm deviennent dans plusieurs cas économiquement compétitifs avec le Nb-Zr.

— J. BUTTON (Cambridge, U.S.A.) a enfin passé en revue les applications des aimants supraconducteurs à des dispositifs électroniques [23]. La plupart des dispositifs électroniques à haute fréquence sont tributaires d'un champ magnétique. Citons, par exemple, l'isolateur à ferrite, le variateur de phase non-réciproque, le circulateur à grenat ferrimagnétique, le maser paramagnétique, le détecteur photoconducteur à antimoniure d'indium, etc., L'apparition des aimants supraconducteurs permet l'extension de ces composants, grâce à l'utilisation de champs plus élevés, vers les longueurs d'ondes submillimétriques. Les aimants supraconducteurs permettraient de réaliser des oscillateurs à faisceau électronique à résonance cyclotronique qui constitue une source accordable de forte puissance dans le domaine submillimétrique, des isolateurs à résonance ferromagnétique, des détecteurs semiconducteurs à résonance de cyclotron, qui peuvent être accordés sur toute longueur d'onde du domaine des ondes submillimétriques. Tous ces dispositifs existent actuellement et fonctionnent bien aux hyperfréquences, mais des champs magnétiques atteignant 100 000 G seraient nécessaires pour les adapter aux fréquences plus élevées du domaine des ondes submillimétriques.

Une autre branche de développement nouveau est celle des préamplificateurs à état solide, à faible bruit. Ces préamplificateurs sont des amplificateurs paramétriques refroidis à l'hélium liquide et de masers qui exigent un circulateur à grenat ferrimagnétique, polarisé au moyen d'un aimant supraconducteur. Le maser à onde progressive et les isola-

teurs à résonance ferromagnétique associés requièrent tous deux le champ homogène donné par un aimant supraconducteur. Pour des fréquences plus basses, où des isolateurs à ferrite ne fonctionnent pas correctement, l'isolateur à déphasage par ondes hélicons a été réalisé. Il peut actuellement fonctionner à 80 MHz avec un champ de l'ordre de 10 000 G.

BIBLIOGRAPHIE

Dans « *Progress in Radio Science 1963-1966* » :

- [1] UENOHARA M. — Low noise parametric amplifiers (pp. 2041-2061).
- [2] ROBINSON B.J. — Low noise amplifiers in radio astronomy (pp. 2062-2089).
- [3] HEFFNER H. — Quantum noise (p. 2090, résumé).
- [4] GURS K. — Continuous-wave solid-state lasers (pp. 2206-2219).
- [5] AMAT G. — Les lasers moléculaires (pp. 2221-2240).
- [6] GORDON E.I. — High power ion lasers (p. 2220, résumé).
- [7] LE MEZEC J. — Le problème du laser monomode de puissance (pp. 2187-2205).
- [8] LEITH E.N. — Some recent results in holography (p. 2241, résumé).
- [9] CUTRONA L.J. — Some considerations in holography (pp. 2242-2276).
- [10] KHOKHLOV R.V. — Non linear optics and frequency conversion of coherent radiation (pp. 2091-2132).
- [11] ATWOOD J.G. — Applications of lasers in analogs of radio technology (pp. 2133-2134).
- [12] PERIA W.T. — Prospect for improvement in the red sensitivity of photoemitters (pp. 2135-2140).
- [13] ORSZAG A. — Etude de la Lune par radar optique (pp. 2141-2174).
- [14] SAITO S. — Laser application to telemetering, telecommand and answerback systems (pp. 2175-2186).
- [15] LINVILL J.O. — Review of advances in microelectronics (pp. 1746-1780).
- [16] MANFIELD H.G. — Present status of thin-film circuits (pp. 1781-1787).
- [17] BUTCHER P.N. et HILS C. — Transferred electron oscillators (pp. 2290-2325).
- [18] MERCOUROFF W. — Propagation d'ondes électromagnétiques dans les solides conducteurs (pp. 2279-2289).
- [19] SITENKO A.G., ORAYEVSKII V.N. — Fluctuations in solid state plasmas (p. 2277, résumé).
- [20] MONTGOMERY D.B. — The technology and application of superconducting magnets (pp. 2326-2349).
- [21] BOGNER G. — The technology of super conducting magnets (pp. 2374-2388).
- [22] SCHRADER E.R. — Technology of niobium-tin magnets (pp. 2389-2391).
- [23] BUTTON K.J. — Practical uses of super conducting magnets in electromagnetic systems and devices (pp. 2350-2371).
- [24] THORNTON F. — Applications, economics and characteristics of laboratory scale superconducting magnets (pp. 2372-2373).

Comité

pour les recherches radioélectriques dans l'espace

PAR M. THUÉ*

Secrétaire Général du C.N.F.R.S.

1. Introduction

Le Comité de l'URSI pour les recherches radioélectriques dans l'espace (Space Radio Research Committee) a été créé par la XIII^e Assemblée générale (Londres, 1960) pour coordonner l'action des différentes Commissions dans le domaine des recherches spatiales, et pour assurer la liaison avec le Comité spécialisé pour les recherches spatiales du Conseil international des Unions scientifiques (Committee for Space Research, ou COSPAR).

Lors de la XV^e Assemblée générale, S. SILVER, président du Comité S.R.R., a organisé une séance à laquelle étaient conviés les membres de toutes les Commissions. Au cours de cette séance, S. SILVER a rendu compte de l'activité du Comité pendant la période 1963-1966, et en particulier de l'organisation de colloques lors de chaque réunion annuelle du COSPAR ; il a demandé à H.G. BOOKER, J. DUNGEY et S.A. BOWHILL de rendre compte du colloque inter-Unions sur la physique des relations Soleil-Terre, dont il est parlé par ailleurs ; enfin il avait demandé à deux conférenciers invités de présenter deux sujets d'intérêt à la fois radioélectrique et spatial : la synchronisation à distance au moyen de satellites, et les ondes radioélectriques provenant de l'espace, dont nous dirons quelques mots.

Par ailleurs, la Commission VI a organisé une séance consacrée aux systèmes de télécommunications par satellites, où ont été évoqués des problèmes concernant plusieurs autres commissions, et dont nous parlerons brièvement.

Signalons pour terminer cette introduction qu'au cours de ses brèves séances « administratives » le Comité a proposé de mettre fin à l'existence du Comité S.R.R., ce qui a été ratifié par le Comité exécutif de l'URSI : désormais la représentation au COSPAR sera assurée par un membre du Bureau de l'URSI et par les présidents des Commissions II, III et IV.

2. Les colloques du COSPAR

Depuis 1960, le COSPAR organise chaque année, à l'occasion de son Assemblée plénière, un colloque international de sciences spatiales consacré essentiellement à la présentation des résultats les plus récents obtenus en recherche spatiale. En outre, depuis 1964, y ont été ajoutés des colloques spécialisés sur des sujets d'actualité, choisis un an à l'avance et préparés en collaboration avec les Unions scienti-

fiques, en particulier l'URSI. Les comptes rendus de ces colloques sont publiés sous forme d'un gros volume annuel intitulé « Space Research ». Nous allons donner quelques indications sur les parties de ces colloques qui ont été organisées avec le concours de l'URSI.

2.1. INTERACTION DES PARTICULES DE GRANDE ÉNERGIE AVEC L'ATMOSPHÈRE (Florence, 12-14 mai 1964)

Ce colloque comportait quelques exposés de synthèse, présentés au cours des séances de la matinée, et un certain nombre de communications spontanées, présentées l'après-midi. Un premier centre d'intérêt concernait la participation des particules de grande énergie au maintien de l'ionisation dans l'ionosphère pendant la nuit [1.1]. Cette question n'est encore pas complètement résolue, mais il semble que l'ionisation due aux rayons cosmiques et autres particules nocturnes soit responsable d'une bonne part de la densité d'ionisation nocturne, en commun avec les ions métalliques à grande durée de vie, d'origine météorique. Un sujet connexe est la luminescence nocturne causée par des particules de grande énergie [1.2]. On a également mis en évidence l'origine particulière de certaines irrégularités d'ionisation ou perturbations, constatées dans l'ionosphère.

Un second sujet était constitué par les précipitations de particules d'origine solaire qui causent les phénomènes des régions polaires connus sous le nom d'aurores polaires [1.3] et les orages magnétiques affectant l'ionosphère tout entière, et qui sont responsables de perturbations importantes dans les liaisons de radiocommunication [1.4].

Enfin le troisième sujet concernait la partie supérieure de l'ionosphère, ou magnétosphère, et les différents phénomènes d'origine particulière qu'on y rencontre, comme les émissions à très basse fréquence [1.5], avec une description particulière des ceintures de rayonnement [1.6] qui constituent une manifestation nette et spectaculaire de l'influence des particules de grande énergie dans la haute atmosphère.

2.2. OPTIMALISATION DES EXPÉRIENCES SPATIALES DU POINT DE VUE DES TRANSMISSIONS DE DONNÉES (Man del Plata, 15 mai 1965)

Ce colloque, organisé par S. SILVER, avait pour sujet un compromis entre l'étude des appareils destinés aux expériences spatiales, ou capteurs, et l'étude

* Ingénieur en chef des Télécommunications au C.N.E.T.

de la transmission des données recueillies par ces expériences [2.1].

Dans une première partie, on a présenté un certain nombre de méthodes d'optimisation liées aux résultats de la théorie de l'information, en particulier l'utilisation de l'échantillonnage et les erreurs qu'il introduit [2.2], la possibilité d'effectuer à bord de l'engin un traitement des données recueillies, dans la mesure où l'on possède une connaissance a priori du phénomène observé [2.3], le gain de temps obtenu en effectuant un décodage « en parallèle » des mots reçus [2.4]. On a décrit des expériences particulières permettant de mettre en évidence les limites d'utilisation de l'échantillonnage [2.5] ou de déterminer la fréquence d'échantillonnage nécessaire pour mesurer avec une confiance suffisante le phénomène observé [2.6].

Dans une seconde partie, à caractère plus général, R.W. KREPLIN [2.7] puis G.H. LUDWIG [2.8] ont exposé les avantages et les inconvénients rencontrés dans la préparation des expériences, et en particulier dans l'étude du système de transmissions de données, lorsqu'on utilise respectivement des petits satellites du type EXPLORER ou des grands satellites du type « observatoire sur orbite ». Cette question, qui présente un caractère assez subjectif, a donné lieu à de nombreux échanges de vues au cours de la discussion qui a terminé le colloque et que S. SILVER a résumée [2.9] et, à la fin de cette discussion, on a également souligné le fait qu'on ne peut parler a priori d'optimisation, mais qu'on doit d'abord effectuer un choix, sous forme d'un compromis entre différents paramètres qui ne peuvent être optimisés tous simultanément : coût, délai, fiabilité, etc. ; c'est seulement après que ce choix a été fait qu'on peut mettre en œuvre des méthodes d'optimisation.

2.3. INTERACTIONS ENTRE PARTIE NEUTRE ET PARTIE IONISÉE DE L'ATMOSPÈRE (Vienne, 16-18 mai 1966)

Ce colloque, organisé par S.A. BOWHILL, a couvert six sujets différents :

— Dynamique de l'atmosphère neutre et mouvements apparents de l'ionosphère (incluant en particulier les ondes de gravité, par C.O. HINES) en insistant sur la comparaison des mesures faites au sol ou par fusées [3.1].

— Mouvement des irrégularités et des ions, en insistant sur la distinction entre les mouvements des constituants neutres et ionisés, et sur l'échelle de volume des irrégularités (y compris les irrégularités à petite échelle ou turbulence) [3.2].

— Cisaillements de vents et couches E sporadiques : de la disparité des résultats présentés, il ressort que la théorie simple des cisaillements de vents n'explique pas toutes les formations d'ionisation sporadique et que des études à ce sujet sont encore nécessaires [3.3].

— Photochimie et déplacement des constituants mineurs de la mésosphère, incluant les données de récents tirs de fusées équipées de spectromètres de masse ioniques [3.4].

— Couplage stratosphère-ionosphère, en particulier corrélations entre les variations de température et de pression dans la stratosphère, et les variations de densité électronique dans la région D [3.5].

— Mouvements de la turbopause, et leur influence sur la composition de la thermosphère [3.6].

2.4. COLLOQUE AISC-COSPAR (Londres, juillet 1967)

En 1967, le COSPAR doit organiser, avec le Comité spécial pour les Années internationales du Soleil calme, un colloque consacré aux résultats importants obtenus pendant les A.I.S.C., et concernant en particulier l'ionosphère et la magnétosphère.

Il est à noter que tous les colloques organisés par le COSPAR avec le concours des Unions scientifiques, le sont selon les méthodes en vigueur dans ces Unions : un comité d'organisation délimite l'objet du colloque et sollicite des conférenciers invités qui préparent des exposés de synthèse, auxquels s'ajoutent quelques contributions acceptées complétant les exposés de synthèse.

3. Synchronisation d'horloges par satellites

W. MARKOWITZ a examiné [4] deux méthodes utilisant deux types de satellites différents :

— Si l'on utilise un satellite comme relais dans une liaison entre deux stations éloignées, on peut établir entre ces stations une liaison unilatérale ou bilatérale. Le second type de liaison est préférable, car il ne nécessite pas la connaissance précise de la distance des stations au satellite. Une station peut même recevoir, outre les signaux de l'autre station, ses propres signaux retransmis par l'autre station, ce qui facilite la mesure.

Des expériences de ce type ont été effectuées en 1962 entre les Etats-Unis et le Royaume-Uni au moyen du satellite TELSTAR 1, puis en 1965 entre les

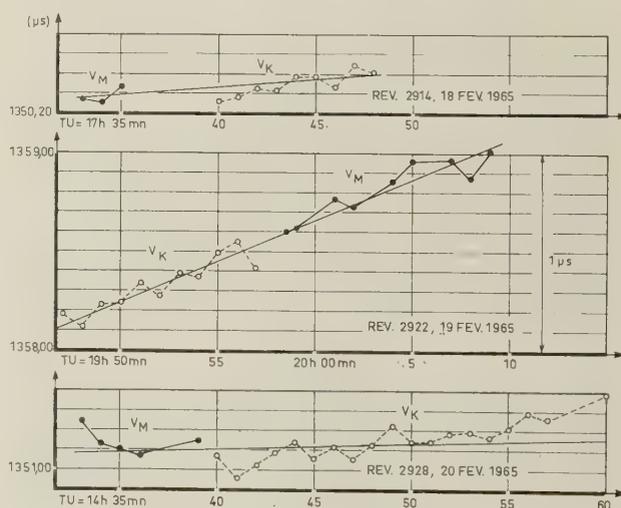


FIG. 1. — Résultats des mesures de différences de marche entre horloges de grande précision, effectuées au cours des révolutions 2914, 2922 et 2928 du satellite Relay 2, à Mojave, Californie (V_M) et Kashima, Japon (V_K). L'horloge de Kashima était en avance d'environ 1350 μs sur celle de Mojave, et la précision instantanée des mesures est de l'ordre de $\pm 1 \mu s$.

Etats-Unis et le Japon au moyen de RELAY 2. La synchronisation en temps obtenue était meilleure qu'une microseconde, elle a pu être estimée à 10 ns pour certaines expériences.

— On peut aussi munir le satellite d'une horloge très stable, comme ce fut le cas des satellites TRANSIT ou GEOS ; les stations reçoivent alors les signaux du satellite, mais doivent connaître sa distance ; la précision obtenue lors d'une campagne expérimentale en 1963 est d'environ 30 μ s.

4. Ondes radioélectriques provenant de l'espace

A.H. BARRETT [5] a surtout présenté les derniers résultats obtenus sur les raies d'absorption de l'oxydride au voisinage de 1,7 GHz, raies mises en évidence en 1963, et a recommandé une amélioration de la protection des bandes de fréquences correspondantes. On a également évoqué le cas de la raie du deutérium à 327 MHz, qui n'a encore jamais été observée, vraisemblablement à cause de la faible abondance du deutérium dans l'espace.

5. Satellites de télécommunication

Au cours de la séance organisée par la Commission VI sur les systèmes de satellites de télécommunication, ont été évoqués plusieurs points concernant les recherches spatiales, notamment au cours des exposés de J.P. HAGEN et de J.P. VOGÉ.

J.P. HAGEN [6] a présenté, après un bref historique des expériences antérieures de la NASA dans ce domaine (ECHO 1 et 2, TELSTAR 1 et 2, RELAY 1 et 2, SYCOM 2 et 3), le nouveau programme expérimental dont le commencement est prévu pour la fin de 1966 et qui doit s'étendre sur plusieurs années, l'ensemble des satellites de ce programme portant le nom d'« Applications Technology Satellites » ou A.T.S. Il s'agit de satellites presque tous stationnaires (seul ATS-A doit avoir une orbite non synchrone) destinés à expérimenter différents systèmes de maintien en position, de maintien en orientation, d'antennes directives, ainsi que différents systèmes de modu-

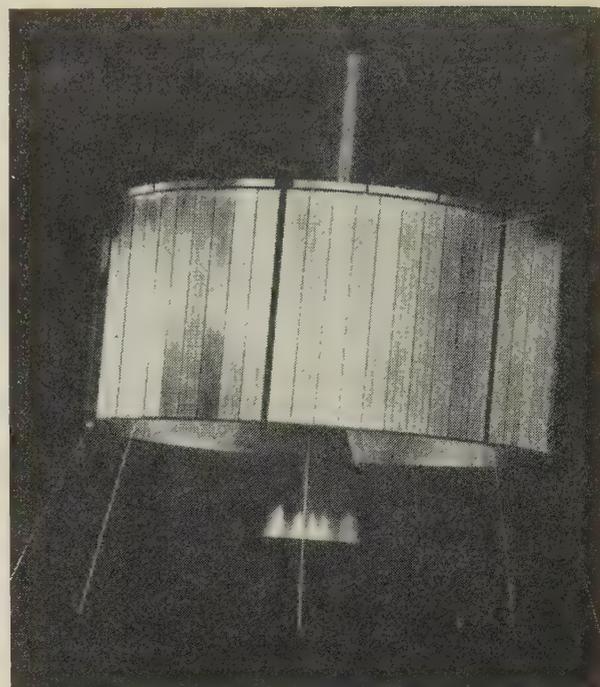


FIG. 3. — Satellite INTELSAT II (trois satellites de ce type ont été lancés à la fin de 1966 et au début de 1967).

lation, y compris à bande latérale unique, afin de préparer de futurs satellites de télécommunication, de navigation ou de météorologie.

J.P. VOGÉ [7] a présenté le programme de satellites d'exploitation du consortium international INTELSAT, commencé en 1965 avec INTELSAT 1 ou « Early Bird », et a insisté à cette occasion sur les problèmes non encore résolus qui devraient faire l'objet d'études par l'URSI, c'est-à-dire principalement :

— conditions de propagation des ondes

a) entre les stations à Terre (problème du choix des emplacements, effet d'écran du terrain, diffusion par l'atmosphère et les précipitations) ;

b) entre un satellite et un avion (influence, sur les fluctuations du champ et sur la polarisation, du rayon réfléchi sur la mer) :

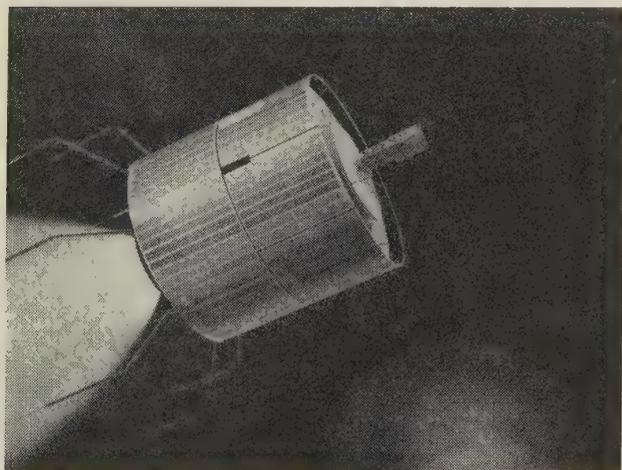


FIG. 2. — Satellite ATS-B (lancé à la fin de 1966 et devenu ATS-1).

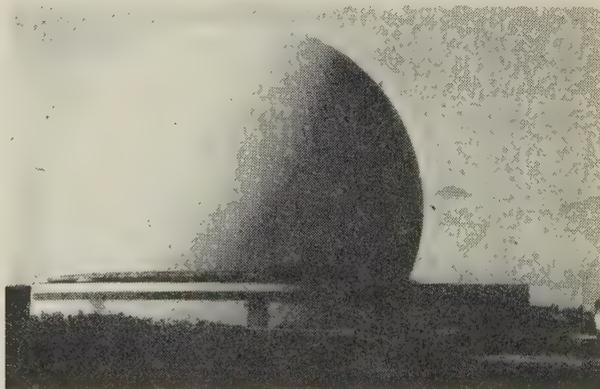


FIG. 4. — La station de télécommunication par satellites de RAISTING.

— systèmes de modulation les mieux adaptés pour les satellites à accès multiple,

— systèmes de stabilisation électronique et systèmes électroniques de pointage d'antennes,

— protection des équipements entre les rayonnements et les météorites afin d'assurer une durée de vie suffisante.

Terminons en signalant que les participants à la XV^e Assemblée générale ont pu visiter la station terrienne de télécommunication par satellites de RAISTING, près de WEILHEM, à environ 50 km de MUNICH, qui est équipée entre autres d'une antenne parabolique à excitation Cassegrain de 25 m de diamètre, et d'un préamplificateur à maser à large bande.

BIBLIOGRAPHIE

(Comité S.R.R.)

1. Dans « *Space Research V* » (comptes rendus du 5^e Colloque international de sciences spatiales organisé par le COSPAR, Florence, mai 1964) (North Holland, 1965).

La 1^{re} partie est consacrée aux exposés de synthèse du Colloque sur les interactions des particules de grande énergie avec l'atmosphère (colloque URSI-UGGI-COSPAR).

1.1. — IVANOV KHOLODNY G.S., Maintenance of the night ionosphere and corpuscular fluxes in the upper atmosphere, p. 19.

— KRASSOVSKY V.I., Yu. L. TRUTTSE and N.N. SHEFOV, On the mechanism of maintenance of the nocturnal ionosphere, p. 43.

— YONEZAWA T., Maintenance of ionization in the nighttime F₂ region, p. 49.

1.2. — BARBIER D., Possibilité de détection de particules de grande énergie dans la haute atmosphère par des observations de la luminescence nocturne atmosphérique, p. 61.

1.3. — KRASSOVSKY V.I., Problems relating to the power of aurorae, p. 71.

— BOURDEAU R.E., The temperature of charged particles in the upper atmosphere, p. 77.

— HULTQVIST B., Aurora and the lower ionosphere in relation to satellite observations of electron precipitation, p. 91.

— ANDERSON K.A., A review of balloon measurements of X-rays in the auroral zone, p. 118.

1.4. — DESSLER A.J., The dissipation of hydromagnetic wave energy in the ionosphere, p. 119.

— SHABANSKY V.P., On the first phase of a magnetic storm, p. 125.

— SHABANSKY V.P., A hydromagnetic and thermodynamic picture of a magnetic storm, p. 148.

1.5. — SAYERS J., Field aligned strata in the upper ionosphere, p. 161.

— ULWICK J.C., W. PFISTER and R.E. MCINERNEY, Direct satellite probe measurements of ionospheric irregularities, p. 171.

— HELLIWELI R.A., Generation of VLF radio noise in the ionosphere by energetic particle streams, p. 179.

1.6. — SKURIDIN G.A. and V.P. SHABANSKY, Hypotheses of the formation of radiation belts, p. 180.

— HAYAKAWA S. and H. OBAYASHI, A loss mechanism of geomagnetically trapped particles by magnetic disturbances, p. 182.

— DUNGEY J.W., Some effects of electromagnetic disturbances on the radiation belts, p. 183.

On pourra également consulter dans *Space Research V* le texte des communications spontanées à ce colloque qui font l'objet respectivement de :

2^e partie. — Processus et anomalies ionosphériques (pp. 187 à 270).

3^e partie — Précipitation et effets des particules de grande énergie (pp. 271 à 328).

4^e partie. — Ceintures de rayonnement (pp. 329 à 512).

2. Dans *Space Research VI* (comptes rendus du 6^e colloque international de sciences spatiales organisé par le COSPAR, Mar del Plata, mai 1965) (Spartan Books et Mac Millan, 1966).

3^e partie : colloque sur l'optimisation des appareils pour expériences spatiales, du point de vue des transmissions de données (colloque URSI-COSPAR) :

2.1. — SILVER S., Introductory Remarks, p. 235.

2.2. — SAKRISON D.J., Processing of Telemetry Data Generated by Sensors Moving in a Varying Field, p. 239.

2.3. — WILLMORE A.P., On-Board Data Processing in Spacecraft as an Aid to Optimizing the Design of Experiments, p. 261.

2.4. — FLEISHMAN B.S., Parallel Decoding and Optimization of Data Processing of Space Experiments, p. 269.

2.5. — SONETT C.P., Modulation and Sampling of Hydro-magnetic Radiation, p. 280.

2.6. — HISASHI MINE, Statistical Treatment for Cosmic Ray Intensity Observed by Detectors Moving Above the Earth Surface, p. 323.

2.7. — KREPLIN Robert W. and GREGORY Bruce N., Design considerations involved in preparation of experiments for Small and Large Satellites, p. 335.

2.8. — LUDWIG George H., Relative Advantages of Small and Observatory Type Satellites, p. 349.

2.9. — SILVER S., Discussion, p. 363.

Note. — On trouvera également des exposés intéressants l'URSI dans la 2^e partie, consacrée au colloque sur les anomalies de l'hémisphère austral (pp. 117 à 231).

3. Dans « *Space Research VII* » (comptes rendus du 6^e colloque international de sciences spatiales organisé par le COSPAR, Vienne, mai 1966). (North Holland, 1967).

La 1^{re} partie est consacrée aux exposés présentés au colloque sur les interactions entre les parties neutre et ionisée de l'atmosphère (colloque URSI-UGGI-COSPAR).

3.1. — Dynamique de l'atmosphère neutre :

— Circulation of the middle and upper atmosphere, W.L. WEBB, p. 1.

— Planetary waves in the stratosphere and their upward propagation, B.W. BOVILLE, p. 20.

— Tidal oscillations, shorter-period gravity waves, and shear waves, C.O. HINES, p. 30.

— Turbulence in the lower thermosphere, W.G. ELFORD, R.G. ROPER, p. 42.

3.2. — Mouvements des irrégularités d'ionisation :

— Travelling ionospheric disturbances, L.H. HEISLER, p. 55.

— Comparison of ionospheric drift velocities by the spaced receiver technique with neutral winds from luminous rocket trails, J.W. WRIGHT, L.S. FEDOR, p. 67.

— Mesures de vents ionosphériques au moyen d'un radar météorologique, A. SPIZZICHINO, p. 73.

— Turbulent and wave structures in the distribution of ionization in the D region, E.E. GOSSARD, p. 76.

— Motion of artificial ion clouds in the upper atmosphere, G. HAERENDEL, R. LÜST, E. RIEGER, p. 77.

— The influence of ionization on movement of the atmosphere at F region heights, and a suggested explanation of the general eastward rotation of the atmosphere at these heights, D.F. MARTYN, p. 87.

3.3. — Cisaillements de vents et couches E sporadiques :

— Survey of sporadic E processes, J.D. WHITEHEAD, p. 89.

— Measured wind shears and electron densities, J.F. BEDINGER, L.G. SMITH, p. 100.

- Profiles of winds in the lower thermosphere by the gun-launched probe technique and their relation to ionospheric sporadic E, J.W. WRIGHT, C.H. MURPHY, G.V. BULL, p. 113.
- Composition measurements of sporadic E in the nighttime lower ionosphere, R.S. NARCISI, A.D. BAILEY, L. DELLA LUCCA, p. 123.
- Rocket results on sporadic E layers and their interpretation, L.R.O. STOREY, A.P. WILLMORE, p. 124.
- The wind shear theory of the formation of temperature zone sporadic E layers, W.I. AXFORD, p. 126.
- Laboratory measurements of ionospheric ion-molecule reactions, E.E. FERGUSON, F.C. FEHSENFELD, A.L. SCHMELTEKOPF, p. 135.
- Parameters of the low ionosphere at night deduced from parachute borne blunt probe measurements, L.C. HALE, p. 140.
- Aeronomy of the lower ionosphere, A.P. MITRA, p. 152.
- Laboratory measurements of electron-ion recombination coefficients, M.A. BIONDI, p. 154.
- 3.4. — Photochimie et transport des constituants mineurs de la mésosphère :
 - The problem of sodium distribution, T.M. DONAHUE, p. 165.
 - The average distribution and time variation of ozone in the stratosphere and mesosphere, J. LONDON, p. 172.
 - Ion composition of the mesosphere, R.S. NARCISI, p. 186.
 - Ionospheric implications of minor mesospheric constituents, G.C. REID, p. 197.
- 3.5. — Couplage stratosphère-ionosphère :
 - Present research aspects in ionosphere-stratosphere coupling effects, E.A. LAUTER, p. 212.
 - The morphology of winter anomaly of absorption, W. DIEMINGER, G. ROSE, H. SCHWENTEK, H.U. WIDDEL, p. 228.
 - Mesospheric ionization changes and their causes, J.B. GREGORY, p. 240.
- Mise en évidence au moyen de la diffusion incohérente des collisions entre particules ionisées et particules neutres, M. PETIT, P. WALDTEUFEL, p. 241.
- Ionization changes coupled to stratospheric effects, A.H. SHAPLEY, p. 245.
- Rocket ionization measurements on a winter day of high absorption, S.A. BOWHILL, E.A. MECHTLY, C.F. SECHRIST, L.G. SMITH, p. 246.
- The vertical drift of charged particles as a possible cause of variations in the ionospheric absorption, P. TRISKA, p. 247.
- Electronic component and collision interaction in the D region, K. RAWER, p. 254.
- 3.6. — Variations de la turbopause et leurs conséquences :
 - Turbopause processes and effects, F.S. JOHNSON, p. 262.
 - Turbulence and eddy coefficients deduced from vapor trails, O.R. COTÉ, p. 270.
 - Investigations of the turbulence in the mesosphere determined from rocket measurements, H.-R. LEHMANN, p. 277.
 - Ionospheric evidence for composition changes, H. RISHBETH, p. 284.
 - The part of radiation in the heat regime of the atmospheric layer from 30 to 100 km, K.Y. KONDRATYEV, G.M. SHVED, p. 288.
 - The neutral composition of the lower thermosphere, A.O. NIER, A.E. HEDIN, p. 311.

Dans « *Progress in Radio Science 1963-1966* » :

4. MARKOWITZ W. — Synchronization of clocks via satellites (pp. 163-171).
5. BARRET A.H. — Unique radio frequencies from space (pp. 1427-1430).
6. HAGEN J.P. — Research aspects of hte NASA communication satellite program (pp. 1672-1706).
7. VOGÉ J.P. — Le programme de télécommunication par satellites d'Intelsat. Problèmes intéressants l'URSI (pp. 1707-1710) (Résumé).

Comité pour la coopération internationale en géophysique

PAR Mlle G. PILLET*

Ce titre, « Coopération internationale en Géophysique », évoque immédiatement l'AGI (Année Géophysique Internationale) et les AISC (Années Internationales du Soleil Calme), ces deux grandes manifestations de recherches géophysiques coordonnées à l'échelle mondiale, la première lors d'une période d'activité solaire très élevée (1957-58), la seconde pendant une période de faible activité solaire (1964-65).

1. L'URSI et les Années Internationales du Soleil Calme (AISC)

Après la XIV^e Assemblée Générale de l'URSI (Tokyo, 1963) on avait indiqué [1] les programmes mis en œuvre pendant les AISC, préparés par le Comité Spécial pour les AISC, et la part importante prise par l'URSI par l'intermédiaire de son comité

URSI-CIG, ces deux comités étant d'ailleurs en relations étroites, puisqu'ils sont tous les deux présidés par le professeur BEYNON.

L'URSI avait d'ailleurs été largement représentée aux deux premières assemblées des AISC, réunies à Paris en mars 1962 et à Rome en mars 1963 pour mettre au point des programmes d'observations à l'échelle mondiale. Elle participa activement à la 3^e Assemblée tenue à Madrid en mars 1965, où fut établi un premier bilan des opérations en cours et des résultats préliminaires. Elle doit jouer un rôle important dans le déroulement de la 4^e et dernière Assemblée, qui se tiendra à Londres en juillet 1967, pour faire la synthèse des résultats obtenus pendant ces deux années d'intense coopération internationale.

* Ingénieur contractuel au C.N.E.T.

Un an environ avant cette Assemblée de clôture, dès la XV^e Assemblée Générale de l'URSI, de nombreuses communications ont déjà été présentées, basées sur les résultats obtenus au cours des années du Soleil Calme. Le Comité URSI-CIG, lors de ses



Fig. 1. — Antennes des riomètres installés en Terre Adélie pour les A.I.S.C.

réunions au cours de cette Assemblée Générale, a fait le point des travaux effectués depuis trois ans dans le cadre des programmes internationaux.

Nous ne ferons pas, à nouveau ici, un exposé de ces programmes synoptiques qui concernent les sondages ionosphériques en incidence verticale, l'absorption et les vents ionosphériques, le bruit radioélectrique atmosphérique, les sifflements et les bruits ionosphériques TBF et EBF ; nous nous contenterons de résumer les rapports au Comité URSI-CIG des différents consultants pour ces sous-disciplines.

a) *Sondages en incidence verticale* : On peut prévoir pour les AISC une aussi grande quantité de données que pour l'AGI. 158 (± 6) stations ont fonctionné et l'envoi des données aux Centres Mondiaux de Données a été bien meilleur que pour l'AGI.

b) *Absorption ionosphérique* : Le réseau des stations qui ont mesuré l'absorption par l'enregistrement de l'amplitude de signaux réfléchis par l'ionosphère en incidence verticale (méthode A 1) a été moins satisfaisant que celui qui a fonctionné pendant l'AGI. mais il est cependant possible de faire une comparaison valable des résultats obtenus pendant ces deux périodes.

Par contre, la méthode A 3 qui consiste à mesurer l'intensité du champ de signaux émis à courte distance en incidence oblique a donné, pendant les AISC, beaucoup plus de résultats que pendant l'AGI, et se révèle très prometteuse.

En ce qui concerne la mesure de l'absorption par l'ionosphère du bruit galactique extraterrestre au moyen de riomètres (méthode A 2), les deux faits saillants pendant les AISC ont été l'utilisation de fréquences multiples en une même station et la mise en œuvre de cette méthode en des points magnétiquement conjugués. Cette méthode A 2 est surtout utilisable aux latitudes élevées car le niveau de bruit aux fréquences employées aux latitudes basses et moyennes est généralement trop fort pour permettre des enregistrements corrects.

L'importance des mesures d'absorption est considérablement accrue depuis que les mesures effec-

tuées au cours des dernières années ont permis de mettre en évidence une corrélation entre les réchauffements stratosphériques et l'absorption anormale dans la région D en hiver. En conséquence, le Comité URSI-CIG a proposé une résolution qui a été adoptée par l'Assemblée Générale, et dont le texte est donné en annexe, demandant qu'un programme post-AISC soit mis en œuvre en vue d'étudier le mécanisme de cette interaction et l'influence de l'activité solaire à long-terme sur ce phénomène.

c) *Vents ionosphériques* : Les travaux sur les vents ionosphériques ont été, pendant les AISC, plus importants dans la région équatoriale que pendant l'AGI mais, par ailleurs, ils ont été en nette diminution aux autres latitudes. Plusieurs stations ont entrepris des comparaisons entre différentes méthodes (comparaison des évanouissements sur trois

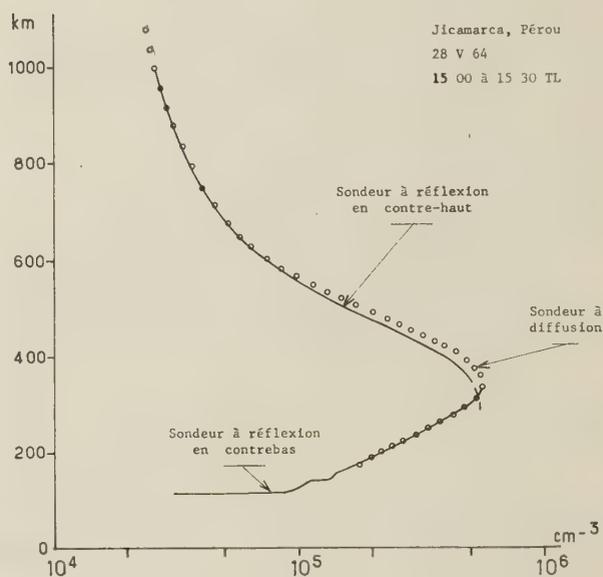


Fig. 2. — Comparaison de mesures de la densité électronique obtenues par trois méthodes différentes.

antennes ou plus, distantes de moins de quelques longueurs d'onde, observation du déplacement des traînées météoriques, étude de la scintillation des étoiles radioélectriques).

d) *Bruit radioélectrique atmosphérique* : Une impulsion a été donnée à l'étude du bruit radioélectrique atmosphérique pendant l'AGI et les travaux ont été poursuivis depuis, au même niveau. Le programme à long terme concernant ces mesures est à considérer et ce sera une des tâches de la nouvelle Commission VIII créée à cette Assemblée Générale.

e) *Sifflements et émissions TBF* : Des efforts synoptiques ont été poursuivis dans ce domaine pendant les AISC par certaines stations sélectionnées, mais cependant à une échelle moindre que pendant l'AGI.

f) *Sondages en incidence oblique* : Le Dr K. Davis a présenté un compte rendu de la réunion sur les sondages ionosphériques en incidence oblique, qui s'est tenue à Leicester, Grande-Bretagne, en juillet

1966 et à la suite de laquelle des recommandations ont été faites, principalement en ce qui concerne la présentation des résultats sous forme de graphiques standardisés.

Une des préoccupations du Comité URSI-CIG, comme du Comité Spécial pour les AISC, est de rendre accessible à tous les chercheurs les données obtenues par les quelque 200 stations qui ont effectué des observations pendant les Années du Soleil Calme, et une résolution de ce Comité (dont le texte est donné en annexe) recommande que copie de ces données soit envoyée aux Centres Mondiaux de Rassemblement de Données. Un certain nombre de publications sont en cours de préparation pour faciliter l'utilisation de cette énorme quantité de données ainsi rassemblées. Un Atlas d'Ionogrammes est en cours de publication, ainsi qu'une liste des stations ionosphériques qui ont fonctionné pendant les AISC et des informations concernant les sondes utilisées par les différentes stations.

Une monographie sur les profils d'ionisation N (h) en fonction de l'altitude a été préparée par J.W. WRIGHT. De plus, un sous-Comité du Comité URSI-CIG étudie les méthodes de traitement automatique des données.

Un volume des Annales des AISC (« IQSY Annals ») sera consacré à des exposés de synthèse (« data review papers ») qui traiteront des données synoptiques obtenues pendant les AISC et de leur comparaison avec celles de l'AGI, en vue d'en dégager l'influence de l'activité solaire sur les différents phénomènes ionosphériques. G.M. BROWN et W.R. PIGGOTT ont été chargés de l'article concernant les données obtenues par sondages verticaux, le Professeur RAWER et W.R. PIGGOTT de celui traitant de l'absorption ionosphérique et le Professeur R.W.H. WRIGHT de celui qui concerne les vents ionosphériques.

Signalons enfin qu'à l'occasion de la 4^e Assemblée des AISC et de la 10^e réunion du COSPAR qui se tiendront à Londres en juillet 1967, un Colloque AISC/COSPAR doit rassembler sous forme d'exposés de synthèse les principales conclusions qu'il est déjà possible de tirer des observations faites pendant les AISC dans les différentes disciplines. Cependant, plusieurs années seront nécessaires pour exploiter la masse considérable d'observations accumulées pendant les AISC.

2. Colloque sur la physique des phénomènes Soleil-Terre

L'idée d'un Colloque inter-Unions sur la physique des phénomènes Soleil-Terre fut émise à l'Assemblée Générale de l'URSI à Tokyo, en 1963.

Patronnée par l'URSI, l'UGGI (Union Géodésique et Géophysique Internationale), l'UAI (Union Astronomique Internationale) et le COSPAR (Comité pour les Recherches Spatiales), cette réunion a eu lieu à Belgrade, du 29 août au 2 septembre 1966.

M. RATCLIFFE était président et le Dr J.W. KING, secrétaire du Comité du Programme.

Les cinq sujets principaux, objets de ce Colloque,

et les noms des auteurs des exposés de mise au point étaient les suivants :

- A — Emission de particules solaires et champ magnétique interplanétaire (R. LÜST et E.N. PARKER).
- B — Interaction du plasma solaire et du champ géomagnétique. 1. Conditions calmes (N.F. NESS et J.W. DUNGEY).
- C — Interaction du plasma solaire et du champ géomagnétique. 2. Conditions perturbées (T. OBAYASHI et V.A. TROITSKAYA).
- D — Particules énergétiques chargées dans la magnétosphère (V.A. KRASSOVSKY et B.J. O'BRIEN).
- E — Température des particules neutres et chargées dans l'ionosphère et la magnétosphère (J.V. EVANS et K.I. GRINGAUZ).

200 communications, environ deux fois plus que prévu, furent présentées, une partie par leurs auteurs, une partie résumées par les auteurs des exposés de mise au point. 90 % traitaient du vent solaire et de la magnétosphère. Un recueil contenant les résumés des communications a été distribué à Belgrade aux participants mais seuls les exposés de mise au point sont publiés dans un volume spécial [2]. Certaines des communications ont été publiées dans des revues spécialisées [3].

Plusieurs communications françaises furent présentées parmi lesquelles une de MM. CARRU, PETIT et WALDTEUFEL sur la mesure de températures électroniques et ioniques par diffusion incohérente. Les résultats concernant les phénomènes observés en des points magnétiquement conjugués furent exposés par R. GENDRIN (GRI) en ce qui concerne les publications irrégulières à période décroissante (IPDP) enregistrées aux Iles Kerguelen et en URSS, et par R. SCHLICH (IPG) en ce qui concerne les micropulsations de type pc_1 et pi_1 observées simultanément au sud de la France et à l'Observatoire d'Hermanus, en République Sud-Africaine.

Il ressort de ce colloque que de très nombreux théoriciens se penchent actuellement sur les problèmes posés par la magnétosphère mais que des observations plus nombreuses doivent être effectuées au moyen de satellites et aussi en des stations au sol situées en des points magnétiquement conjugués.

3. Avenir de la coopération internationale en Géophysique

Le programme des AISC concernait des disciplines très variées, mais en liaison étroite les unes avec les autres, que l'on pourrait grouper sous le nom général de « physique solaire-terrestre ». Il est évident qu'une étroite coopération internationale est indispensable au succès des recherches entreprises dans ce domaine et c'est principalement pour cette raison que le Conseil International des Unions Scientifiques (ICSU) a encouragé l'organisation de l'AGI et des AISC. Quatre des Unions de l'ICSU, l'Union Astronomique Internationale, l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, l'Union Géodésique

et Géophysique Internationale et l'URSI ainsi que le COSPAR sont impliquées dans la « physique solaire-terrestre ».

Le programme d'observations des AISC est terminé depuis le 31 décembre 1965 et le Comité Spécial des AISC sera dissout à la fin de 1967 après avoir rempli son mandat. Afin que soit poursuivie la coordination des recherches dans les domaines de la Géophysique qui dépendent du Soleil, l'ICSU a créé, à sa 11^e Assemblée Générale à Bombay, en janvier 1966, une Commission Inter-Unions pour la Physique solaire-terrestre (Inter-Union Commission on Solar-Terrestrial Physics, IUCSTP).

Cette Commission Inter-Unions, sous la présidence du Dr H. FRIEDMAN, est composée de représentants des Unions intéressées :

Dr Z. SVESKA (UAI), Prof. J. ROEDERER (UGGI), Prof. BEYNON (URSI), Dr N.V. PUSHKOV (COSPAR) et le Secrétaire en est le Dr C.M. MINNIS.

Le Comité Spécial de l'ICSU pour les AISC devant être dissout à la fin de l'année 1967, il a été décidé à la XV^e Assemblée Générale de l'URSI, que le Comité URSI-CIG serait également dissout à la même date. Un nouveau Comité de l'URSI pour la Physique solaire-terrestre (Comité URSI-STP) a été créé pour assurer la liaison indispensable de l'URSI avec la nouvelle Commission Inter-Unions (IUCSTP) et prendre en charge les responsabilités du Comité URSI-CIG, comme l'indiquent les recommandations de la Commission III, dont on trouvera le texte en annexe.

Le mandat de ce nouveau Comité URSI-STP est le suivant :

1. Coopérer avec l'IUCSTP pour toutes les questions concernant l'URSI dans le domaine de la physique solaire-terrestre,
2. Coordonner les activités des Commissions de l'URSI spécialement concernées dans le domaine de la physique solaire-terrestre,
3. Traiter de toutes les questions concernant l'AGI et les AISC qui étaient auparavant du domaine du Comité URSI-CIG, y compris le rassemblement des données dans les Centres Mondiaux de Données et la publication des données dans le domaine des sciences radioélectriques, y compris celles de l'AGI et des AISC,
4. Intégrer les futurs programmes spéciaux de l'URSI à ceux de l'IUCSTP, et coordonner et présenter l'avis de l'URSI en ce qui concerne les colloques dans le domaine de la physique solaire-terrestre.

Etant donné que, dans le vaste domaine de la physique solaire-terrestre, de nombreux sujets intéressent plusieurs Commissions de l'URSI, les propositions pour la composition de ce Comité URSI-STP seront faites par le représentant de l'URSI à l'IUCSTP (Prof. BEYNON) et les Présidents des Commissions II, III, IV et V de l'URSI.

La prochaine période de maximum d'activité solaire, en 1968-69, donnera certainement à ces nouveaux Comités l'occasion de poursuivre cette coopération internationale en Géophysique dont les AISC ont fourni une éclatante manifestation.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] PILLET G. et DU CASTEL F. — L'URSI et les années internationales du soleil calme. *L'Onde Electrique*, **44**, 444, 279-284.
- [2] *Solar Terrestrial Physics*, Editor J.W. KING et W.S. NEWMAN (Academic Press, 1967).
- [3] Voir en particulier *Journal of atmospheric and terrestrial physics*, **29**, 4 (avril 1967).

ANNEXE

Résolutions du Comité de PURSI pour la Coopération internationale en Géophysique (URSI-CIG)

RÉSOLUTION I

Le Comité URSI-CIG recommande instamment que soit poursuivie l'étude de la corrélation entre les échauffements stratosphériques et l'absorption anormale des ondes radioélectriques dans la région D pendant l'hiver, en tant que programme d'études spécial après les Années internationales du Soleil calme, en vue d'établir le mécanisme d'interaction et les influences de l'activité solaire à long terme sur les phénomènes. Il est rappelé que, depuis les AISC, l'IUWDS, en coopération avec l'OMM, émet des Alertes STRATWARM, valables pour les deux hémisphères, afin d'attirer l'attention, en temps utile, sur l'existence, la situation et le mouvement des centres de réchauffements anormaux dans la stratosphère.

Dans le cadre d'un programme de recherches post-AISC, le Comité URSI-CIG propose les études suivantes dont la coordination entre les groupes intéressés sera assurée par le Rapporteur pour l'Ionosphère :

- 1) Observations continues, au sol, de l'absorption des ondes radioélectriques en vue d'établir les variations dans le temps et dans l'espace, particulièrement en hiver. Ces observations pourraient être utilisées pour déterminer l'opportunité d'observations plus coûteuses, par exemple à l'aide de fusées.
- 2) Déterminations de profils de densité électronique dans la région D, à partir d'observations effectuées au sol.
- 3) Mesures des densités ioniques et électroniques et de la composition de l'atmosphère neutre dans la région D, au moyen d'appareils embarqués à bord de fusées.
- 4) Mesures de profils du nombre de chocs dans la région D.
- 5) Observations des paramètres météorologiques de la stratosphère par ballons et de la mésosphère et de l'ionosphère inférieure par de petites fusées météorologiques.

RÉSOLUTION II

Le Comité URSI-CIG recommande que toutes les institutions qui effectuent des observations radioélectriques contribuant aux programmes internationaux, y compris l'AGI et les AISC, continuent d'envoyer copie de leurs données aux Centres mondiaux de données, conformément au Guide de l'AGI et aux différentes recommandations formulées par l'URSI. Il est particulièrement demandé de transmettre toutes les données des AISC dans les plus brefs délais.

Correspondance

RÉALISATION D'UN ENSEMBLE D'ENREGISTREMENT ET D'EXPLOITATION STATISTIQUE DE MESURES PHYSIQUES

PAR

R. OLLIVIER et J.C. QUERO

*Laboratoire d'Electronique
et de Spectroscopie Hertzienne
Faculté des Sciennes, Rennes,*

1. Introduction

L'exploitation statistique des mesures physiques attire de plus en plus l'attention des expérimentateurs.

Nous avons réalisé au Laboratoire d'Electronique et de Spectroscopie hertzienne de la Faculté de Rennes un rigidimètre automatique qui, suivant un programme donné, procède à des séries de déterminations de rigidités diélectriques sur divers échantillons d'isolants. Les histogrammes des tensions de claquage auraient pu être obtenus par exploitation directe des mesures sur un sélecteur d'amplitude ; le processus expérimental, relativement lent, a nécessité un stockage préalable des informations afin de réduire le temps d'exploitation des résultats.

Nous allons exposer ici la conversion des mesures pour un enregistrement analogique ainsi que la mise en forme du signal de lecture lors du dépouillement.

2. Réalisation

2.1. ENREGISTREMENT

Une mémoire conserve la valeur de crête atteinte lors de la montée en tension pour l'essai de rigidité. Cette tension est convertie en un signal à 1 kHz, d'amplitude proportionnelle, qui sera enregistré sur bande magnétique. Le processus est schématisé sur la figure 1.

La mémoire est constituée par le condensateur C qui se charge pendant la montée en tension. Le dis-

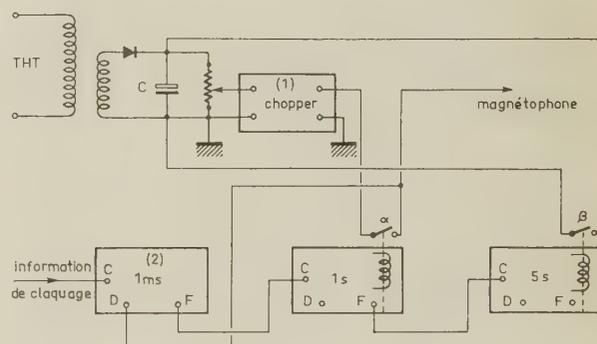


FIG. 1

positif « chopper » (1) assure la conversion pour l'enregistrement. La bascule 1 ms (2) délivre, au début de chaque train d'onde, une impulsion de commande d'amplitude maximale (saturation de la bande magnétique) qui sera utilisée lors de la lecture. Le début de cette impulsion déclenche la bascule 1 s commandant l'enregistrement. Celui-ci terminé, une bascule de 5 s remet la mémoire à zéro.

2.2. LECTURE

Nous disposons, pour l'exploitation des mesures, d'un sélecteur d'amplitude multicanal (SAM 60 de la SAIP) exigeant à l'entrée des impulsions de temps de montée inférieures à 20 μ s et de temps de descente inférieures à 250 μ s, d'où la conception de la lecture selon le schéma-bloc de la figure 2.

L'impulsion de commande qui précède chaque information déclenche la bascule 0,3 s. Dans ces

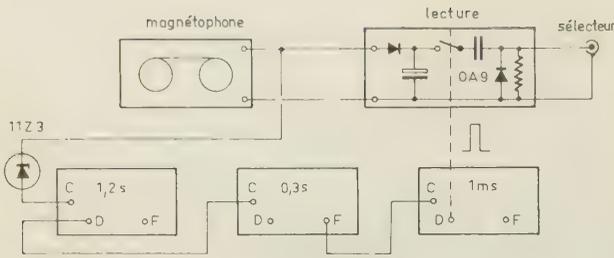


FIG. 2

conditions, la véritable mesure se fait 0,3 s après le début du train d'onde et apparaît sous la forme d'un créneau de durée 1 ms et d'amplitude proportionnelle au signal. Après différenciation, nous obtenons deux impulsions conformes aux exigences du sélecteur ; la diode 0A9 détermine la polarité de la seule impulsion retenue.

Une diode Zener d'entrée 11Z3 détermine un seuil qui ne peut être franchi que par l'impulsion de commande en début de train d'onde. Cependant, dans le cas de signaux d'amplitude maximale, on pouvait craindre un nouveau déclenchement de la lecture pour le même train d'onde. Pour l'éviter, l'impulsion de commande agit, en fait, sur une bascule supplémentaire de 1,2 s dont le début, seul, détermine le départ du processus de lecture. De cette façon, l'ensemble ne se trouve déverrouillé que 1,2 s plus tard.

Les circuits de mesure comportent un détecteur linéaire dont la tension est appliquée à un transistor « chopper » ouvert pendant 1 ms pour la mesure. Le temps de montée ne dépend que de la bascule de commande.

3. Résultats

Ce montage présente l'intérêt de ne nécessiter aucune performance exceptionnelle de la part du magnétophone. La dynamique de l'ensemble est de 50 dB pour une distorsion de 3 %. La fiabilité, actuellement éprouvée sur 2 000 h, est excellente. Il est intéressant d'avoir atteint ces performances sans recourir à un système numérique d'enregistrement avec les problèmes de conversion plus complexes qu'il implique.

4. Conclusion

Utilisé avec un sélecteur d'amplitude, un tel ensemble permet d'exploiter un grand nombre de renseignements d'origines très variées, par une simple adaptation de l'entrée. Il pourrait être appliqué à divers essais ou contrôles de fabrication, particulièrement en électrotechnique ou en mécanique. Cet appareil peut donc rendre des services importants, tant dans des laboratoires de recherche que dans des sondages industriels d'information sous forme statistique. La réalisation d'un sélecteur d'amplitude aux possibilités réduites, adapté à ce seul problème, est envisagé et ne semble pas poser de difficultés.

BIBLIOGRAPHIE

- Application des semiconducteurs « Les choppers », édité par le bureau de documentation de La Radiotechnique-Coprim.
- Manuel d'application des semiconducteurs. SESCO.

Corrigendum

Dans l'article « **Optimalisation des paramètres du système de télévision en couleur SECAM** », par J. FAGOT, Directeur Technique à la C.S.F., les figures 13 b et 14 a ont été retournées haut pour bas, lors de la mise en page.

Nous prions l'auteur et les lecteurs de *L'Onde Electrique* de bien vouloir nous en excuser.

Vie de la Société

MÉDAILLES ANDRÉ BLONDEL

Discours prononcé

par le Duc Louis de Broglie

le 19 mai 1967

Mesdames, Messieurs,

Le fonctionnement du Comité André Blondel a été, dans ces derniers temps, quelque peu modifié. Après la mort subite du regretté M. TRIBOT-LASPIERRE qui en assurait le secrétariat général et pendant quelques années, je n'avais pu maintenir la distribution annuelle des Médailles Blondel que grâce au dévouement de Mlle DEFRANCE et à l'aide qu'elle m'a apportée à cette occasion : je tiens à l'en remercier encore une fois bien vivement. Mais depuis un an, M. François CAHEN, ayant succédé à M. TRIBOT-LASPIERRE comme Secrétaire général de la Conférence Générale des grands Réseaux électriques C.I.G.R.E., a bien voulu assumer aussi la tâche de Secrétaire général du Comité André Blondel et, à cette occasion, le Comité avait chargé son nouveau Secrétaire général de mettre au point une réorganisation de l'attribution et de la remise des Médailles Blondel. M. François CAHEN s'est occupé activement cet hiver de cette réorganisation et désormais les Médailles Blondel attribuées par une Commission de la Médaille élargie seront remises, comme elles vont l'être pour la première fois aujourd'hui, non plus dans une petite réunion du Comité et de ses invités, mais dans une séance commune plus solennelle de la Société française des Electriciens et de la Société française des Electroniciens et des Radioélectriciens.

Réunie comme d'habitude au mois de mars, la Commission de la Médaille, désormais plus nombreuse, s'est trouvée en présence de plusieurs candidatures préalablement présentées par divers organismes et diverses personnalités. Nous avons eu, une fois de plus, l'impression réconfortante que nous possédons en France un grand nombre de jeunes chercheurs d'une grande valeur qui méritent, par l'importance de leurs travaux, de recevoir la haute récompense que nous décernons. Si cette constatation est de nature à nous réjouir, elle n'est pas aussi sans nous embarrasser quelque peu car il nous faut choisir, le nombre des lauréats annuels qui est régulièrement de deux ne pouvant qu'exceptionnellement être de trois. Or, cette année précisément, le mérite de certains candidats nous a amenés, après une assez longue discussion de leurs titres, à décerner trois Médailles Blondel.

Nos lauréats sont M. Georges BONNET, Professeur sans chaire à la Faculté des Sciences de Grenoble, Directeur du Centre d'Etudes des phénomènes aléatoires, M. Gérard FOURNET, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris et à l'Ecole Supérieure de Physique et de Chimie, et M. Léon MALNAR, Chef de laboratoire au département de Physique appliquée de la Compagnie générale de Télégraphie sans Fil C.S.F. et Professeur à l'Ecole nationale de l'Aviation civile.

C'est donc à eux, qu'après avoir rapidement résumé leurs carrières et leurs travaux, je vais avoir le plaisir de remettre successivement une des Médailles que le Comité Blondel décerne chaque année.

Monsieur Georges Bonnet

Né à Marseille le 3 octobre 1925, vous avez poursuivi vos études supérieures aux Universités de Marseille et de Grenoble où vous passez brillamment la licence ès Sciences. Vous commencez votre carrière d'ingénieur à la Société Astyr de Marseille où vous vous occupez d'Electronique et de Radiocommunication, puis de 1952 à 1957 vous êtes Ingénieur contractuel de la Marine Nationale au Laboratoire de Recherches de l'Etablissement de Saint-Tropez où vous étudiez des questions d'électronique se rapportant à l'Acoustique sous-marine. En 1957, vous devenez ingénieur au Commissariat à l'Energie atomique, affecté au Centre d'Etudes nucléaires de Grenoble où vous ne tardez pas à jouer un rôle important et où vous avez créé un Centre d'études des phénomènes aléatoires que vous dirigez et où se sont accomplis déjà de nombreux travaux sous votre direction. En 1961, vous passez à la Faculté des Sciences de Grenoble une thèse intitulée « Théorie d'une métrologie du champ magnétique terrestre basée sur la résonance de noyaux atomiques polarisés » dont la valeur a été très remarquée. Entré à la Faculté des Sciences de Grenoble comme Maître de conférence en 1962, vous y êtes maintenant Professeur sans chaire, tout en continuant à diriger le Centre d'étude des phénomènes aléatoires.

On peut caractériser l'ensemble de vos travaux en disant qu'ils ont porté essentiellement sur l'étude des méthodes électroniques de mesures physiques. Déjà, pendant votre passage dans l'industrie privée et à la Marine Nationale, vous aviez eu à étudier des appareils de radiocommunication sur ondes métriques et des problèmes d'acoustique sous-marine et de piézoélectricité.

Mais la partie sans doute la plus importante de vos recherches a porté sur l'étude du signal et sur les phénomènes aléatoires que cette étude conduit à analyser parce que tout signal est toujours plus ou moins noyé dans un « bruit » à caractère aléatoire. Vous avez été ainsi amené à utiliser des calculs et des méthodes statistiques qui étaient déjà bien connus dans la théorie des Télécommunications, mais que vous avez étendus à des domaines très divers, par exemple pour l'étude générale des divers procédés de

mesures physiques, la représentation de certains phénomènes de la Physique du Solide et la classification des propriétés des signaux aléatoires. Avec ceux dont vous dirigez les travaux dans ce domaine, vous envisagez déjà beaucoup d'autres applications des méthodes que vous avez mises au point.

Dans le domaine du Magnétisme, votre connaissance approfondie des processus aléatoires vous a permis de prévoir complètement, d'une façon entièrement confirmée par l'expérience, les propriétés des magnétomètres à résonance magnétique, d'introduire et d'étudier la notion de « filtre quantique » et d'établir une théorie stochastique du déplacement des parois de Bloch en champ faible, confirmant et étendant les travaux antérieurs de M. NÉEL. Vous avez fait également de multiples applications de vos études théoriques sur les signaux, dans le domaine de l'optique et même dans celui de certains phénomènes biologiques.

Vos travaux sur la théorie des signaux et des phénomènes aléatoires vous ont amené à collaborer avec B. BLANC-LAPIERRE qui, on le sait, est un maître en cette matière. Vous avez publié avec lui chez Masson en 1965 un important ouvrage intitulé « Méthode statistique pour l'étude des phénomènes de fluctuations ». Vous avez publié également un livre sur le « traitement du signal avec application particulière à l'Acoustique sous-marine » et, avec quelques collaborateurs, vous en préparez un troisième sur les corrélations.

La liste de vos travaux écrits est déjà importante. Vous avez, seul ou en collaboration, publié trente et un articles dans divers périodiques scientifiques et vous avez rédigé pour la Marine onze rapports d'étude constituant des travaux classifiés. Le nombre des brevets que vous avez pris, seul ou avec d'autres chercheurs, s'élève à dix. Vous assurez à Grenoble, à la Faculté des Sciences et à l'Ecole Polytechnique, des enseignements réguliers et vous dirigez de nombreuses recherches. Sept thèses préparées sous votre directive ont déjà été soutenues et dix sont en préparation.

Un tel ensemble de travaux d'une haute valeur et en plein développement vous qualifiait sans nul doute pour devenir un des lauréats de la Médaille Blondel. C'est pour moi un plaisir de vous la remettre au nom du Comité qui la décerne.

Monsieur Gérard Fournet

Né le 2 mai 1923 à Paris, vous passez le baccalauréat en 1941 et vous êtes Elève de l'Ecole Supérieure de Physique et Chimie de 1941 à 1944. Sorti diplômé de cette Ecole, vous êtes, de 1944 à 1946, ingénieur aux établissements Férisol où vous vous occupez de problèmes d'électronique liés à des mesures physiques. Puis de 1946 à 1952, vous êtes ingénieur de Recherches à l'O.N.E.R.A. où vous travaillez sous la direction de M. GUINIER sur des problèmes de diffusion des Rayons X et de Physique des Solides. Cela vous amène à compléter vos titres universitaires. Vous passez la licence ès sciences physiques en 1947, vous obtenez le Diplôme d'études supérieures de Mathématiques en 1948 et vous soutenez en juin 1950 une thèse de Doctorat sur l'Etude théorique et expérimentale de la diffusion des Rayons X par les ensembles denses de particules.

A partir de ce moment, votre activité va se développer sur deux plans différents, d'une part le plan technique et d'autre part le plan scientifique. Sur le plan technique vous entrez en 1952 à la Société Alsacienne de Construction mécanique (aujourd'hui Alcatel) comme Chef de service aux laboratoires de Télécommunications et vous devenez Ingénieur en Chef de cette Société de 1958 à 1962. Vous y avez créé un service de Physique des Solides en vue de ses applications à la technique des Télécommunications. Cela vous a amené à étudier les diodes au germanium, les transistors au germanium et au silicium, les thermistances et même certains types de corps ferrimagnétiques. Mais vous avez également fondé et dirigé à la S.A.C.M. un service de Physique nucléaire où vous avez étudié le comportement thermodynamique des réacteurs nucléaires, tous les problèmes de mesure, de contrôle et de commande des réacteurs, les systèmes de réglage des débits du fluide de refroidissement et la théorie des conditions de divergence.

En 1959, vous avez également créé le laboratoire de la Société industrielle de Combustible nucléaire qui sert d'intermédiaire entre les fabrications de cette société et le Commissariat à l'Energie atomique. Enfin, pour des Sociétés liées à la Société Alsacienne, vous vous êtes occupé de problèmes d'Electroacoustique et vous avez acquis de grandes connaissances en ce domaine.

Mais votre grande activité sur le plan technique ne vous a pas empêché d'en avoir une autre également très importante sur le plan de l'enseignement. Dès 1950, vous devenez Sous-Chef du Laboratoire d'Electricité appliquée de l'Ecole de Physique et de Chimie industrielles dont vous aviez été élève quelques années auparavant et, sous la direction de M. TOURNIER et en acquérant ainsi une connaissance étendue de l'enseignement des bases de la radiotechnique et de l'électronique, vous introduisez, dans les travaux pratiques des élèves de 4^e année, des études et des travaux pratiques correspondant aux derniers progrès de la technique dans ces domaines. En 1955, vous êtes chargé, toujours à l'Ecole de la rue Vauquelin, de conférences sur « les Rayons X et l'étude des structures » que vous complétez en exposant les principes de la Physique des Solides appliquée à l'Electronique. De 1958 à 1963, vous remplacez M. GOUDET comme Professeur d'Electronique à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications et, depuis 1959, vous faites le cours d'Electricité appliquée à l'Ecole Supérieure de Physique et Chimie, tâche que vous poursuivez actuellement en même temps que vos enseignements à la Faculté des Sciences de Paris. De plus, dans ces dernières années, vous avez organisé à la demande de M. OLMER une option « Physique des Solides » à l'Ecole Supérieure d'Electricité et vous assurez vous-même une partie des cours qui portent sur les principes et les applications de cette importante branche de la Science. On voit ainsi que votre activité dans le domaine de l'enseignement a été aussi large et aussi féconde que votre activité dans le domaine des recherches scientifiques et industrielles.

Le temps me manque pour faire une analyse plus détaillée de vos recherches. On s'en rendra aisément compte si je dis que, dans la liste vraiment impressionnante de vos travaux, on ne relève pas moins de 79 notes et exposés publiés, seul ou en collaboration, dans divers périodiques ou présentés dans des Congrès. Il faut y comprendre quatre ouvrages consacrés aux Rayons X et à la Physique électronique des Solides. De plus, de très nombreux travaux ont déjà été faits par des chercheurs qui travaillent autour de vous, sous votre direction.

Est-il besoin de dire que des travaux aussi remarquables et aussi nombreux, joints à une grande activité d'enseignement et d'organisation de recherche, vous donnaient les plus grands titres pour devenir lauréat de la Médaille Blondel ? Je suis heureux que mes fonctions de Président du Comité André Blondel m'amène à vous la remettre aujourd'hui.

Monsieur Léon Malnar

Quoique de nationalité française, vous êtes né en Yougoslavie à Sélo le 5 septembre 1928. Votre père était tôlier et, revenu en France à l'âge de 6 ans, vous avez été élève dans une école d'apprentissage, ce qui vous a conduit à entrer à 16 ans dans une usine comme tourneur. Ce début ne paraissait pas devoir vous conduire à devenir lauréat de la Médaille Blondel et cela permet d'apprécier combien il vous a fallu d'intelligence, de travail et de persévérance pour vous amener à occuper la place qui est la vôtre aujourd'hui. Possédé par le désir de vous instruire, vous préparez tout seul votre baccalauréat et, l'ayant passé avec succès, vous pouvez obtenir une place de répétiteur au lycée de Valenciennes. Vous avez ainsi la possibilité de préparer votre licence ès sciences que vous obtenez en 1952. Devenu Ingénieur de la Navigation aérienne en 1956 après deux années d'études à l'Ecole Nationale de l'Aviation civile, vous êtes peu satisfait des obligations plutôt routinières que ces fonctions vous imposent et, attiré par la recherche, vous entrez dès la fin de cette année 1956 comme Ingénieur à la Compagnie générale de Télégraphie sans Fil, C.S.F.

Désormais orienté vers la recherche technique, vous étudiez d'abord des problèmes relatifs aux circuits à ultra-haute fréquence et vous avez réalisé les éléments d'un faisceau hertzien trans-horizon expérimental. Mais bientôt après, c'est vers l'électronique quantique et les problèmes qu'elle pose que vous tournez principalement votre attention et, dès 1959, vous mettez au point un maser à rubis fonctionnant sur 3 centimètres de longueur d'onde, ce qui était à l'époque un véritable exploit. Aussi, en 1961, êtes-vous chargé par la C.S.F. de la direction d'un laboratoire ayant mission de développer les applications du procédé de pompage optique qui, comme nous le savons tous, a été inventé et mis au point par M. Alfred KASTLER et ses collaborateurs. Vous êtes d'ailleurs en relations constantes avec l'équipe de M. KASTLER et cela vous a permis de tirer au clair certains points fondamentaux tels que l'influence de l'intensité de la lumière de pompage sur la fréquence de la résonance observée.

Parmi les réalisations que vous avez faites dans le domaine de l'électronique quantique, on doit citer d'abord une horloge atomique de précision relative supérieure à 10^{-11} qui a été récemment, lors d'une comparaison faite à l'Observatoire de Paris, reconnue être la meilleure de son espèce parmi toutes celles qui utilisent le même procédé de pompage optique. On doit mentionner aussi un magnétomètre d'une très haute précision qui a servi à équiper les avions « Atlantique » de l'O.T.A.N. en vue de la détection des sous-marins et qui a permis de perfectionner considérablement la détection géophysique magnétique. Ce dernier

appareil a servi également à établir la carte magnétique de la France et à faire de très nombreux vols de détection pétrolière dans le monde entier. Ces deux réalisations ne pouvaient être faites que par quelqu'un qui, comme vous, connaissait bien les phénomènes utilisés, avait les connaissances de base nécessaires pour en tirer le meilleur profit et possédait un grand talent de technicien et d'expérimentateur.

Votre œuvre écrite comprend une dizaine d'articles importants qui ont paru dans diverses publications françaises ou étrangères. Et vous avez prouvé vos qualités d'invention en déposant, comme ingénieur de la C.S.F., une encore ajouter que, depuis 1962, vous êtes Professeur à cette Ecole nationale de l'Aviation civile où vous avez autrefois terminé vos études.

Monsieur MALNAR, quand la Commission du Comité Blondel qui attribue les Médailles a eu à examiner les titres des candidats qui lui avaient été présentés, son attention a été retenue non seulement par le nombre et la qualité de vos travaux, mais aussi par le rare mérite que, véritable autodidacte, vous avez eu de vouloir compléter les lacunes de votre formation primitive et de parvenir ainsi, au prix d'efforts prolongés, à vous élever au haut degré de connaissances scientifiques et techniques qui est le vôtre aujourd'hui. Aussi la Commission, qui en général se borne à distribuer deux Médailles Blondel, a-t-elle voulu cette année en décerner une troisième et vous la réserver. Et c'est pour moi un plaisir de vous la remettre maintenant.

GROUPE DE BRETAGNE

● Le 20 juin 1967 a eu lieu à Lannion (au Centre de Recherche du CNET) une journée d'études et d'information sur le thème de l'**Electronique « ultra rapide »**.

Au programme de cette manifestation étaient inscrits les conférences suivantes :

I. Etude d'un circuit de logique rapide à transistor

par MM. CONRUYT et SERRAND (CNET - Département Recherches sur les Machines Electroniques, Issy-les-Moulineaux).

II. Quelques techniques de logiques ultra-rapide

par M. J. VERNHET (CGE - Centre de Recherches de Marcoussis).

III. Une technique de commutation rapide : la CMCTL

par M. F. AVILES (Chef du service de Technologie Avancée de la CII).

IV. Méthodes et technologie des codeurs de temps ultra-rapides appliquées aux communications spatiales

par M. P. DURAND (Chef du service Electronique spatiale de la Société Intertechnique).

V. Codage MIC (modulation en impulsions codées) à grande vitesse

par M. P. FRITZ (CNET - Centre de Lannion).

Des sommaires de ces conférences (en moyenne deux pages) sont disponibles auprès du secrétariat du groupe de Bretagne de la SFER, Centre de Recherches du CNET, 22-Lannion, et auprès des conférenciers.

● D'autre part, à ce même Centre de Lannion, auront lieu les 25 et 26 octobre prochains deux journées d'études consacrées aux **Dispositifs amplificateurs aux hyperfréquences**. Les lecteurs de l'*Onde Electrique* qui n'auraient pas été touchés par la convocation du Groupe de Bretagne, y sont cordialement invités.

Informations

DOCUMENTATION TECHNIQUE

COMPARAISON DE FRÉQUENCES

Le Département « Fréquences » du Centre National d'Etudes des Télécommunications, 196, rue de Paris, 92-Bagneux, nous fait savoir que, par suite d'incidents techniques sur l'installation Cs2, il n'y aura pas encore de TABLEAU DES MESURES JOURNALIÈRES DES PHASES DES ÉMETTEURS DE FRÉQUENCE ETALON pour les mois de juillet et août 1967.

PUBLICATIONS TECHNIQUES

NOUVELLES PUBLICATIONS DE L'U.I.T.

L'Union Internationale des Télécommunications annonce la publication récente de plusieurs documents parmi lesquels nous relevons :

— le *Manuel sur les antennes pour ondes décimétriques à effets directif*, C.C.I.R., 1966, publié à la suite d'une décision prise par le Groupe d'experts créé en application de la Résolution N° 3 de la Conférence administrative ordinaire des radiocommunications, Genève 1959.

— une partie des *Documents de la XI^e Assemblée plénière du Comité Consultatif International des Radiocommunications* (Oslo, 1966) :

Volume I : Emission - Réception - Vocabulaire (Commissions d'études I, II et XIV).

Volume III : Service fixe - Service mobile - Fréquences étalon et signaux horaires - Contrôle des émissions (Commissions d'études III, XIII, VII et VIII).

Volume V : Radiodiffusion - Télévision (Commissions d'études X, XI et XII et C.M.T.T.).

Un avis concernant les Volumes II, IV et VI sera publié ultérieurement.

Ces ouvrages sont publiés séparément et au même prix en Anglais et en Français ; on peut se les procurer en écrivant au Service des ventes de l'Union internationale des télécommunications, place des Nations, 1211, Genève, 20, Suisse.

Les prix sont les suivants, port et emballage compris :

- Manuel sur les antennes (100 pages) 11,50 F suisses.
- Assemblée plénière du CCIR :
 - Volume I (310 pages) 25 F suisses
 - Volume III (440 pages) 30 F suisses
 - Volume V (390 pages) 25 F suisses

DOCUMENTATION SESCO

La SESCO a fait paraître récemment un important volume de 600 pages, le « COMPACT 1967 ».

En plus des feuilles de caractéristiques de chaque produit, cette édition trilingue : Anglais, Allemand, Français, comporte :

- un listing alphanumérique des produits classés par puissance, tension, courant, fréquence de transition, t-off, qui permet de trouver rapidement le dispositif adéquat à un problème posé,
- une indication des homologations,
- un guide d'applications.

Par ailleurs, les symboles et méthodes de mesures employés sont définis dans un chapitre séparé ainsi que les méthodes d'évaluation de fiabilité.

Pour recevoir cette documentation, il suffit de la demander au Service de la Promotion des Ventes de la Société Européenne des Semiconducteurs SESCO, 41, rue de l'Amiral-Mouchez, Paris-13^e, Tél. 707.32.74 et 37.00. C.C.P. Paris 18.783.62 en y joignant la somme de 50 F.

NOUVEAUTÉS TECHNIQUES

NOUVEAUX PRODUITS CHIMIQUES POUR CIRCUITS IMPRIMÉS

La demande d'amélioration des matériaux thermocollables utilisés dans la fabrication des circuits imprimés, et en particulier dans les assemblages multicouches, a conduit NELCO, représenté par COMERSO, 30, bd Bonne-Nouvelle, Paris-10^e, tél. 770.33.07, à modifier sa formule de résines époxydes.

Cette nouvelle formulation appelée « Système de résine époxy élastomérisée » possède, après cuisson, une très forte adhérence à la plupart des surfaces métalliques qui, sauf dégraissage, n'impliquent aucune autre préparation. Parmi les métaux auxquels cette résine adhère citons : le cuivre, le nickel, le kovar, l'aluminium et l'acier.

Deux produits nouveaux sont actuellement commercialisés :

— NELCO 3260 : tissu de fibre de verre — de manipulation facile — imprégné avec la nouvelle résine élastomérisée et amené, par cuisson partielle, au stade « B » (semi-polymérisé).

— POXYFILM 1001 : produit élastomérisé sous forme de film de 0,025 mm d'épaisseur et amené au même stade « B ».

Le NELCO 3260 est surtout recommandé comme agent adhésif entre les surfaces de masse et celles des circuits logiques. Cette formulation assure une forte cohésion, une résistance accrue à la chaleur, un bon isolement électrique et la séparation nécessaire entre les surfaces avec, cependant, suffisamment de résine pour remplir tous les interstices du cuivre.

Le POXYFILM 1001 est un film collant, aux tolérances très serrées, ayant des propriétés adhésives extrêmement élevées. Très facile à manipuler et par conséquent économique en fabrication, il se laisse matricer et, une fois positionné avec précision, n'aura que très peu de fluage ou de glissement pendant la cuisson.

MATÉRIAU CELLULAIRE AGGLOMÉRÉ POUR L'EMBALLAGE DE MARCHANDISES LOURDES

La mousse (R) Moltopren de BAYER offre la possibilité d'emballer pratiquement n'importe quel objet, toutefois une certaine restriction dans le poids des marchandises était jusqu'à présent imposée du fait de la limitation de portance de la charpente cellulaire, limitation déterminée par la densité de la mousse.

A l'aide de nouveaux procédés, BAYER est parvenu à transformer du Moltopren souple qui peut désormais être employé avec succès pour l'emballage d'articles lourds. Pour ce faire, on réduit des déchets de Moltopren en petits flocons, que l'on incorpore avec d'autres ingrédients à un mélange expansible ; ce dernier est formé ensuite sous pression en plaques ou profilés. On obtient ainsi un matériau peu coûteux, possédant des propriétés analogues à celles du Moltopren souple, à densité élevée, mais d'une portance et d'un pouvoir amortissant beaucoup plus importants. Il permet de réaliser très simplement par collage des coins de calage, qui fixent l'objet dans l'emballage et lui assurent une protection certaine contre les chocs, la chute et les secousses. En outre, les travaux nécessaires pour l'emballage s'en trouvent simplifiés et accélérés.

Pour de plus amples informations s'adresser à SOGEP, 5, rue Hamelin, Paris-16°.

COMPOSITIONS NOUVELLES POUR MICROCIRCUIT A FILMS ÉPAIS

A sa gamme existante de préparations résistives et conductrices disponibles en Europe, Du Pont vient d'ajouter des préparations pour l'impression par sérigraphie des condensateurs, des conducteurs en lignes très fines et des isolants pour permettre le croisement des conducteurs.

La composition diélectrique n° 448-6950R permet d'obtenir des densités capacitives de 4 000 à 10 000 pF/cm² avec des valeurs de constante diélectrique entre 500 et 700 et un facteur de dissipation inférieur à 2 %. Les compositions à conductivité élevée permettent d'imprimer des lignes très fines (largeur minimale 50 microns), séparées par des intervalles de même dimension.

Le type à base de platine-or est soudable. Le type à base d'or peut aussi convenir aux sertissages.

La composition isolante n° 8190 pour croisement des conducteurs (crossover) permet de déposer une couche isolante entre les deux conducteurs. Elle possède une constante diélectrique d'environ 9 et un facteur de dissipation inférieur à 2 %.

Une autre nouveauté est à signaler : c'est une pâte d'enrobage à base de verre qui doit subir une cuisson à des températures relativement faibles. Le produit est bon marché et il existe en plusieurs couleurs, ce qui permet le marquage des circuits.

Du Pont produit également une gamme de compositions à base d'or et d'alliages d'or qui permettent le sertissage des pastilles de silicium pour transistors. La plus polyvalente parmi ces compositions est la pâte à base d'or n° 8115.

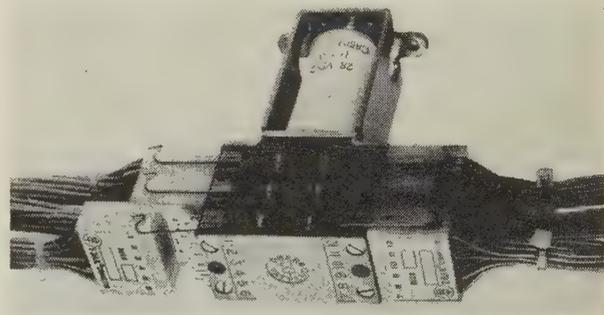
Pour tout renseignement complémentaire, s'adresser à :

P.L. Bonferroni, Du Pont Information Service, Boîte Postale CH-1211, Genève 24, Suisse.

UNE NOUVEAUTÉ EN COMMUTATION : JUSQU'À 108 CONTACTS SUR LE MÊME ÉLÉMENT

SODIMATEL, 44, rue Alphonse-Penaud, Paris-20°, tél. 636.43.02, lance sur le marché, la gamme des Relais, interrupteurs, boutons poussoirs T-BAR, qui apporte une solution rationnelle et économique aux problèmes de commutation multi-circuits (commutation de signaux d'information, de mesure et de télémesure, tests automatiques, contrôles de câbles, signalisation, convertisseurs de codes, etc.).

Avec une consommation et un encombrement réduits, un seul organe T-BAR remplace plusieurs relais ou commutateurs usuels.



Tous les produits de base sont réalisés à partir de modules standards en boîtiers moulés, comportant 12 contacts protégés simples (R ou T) ou inverseurs (R-T). Ces modules, en nombre variable selon les modèles, sont actionnés simultanément par un organe commandé électriquement ou manuellement.

La gamme T-BAR comprend :

- relais instantanés, relais bistables,
- relais en version « aéronautique »,
- interrupteurs, inverseurs, boutons poussoirs,
- accessoires : connecteurs amovibles et outillages.

Principales caractéristiques

- toutes tensions normales d'alimentation CC ou CA - de 6 à 220 V,
- pouvoir de coupure (par contact) : 5 A,
- tensions commutées : de quelques microvolts à 1 000 V,
- faible résistance des contacts (applications « mesure ») - argent/or,
- nombre d'opérations : > 30 millions,
- températures d'utilisation : — 55 à + 85 °C,
- étanchéité aux poussières (modèle standard),
- modèles hermétiques répondant aux normes aéronautiques (optionnel).

NOUVEAUX TRANSISTORS DE PUISSANCE V.H.F. DE LA RADIOTECHNIQUE-COPRIM-R.T.C.

Complétant la gamme de ses semiconducteurs pour télécommunications, la RADIOTECHNIQUE-COPRIM-R.T.C. dispose désormais de deux nouveaux transistors de puissance V.H.F. : le BLY 37 et le BLY 53.

La caractéristique la plus remarquable de ces deux types de transistors planar NPN au silicium est de fournir une puissance de sortie de 5 W à 470 MHz. Le gain en puissance minimal est de 6 dB pour une puissance d'entrée inférieure à 1,25 W. La tension d'alimentation du BLY 37 est de 28 V ; celle du BLY 53 est de 13,8 V.

Ces transistors sont présentés en boîtier tourelle, surmoulé d'époxy, à quatre connexions radiales dont deux d'émetteur, ce qui réduit l'inductance. En cours de contrôle, ils ont subi des essais de court-circuit et de coupure. En fonctionnant à des fréquences inférieures, ils fourniront des fréquences supérieures à 5 W : par exemple, 8 W à 250 MHz.

NOUVEAUX FILTRES MOYENNE ET HAUTE FRÉQUENCE

Cambridge Thermionic Corporation (CAMBION), représentée par TECHMATION, 113-115, rue Lamarck, Paris-18^e, tél. 627.47.79, annonce la sortie de filtres moyenne et haute fréquences blindés, prêts à l'emploi :

1° Filtre groupe A, Fo 1 MHz, accordable 4 fonctions, passe-haut, passe-bas, passe-bande, rejecteur de bande (encombrement 33 cm³).

2° Filtre groupe B, Fo 20 MHz, accordable 4 fonctions (encombrement 17 cm³).

3° Filtre groupe C, miniaturisation du groupe B (encombrement 5,46 cm³ non accordable), passe-haut, passe-bas.

4° Filtre groupe D, filtre passe-bande extra plat Fo 30 MHz (accord 30 % de Fo).

5° Filtre groupe E, filtre passe-bande Fo 40 MHz (accord 3 % de Fo).

AMPLIFICATEURS NOUVEAUX NEXUS

NEXUS, représenté en France par TRANCHANT ELECTRONIQUE S.A., 19-21, rue Madame-de-Sanzillon, 92-Clichy, présente :

— d'une part, l'amplificateur opérationnel à effet de champ QFT-5 qui, malgré son faible prix, présente des performances remarquables.

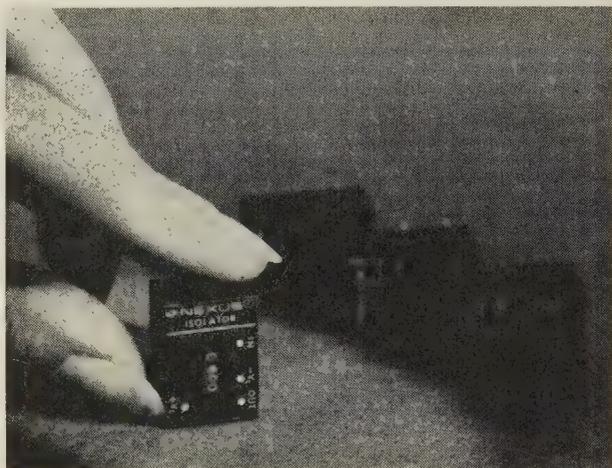
Il est destiné au domaine industriel lorsque la résistance de source de générateur atteint des valeurs de l'ordre de la centaine de kilohms. Dans ce cas, la valeur du courant d'offset est primordiale.

Ses caractéristiques sont :

- tension de sortie : ± 11 V/5,5 mA,
- gain en boucle ouverte : 100 000,
- dérive de la tension offset (-25 à $+85$ °C) : $50 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$,
- fréquence maximale à plein signal : 50 kHz,
- courant d'offset : 100 pA ;

— d'autre part l'Amplificateur adaptateur d'impédance large bande C-800 qui offre l'avantage de présenter une impédance d'entrée et une largeur de bande importantes, malgré un volume de la taille d'un circuit intégré.

Ses utilisations principales sont les suivantes : adaptateur d'impédance pour cellule photoélectrique, capteur piézoélectrique, mémoire analogique, etc.



Ses caractéristiques sont :

- impédance d'entrée : $10^{12} \Omega$,
- courant d'offset : 10 pA,
- tension de sortie : 10 V/2 mA,
- fréquence maximale à plein signal : 100 kHz,
- gain de l'amplificateur : 1,
- précision sur le gain : 0,02 %.

NOUVELLES CELLULES PHOTORÉSISTIVES HEWLETT-PACKARD

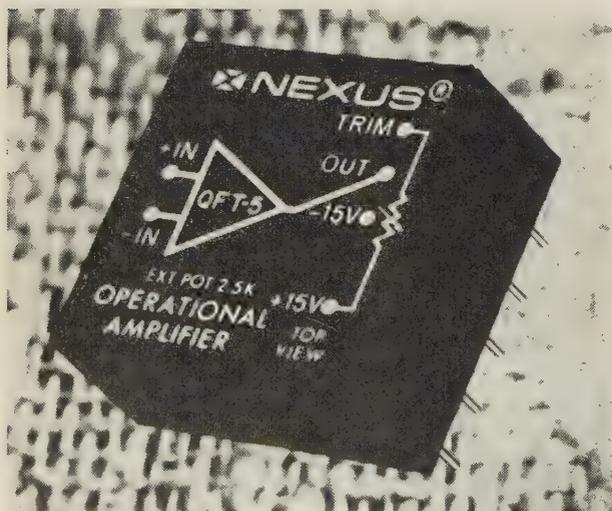
Ces cellules photorésistives 4600HPA, possèdent un temps de commutation rapide qui n'affecte pas leur stabilité en température. Elles sont avant tout conçues pour les « photochoppers », notamment utilisés dans les amplificateurs continus de grande sensibilité.

Leur résistance d'obscurité caractéristique est de 500 M Ω et leur résistance d'insolation peut être de 4 k Ω , 10 k Ω et 100 k Ω . Celle-ci a été mesurée avec un niveau de 600 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, obtenu à partir d'une lampe néon NE 2U, de grande luminiscence et traversée par un courant de 1,5 mA.

Leur temps de descente caractéristique est de 1,2 ms temps nécessaire pour que la résistivité varie dans le rapport 10, après suppression de l'illumination). Ces cellules permettent aux « choppers » de fonctionner à une fréquence de découpage de 500 Hz et leur confèrent un rendement de 95 % (volts crête à crête en sortie/volts continus à l'entrée).

Le pic de réponse spectrale se situant à 6 550 Å, ces cellules sont aussi sensibles aux lampes néon qu'aux lampes à incandescence.

Auparavant, lorsqu'on recherchait avant tout une grande stabilité, on utilisait des cellules au sulfure de cadmium, bien que leur temps de descente soit très lent. Par la suite, lorsque la vitesse fut le facteur essentiel, on a utilisé des cellules au séléniure de cadmium, bien que leur stabilité soit assez mauvaise.



Les cellules HPA série 4600 étant au sulfo-séléniure de cadmium associent donc la grande stabilité des unes et la rapidité de descente des autres. Chaque cellule est vieillie au préalable pour assurer le maximum de stabilité. Leur résistance d'insolation est pratiquement modifiée par un facteur 1,5 pour une variation de température de 25 °C à 65 °C.

Elles entrent dans la constitution d'instruments HEWLETT-PACKARD de grande sensibilité tels que le microvoltmètre 425 A, le détecteur de zéro 419 A et l'amplificateur fonctionnel 2460A.

Leur boîtier est étanche et présenté sous le type TO-5. La tension maximale admissible entre le boîtier et les connexions est de 200 V. Sur demande, la fenêtre est recouverte par une couche conductive transparente qui assure l'immunité de la cellule aux transitoires électriques engendrées par la source lumineuse.

ENREGISTREUR ANALOGIQUE PORTATIF A DEUX CANAUX

Un nouvel enregistreur portatif analogique à deux canaux, le MARK 220, vient d'être présenté par la division « Brush Instruments », de la CLEVITE CORPORATION. L'enregistreur pèse environ 10 kg et offre de multiples possibilités, tel le retour de plume par servo-mécanisme, l'encre sous pression et l'écriture rectiligne.

La réponse en fréquence est horizontale jusqu'à 100 c/s. L'entrée est différentielle, équilibrée par la terre. Chaque canal est doté de trois entrées munies de mise à la terre amovibles. Sensibilité : 1 mV par division.



Parmi ses caractéristiques spéciales, nous citerons un limiteur de course de plume qui empêche tout dommage à l'enregistreur par surcharge accidentelle quelle que soit la position de l'atténuateur, ainsi qu'un système traçant les ondes carrées sans pointes ni arrondis.

Le tableau de contrôle comprend un atténuateur à 14 positions, un vernier pour le réglage continu de la sensibilité entre les étages, ainsi que le contrôle de la position de la plume.

Le Mark 220 utilise le papier bon marché, Brush Accu-chart (R) dont le rouleau se remplace facilement par l'avant de l'appareil. La vitesse de déroulement est commutable électriquement entre 1, 5, 25 et 125 mm/s.

Le nouvel enregistreur est équipé de composants électroniques de haute fiabilité garantissant un fonctionnement sûr. Deux modèles sont livrables sous 50 périodes : l'un pour 115 V, l'autre pour 230 V. Deux « Marqueurs d'événements », un sur chaque marge sont livrés comme équipement standard, un troisième, entre les canaux, est livrable moyennant supplément de prix.

L'enregistreur est en vente chez CLEVITE BRUSH à Anvers (Belgique), 43-45 Cadixstraat. Tél. 03/31.25.76.

NOUVEL ÉQUIPEMENT DE VISUALISATION DE COTES POUR LA COMMANDE DES MACHINES-OUTILS

Les équipements de visualisation de cotes ALCATEL, VC360 et VC361, réalisés en circuits intégrés, sont conçus pour la mesure et l'affichage à distance des déplacements, en grandeur et en signe, des organes mobiles d'une machine-outil, mais ils peuvent être utilisés pour la visualisation de tous mouvements linéaires ou circulaires (compteurs).

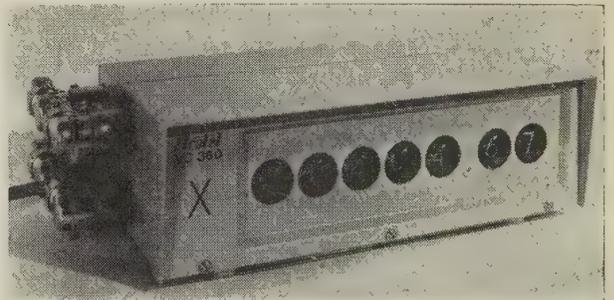
Principe

Chaque organe mobile est solidaire d'un « capteur de position » qui engendre deux trains de signaux carrés déphasés l'un par rapport à l'autre d'un quart de la période de division du capteur.

Ces signaux sont traités par le dispositif électronique afin d'obtenir :

- la grandeur du déplacement par comptage ou décomptage des changements d'état des signaux carrés (un changement d'état par déplacement unitaire, le 1/100 de millimètre par exemple) ;
- le sens du déplacement déterminé par le fait que l'un des signaux précède ou suit l'autre signal, pris comme référence.

Le contenu du compteur-décompteur indique donc la grandeur du chemin parcouru à partir d'une origine quelconque, en tenant compte du sens de déplacement. C'est ce contenu qui apparaît sur les tubes d'affichage.



Le Modèle VC 360 se présente sous forme d'un coffret de dimensions 410×106×145 contenant les circuits électroniques et les tubes de visualisation (six décades plus signe), il est relié par câbles à son alimentation et au capteur de position.

L'alimentation, du type AV C1, se présente sous la forme d'un coffret de dimensions 410×106×70, qui peut être, soit fixé à l'arrière du coffret d'électronique, soit déporté (dans une armoire de commande électrique, par exemple).

Tension secteur : 220 V - 50 Hz (il est conseillé de passer par l'intermédiaire d'un régulateur à fer saturé genre Réguvolt). Puissance : 30 VA.

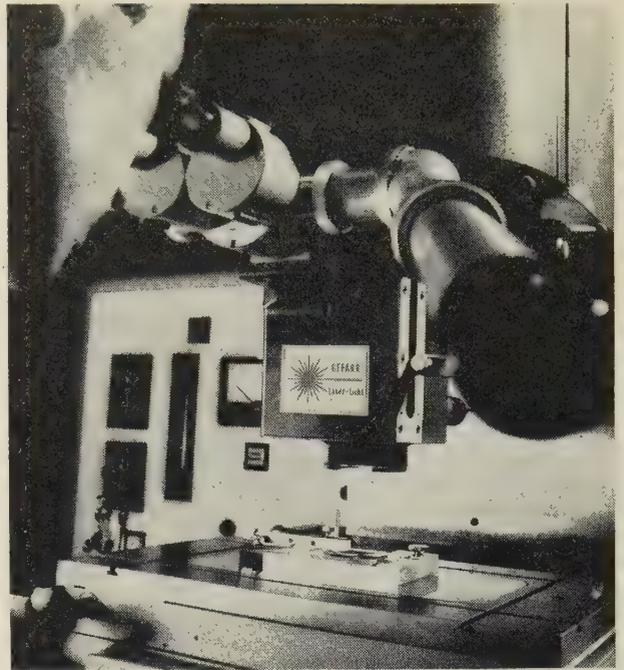
Le Modèle VC 361 offre les mêmes possibilités que le VC 360, il permet en outre, de faire apparaître sur les tubes Nixie un nombre quelconque affiché par l'opérateur à l'aide de commutateurs codeurs placés en face avant du coffret, ce qui permet d'afficher la grandeur du déplacement à effectuer, et de contrôler ce déplacement par recherche du zéro, et, d'autre part, d'afficher un nombre de spires sur machines à bobiner, par exemple.

USINAGE PAR RAYON LASER

Les nouveaux éléments, principalement les composants miniaturisés, exigent de nouvelles méthodes de fabrication, donc avant tout de nouveaux outils. Le rayon laser peut servir d'outil et l'on a déjà commencé à usiner, grâce à lui, des métaux et des matériaux non métalliques, en utilisant des dispositifs réalisés grâce à la physique des solides.

SIEMENS annonce la sortie de sa machine d'usinage universel, UBL 5001, équipée d'un laser à impulsions, comportant un rubis de 7,5 cm : cette machine permet d'utiliser le laser de façon rentable pour l'usinage industriel ; de même, elle convient parfaitement pour les travaux de recherche, sur une meilleure utilisation du laser pour le travail des métaux. Cette machine permet de faire varier dans des limites très larges, la fréquence des impulsions, leur énergie, leur durée, leur forme et la focalisation du royaume. Un calculateur analogique maintient rigoureusement constante l'énergie préprogrammée du laser et commande le rythme du travail jusqu'à une fréquence de 25 Hz, jamais atteinte jusqu'ici par un laser à rubis. Un dispositif optique de focalisation et d'observation permet de positionner rapidement et avec précision l'objet à usiner, puis d'observer le déroulement du travail.

Parmi les opérations déjà réalisées avec succès, on peut citer perçages de trous larges de quelques microns, profondeur atteignant au plus quelques millimètres, micro-fraisage, équilibrage, soudage ultrafin de micro-modules.



Laser universel d'usinage SIEMENS

COMMUNIQUÉS

CONGRÈS ET EXPOSITIONS

COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LES GÉNÉRATEURS ÉLECTROCHIMIQUES POUR APPLICATION SPATIALES

Paris, 4-8 décembre 1967

Le CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES organise à Paris, du 4 au 8 décembre 1967, un colloque international sur les générateurs électrochimiques pour applications spatiales.

Ce colloque, placé sous la direction scientifique de M. M. BONNEMAY, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers et Directeur du Laboratoire d'Électrolyse du Centre National de la Recherche Scientifique, a pour but de faire le point sur l'état actuel des connaissances, dans le domaine spatial, des sources d'énergie de servitude d'origine chimique.

De nombreux spécialistes Européens et Américains traiteront, au cours de ces journées d'études, les limitations imposées à la réalisation des générateurs électrochimiques et décriront plus particulièrement divers modèles de piles à combustibles, en insistant sur les possibilités d'obtention de grandes puissances massiques.

Les séances se tiendront dans la salle de conférences du Centre National de la Recherche Scientifique, 15, quai Anatole-France, Paris-7^e. Une traduction simultanée (français-anglais, anglais-français) sera assurée.

Les personnes désirant assister à cette manifestation doivent adresser la demande d'inscription au C.N.E.S., Direction des Relations Extérieures, Relations Universitaires, 129, rue de l'Université, Paris-7^e.

Les participants ayant l'intention de présenter une communication devront se faire inscrire dans les meilleurs délais.

Aucun droit d'inscription n'est exigé ; le nombre de places est limité.

COLLOQUE SUR « L'ÉLECTRONIQUE NUCLÉAIRE ET LA RADIOPROTECTION »

Toulouse, 5 au 8 mars 1968

Dans le cadre des Journées d'Électronique qui se déroulent chaque année à Toulouse, est organisé un colloque international relevant d'un domaine particulier de l'électronique. En 1968, ce colloque traitera d'électronique nucléaire et de radioprotection.

Les participants sont invités à présenter des mémoires sur les sujets suivants :

● 1^{re} Partie : Les détecteurs (spectromètres et dosimètres) et leurs circuits associés.

1) Détecteurs électroniques basés sur l'ionisation (chambres d'ionisation, jonctions PN, compteurs, détecteurs à étincelles, etc.).

2) Détecteurs électroniques basés sur l'excitation (scintillateurs, effet CERENKOV, etc.).

3) Spectrométrie et dosimétrie des rayons γ , des neutrons et des particules de haute énergie.

4) Dosimètres à milieu équivalent au tissu biologique.

5) Circuits associés ; systèmes portables ; dispositifs électroniques de lecture des doses intégrées obtenus par les dosimètres physiques (émulsions, verres radiophotoluminescents, cristaux thermoluminescents, ionographie, etc.).

6) Problèmes d'étalonnages des détecteurs et des dosimètres.

● 2^e Partie : Les dispositifs de mesure de la radioactivité ambiante.

1) Mesure de la radioactivité naturelle et de la radioactivité artificielle de l'air.

2) Mesure des caractéristiques des aérosols atmosphériques.

3) Systèmes de mesure à bas bruit de fond.

Les personnes désireuses de présenter une communication, sont priées d'en envoyer le titre et le résumé succinct avant le 15 octobre 1967 au Centre de Physique Atomique et Nucléaire, 118, route de Narbonne, 31-Toulouse. 04.

Le texte des communications retenues, au vu du résumé, par une Commission de Lecture, devra parvenir au Comité *avant le 15 janvier 1968*. Ces textes seront publiés dans les comptes rendus du colloque. Le Comité d'Organisation se réserve cependant le droit de choisir parmi les communications celles qui seront présentées oralement au cours des séances de travail.

14^e INTERNATIONAL ELECTRIC ENGINEERS EXHIBITION

Londres, 27 mars - 3 avril 1968

De nombreux pays ont donné leur accord pour participer à l'exposition internationale 1968 des Ingénieurs Electriciens qui se tiendra à Londres, Earls Court, du 27 mars au 3 avril 1968.

Le Gouvernement français a décidé d'y participer et retenu une superficie de 300 m². De son côté, le Canada occupera un emplacement de dimension égale.

La plupart des exposants estiment que cette exposition constitue une excellente plateforme pour la vente du matériel électrique à la clientèle du monde entier.

CONGRÈS DE L'IFIP 68 ASSEMBLÉE INTERNATIONALE DE LA COMMUNAUTE MONDIALE D'ORDINATEURS

Edimbourg, 5-10 août 1968

Le Congrès 68 de l'International Federation for Information Processing (IFIP) qui réunira plus de 4 000 experts en ordinateurs de 40 pays, sera parrainé par Sa Majesté la Reine Elisabeth II, il aura lieu à Edimbourg du 5 au 10 août 1968.

Pendant ce congrès, 250 exposés techniques, couvrant tous les aspects de traitement de l'information, seront présentés par des spécialistes de plusieurs pays.

Les actes de ce programme scientifique seront publiés à l'issue du congrès.

Une exposition présentera simultanément des ordinateurs numériques et analogiques, des systèmes de traitement de l'information, etc, sur une surface de près de 2 800 m².

Dans notre numéro d'octobre 1966, nous avons donné les buts et la composition de la Fédération dont les travaux connaissent un succès croissant.

SYMPOSIUM SUR LES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Stresa (Italie) 3-8 juin 1968

Sous le patronage de l'Union Radio Scientifique Internationale (U.R.S.I.), du Conseil National des Recherches et du Comité National Italien U.R.S.I., du 3 au 8 juin 1968 aura lieu, à Stresa, un Symposium sur les Ondes Electromagnétiques.

Ce Symposium prend la suite de la série qui a commencé en 1953 par le « Symposium on Microwave Optics » Montreal, Canada, et s'est continuée par le « Symposium on Electromagnetic Wave Theory » Ann Arbor, Michigan, U.S.A., en 1955 ; le « Symposium on Electromagnetic Theory » Toronto, Canada, en 1959 ; le « Symposium on Electromagnetic Theory and Antennas » Copenhague, Danemark, en 1962 ; et le « Symposium on Electromagnetic Wave Theory » Delft, Pays-Bas, en 1965.

Au cours de ce Symposium, auront lieu des discussions sur les progrès dans le domaine de la propagation des ondes électromagnétiques et des antennes. Les sujets suivants y seront traités :

1. Propagation dans les milieux non homogènes ou anisotropes.
2. Propagation dans les milieux aléatoires.

3. Propagation des très basses fréquences.

4. Phénomènes non-linéaires dans la propagation des ondes.

5. Antennes (en particulier panneaux avec distribution non uniforme des éléments et effets du couplage entre eux).

6. Utilisation des machines pour la solution de problèmes électromagnétiques.

En règle générale, au début de chaque séance, un orateur sera invité à donner lecture d'une communication introductive et le reste de la séance sera consacré à des communications brèves présentées par l'auteur ou l'un des auteurs.

Les communications devront être adressées à M. G.P. Bava, Secrétaire du comité organisateur, c/o Istituto di Elettronica e Telecomunicazioni, Politecnico, Corso Duca degli Abruzzi, 24 - 10129 Torino, Italie.

Les auteurs sont invités à présenter un résumé de 800 à 1 600 mots de leur communication ; ils seront utilisés pour la sélection des communications. Ils devront parvenir au secrétaire du Comité d'Organisation avant le 31 janvier 1968.

Les langues officielles du Symposium sont le français et l'anglais.

COLLOQUE SUR LES MESURES PAR LASER

Varsovie, 16 au 18 septembre 1968

Un Colloque sur les Mesures par Laser se tiendra sous les auspices de la Commission I (Mesures et Etalons Radioélectriques) de l'U.R.S.I. à Varsovie, les 16, 17 et 18 septembre 1968, sur l'invitation du Comité National Polonais de l'U.R.S.I. et de l'Académie Polonaise des Sciences.

Le secrétaire du Comité organisateur local est le Dr S. Hahn, et l'adresse est la suivante : Komitet Narodowy U.R.S.I., Varsovie, I.P.P.T., Swietokrzyska, 21.

Les personnes désirant prendre part au Colloque sont priées de se faire connaître au secrétaire pour le 1^{er} février 1968. Les résumés des communications seront à adresser au Président de la Commission I de l'U.R.S.I. (Dr L. Essen), National Physical Laboratory, Teddington, Middlesex (Royaume-Uni). Des renseignements plus détaillés relatifs au Colloque seront publiés ultérieurement par le Comité organisateur polonais.

LA SEMAINE DES INDUSTRIES ÉLECTRONIQUES ET ÉLECTRIQUES FRANÇAISES A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE MONTRÉAL

(17-21 juillet 1967)

Une délégation d'une cinquantaine de personnalités et d'ingénieurs des Industries électriques et électroniques françaises, s'est rendue à Montréal pour la Semaine spéciale organisée du 17 au 21 juillet 1967.

Cette délégation était conduite par M. G. Glasser, Président du Syndicat Général de la Construction Electrique, et M. J. Dontot, Président de la Fédération Nationale des Industries Electroniques.

24 conférences techniques y ont été prononcées. Elles ont traité de la conversion des énergies, des équipements de production, de transformation ou de distribution de l'électricité, de la traction ferroviaire, des applications de l'électronique à l'industrie, de l'informatique, de la télévision infra-rouge et de la recherche spatiale.

Ces conférences et les diverses manifestations de cette « Semaine » ont été l'occasion de nombreux contacts entre les représentants des Sociétés françaises et les personnalités gouvernementales et industrielles canadiennes.

Illustrant, pour la plupart, les présentations des grands clients nationaux : E.D.F., Commissariat à l'Energie Atomique, C.N.R.S., C.N.E.T., les matériels des Industries

électriques et électroniques occupent une place importante dans le Pavillon français.

Pour ne s'en tenir qu'aux branches de notre spécialité, nous attirerons l'attention de nos lecteurs sur les réalisations suivantes :

- Un certain nombre de matériels électriques et électroniques contribuent à la présentation du Commissariat à l'Énergie Atomique. Ces matériels participent au programme nucléaire français qui utilise, en particulier, la filière uranium naturel - graphite - gaz.

- La transmission, notamment par satellites, d'émissions de télévision, de conversations téléphoniques et de données, fournit l'occasion de présenter plusieurs matériels de technique avancée :

- un panneau de cellules solaires qui fournissent l'énergie à bord des satellites français et européens et des satellites du système mondial de télécommunications Intelsat III et Intelsat IV ;

- les antennes de la station de télécommunications spatiales de Pleumeur-Bodou. La première est en service depuis cinq ans ; la seconde est conçue pour établir des liaisons entre l'Amérique et la France par Intelsat III qui sera lancé au printemps 1968 ;

- deux systèmes de commutation électronique, l'un recherchant automatiquement la voie la meilleure à emprunter, l'autre intercalant plusieurs conversations sur la même voie ;

- un équipement expérimental permettant de transmettre simultanément une voie de radiodiffusion et douze voies téléphoniques normales par l'intermédiaire d'un laser moléculaire émettant un faisceau très étroit de lumière infrarouge.

- Deux radars témoignent de l'importance accordée par l'Industrie française à cette technique de haut niveau :

- le radar de poursuite de satellites « Aquitaine », pièce maîtresse des succès spatiaux français ;

- le radar de visualisation « Saïga » pour hélicoptère, sert à la détection d'obstacles à basse altitude et autorise ainsi le vol par tous temps.

- L'Office de Radio-Télévision française présente la démonstration du procédé Secam de télévision en couleur, pendant douze heures par jour, sur une quarantaine de récepteurs. A ce jour, plus de trente pays, représentant un potentiel de plus de 500 millions de téléspectateurs ont déjà adopté ce procédé.

- La recherche en France est illustrée par plusieurs expériences :

- un laser moléculaire à gaz carbonique, d'une puissance de 800 W en continu, donne, après focalisation, des températures de l'ordre de 3 000°, c'est-à-dire supérieures à celles obtenues par des fours solaires ;

- une autre application de la technique des lasers permet d'obtenir une image immatérielle en trois dimensions, en reconstituant le relief à partir des informations contenues sur une surface plane (plaque photographique) où sont enregistrées les interférences entre l'onde lumineuse du laser et celles réfléchies ou émises par cet objet, donnant naissance à un hologramme ;

- grâce à « l'effet Gunn », un émetteur de quelques centimètres cubes, muni d'un générateur d'hyperfréquence — minuscule cristal d'arséniure de gallium — rend possible la transmission à distance des sons et peut-être bientôt des images. Il lui suffit d'une alimentation en courant électrique aussi faible que celle d'une lampe de poche.

D'autres exemples, illustrant les progrès de la microélectronique, de l'électronique médicale, etc., ont témoigné, eux aussi, des possibilités de l'Industrie française.

Dans le domaine de la Coopération Franco-Canadienne, enfin, signalons que, entre 1963 et 1966, les exportations de matériels électriques et électroniques à destination du Canada ont triplé. La coopération entre ces industries et le Canada — notamment avec le Québec — ne cesse de se développer, sous forme de ventes de licences et d'accords entre Sociétés françaises et canadiennes.

RÉALISATIONS TECHNIQUES

MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE POUR LE C.N.R.S.

Le Professeur J. ANDRÉ, chef du laboratoire de biologie cellulaire de la Faculté des Sciences d'Orsay, a pris en charge en juillet dernier, au cours d'une cérémonie qui s'est déroulée dans les établissements SIEMENS de Berlin-Ouest, le millième microscope électronique fabriqué par cette entreprise. Ce microscope, acquis par le Centre National de la Recherche Scientifique, est le deuxième à être mis en service dans le laboratoire du Professeur ANDRÉ, spécialisé dans l'étude des mitochondries, dans le cadre, notamment, des recherches cancérologiques.

Le microscope « ELMISKOP U/UN A », dont le premier exemplaire a été achevé en 1953, permet des rapports de grandissement de 200 à 200 000 et possède un pouvoir séparateur maximal théorique de 3 angstroms. Sur les mille microscopes construits jusqu'à présent, 90 sont en service dans des laboratoires français.

LIAISON RADIOTÉLÉPHONIQUE CONGO-PARIS

Cette liaison radiotéléphonique entre Kinshasa et Paris a été inaugurée le 3 août par M. Jean-Marie Kinkangala, Ministre des P.T.T. du Congo-Kinshasa, au centre d'émissions téléphoniques du Ndjili.

Le matériel de la liaison est une production de la CSF ; l'élément essentiel en est l'émetteur de 35 kW à bandes latérales indépendantes, qui équipe la plupart des pays du continent africain et dont la CSF a construit plus de 200 exemplaires.

Les caractéristiques techniques de cet émetteur 35 kW CSF, type EB 435, sont les suivantes :

- Gamme de fréquences : de 4 à 28 MHz,
- Fonctionnement entièrement automatique sur l'une quelconque des six fréquences prééglées,
- Tube d'émission à refroidissement par air,
- Circuits partiellement transistorisés,
- Les bandes latérales indépendantes permettent l'acheminement simultané soit de 4 voies téléphoniques, soit de 96 voies télégraphiques.

SYSTÈME DE RETRANSMISSION DE MESSAGES DS 66/3 DE LA CGCT

Le Service Technique de la Navigation Aérienne — S.T.N.A. — contrôle le trafic aérien civil du territoire français en appliquant les règles établies par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale — O.A.C.I.

Le trafic aérien, écoulé par un réseau téléphonique spécial, concerne la sécurité des vols, les plans du vol, les messages météorologiques. Il est réparti, pour la France, en trois régions : la Région Nord (comprenant Paris avec le centre principal d'Athis-Mons), la Région Sud-Est (centre d'Aix-en-Provence), et la Région Sud-Ouest (centre de Bordeaux).

Le centre semi-automatique télégraphique d'Athis-Mons, saturé par l'accroissement du trafic, vient d'être remplacé par un centre automatique électronique installé par la CGCT, appliquant le DS 66/3, système de retransmission de messages entièrement conçu, mis au point et développé par cette Compagnie.

Deux ensembles de traitement de messages fonctionnant simultanément assurent un service permanent sans aucune interruption ; l'un est prêt à remplacer l'autre instantanément et automatiquement en cas d'anomalie, sans perte de caractère. Cette dernière caractéristique est unique dans le monde.

Le personnel exploitant dessert une position de supervision qui contrôle le trafic télégraphique et l'état du réseau extérieur, et une position de litiges pour le traitement des messages non conformes qui ne peuvent être corrigés automatiquement.

Le centre DS 66/3 d'Athis-Mons comprend 102 lignes d'entrée et 102 de sortie. Le trafic prévu est de 1 500 messages entrant à l'heure de pointe, soit environ 630 000 caractères à l'heure. Le trafic écoulé actuellement, messages entrants et sortants, correspond à une moyenne de 25 000 messages par jour, mais la capacité de traitement du centre est nettement supérieure.

DE NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS POUR LE BUREAU CENTRAL DES TÉLÉCOMMUNICATIONS DE L'AVIATION CIVILE

De nouveaux équipements de télécommunications destinés à l'établissement de liaisons télégraphiques entre les aéroports français et étrangers viennent d'être mis en service à proximité de l'aéroport d'Orly. Installés pour le compte du Bureau Central des Télécommunications de la Région Aéronautique Nord, ils sont destinés à la concentration des messages télégraphiques, à leur retransmission et à la correction automatique des erreurs.

La maîtrise d'œuvre de cette installation a été assurée par le Service Technique de la Navigation Aérienne, qui a fait appel à la Compagnie Française THOMSON HOUSTON-HOTCHKISS BRANDT pour la fourniture et l'installation de trois équipements pour les liaisons multiplex et la correction des erreurs TOR THC 522 (Teleprinting Over Radio). Ils seront utilisés pour la transmission par voie hertzienne des messages destinés aux aéroports de Dakar, Brazzaville, Casablanca et à la station météorologique de Santa Maria aux Açores. L'ensemble des opérations de commutation, de contrôle et d'acheminement des messages sur les sept lignes télégraphiques et les cinq voies hertziennes disponibles est assuré par un centre électronique de retransmission automatique de messages télégraphiques installé par la C.G.C.T. Les téléimprimeurs et matériels annexes ont été fournis par la Société d'Applications Générales d'Électricité et de Mécanique (SAGEM).

La sécurité de fonctionnement et la fiabilité élevée du TOR THC 522 permettent de garantir, sans l'intervention d'aucun opérateur, un taux d'erreur inférieur à un caractère erroné sur un million dans les conditions d'emploi les plus défavorables. Ce matériel est, dès à présent, utilisé par de nombreux services publics (Direction des Services Radioélectriques du Ministère des Postes et Télécommunications) et privés de télécommunications, ainsi que par les armées de l'Air et de Mer.

Nota. — Le TOR THC 522, développé par la Division Télécommunications de la Compagnie Française THOMSON HOUSTON-HOTCHKISS BRANDT, est un terminal télégraphique qui permet, d'une part de détecter et de corriger les erreurs de transmission dues aux perturbations diverses qui affectent la qualité des liaisons radioélectriques et, d'autre part, de transmettre simultanément deux ou quatre voies télégraphiques (multiplex).

Il assure à la fois les opérations nécessaires à l'émission et à la réception, ce qui permet le duplex intégral ; il fonctionne de manière entièrement automatique.

Le THC 522 est composé de tiroirs contenant des cartes imprimées, immédiatement interchangeables, et équipés de semiconducteurs au silicium, à l'exclusion de tout composant électromécanique (relais télégraphiques par exemple).

EUROSPACE

EUROSPACE achève une importante étude économique, consacrée aux conditions d'établissement, de fonctionnement et de rentabilité de systèmes régionaux européens de télécommunications par satellites. Les principales conclusions de cette étude seront rendues publiques au début de l'automne.

Les premiers résultats ont été communiqués aux Ministres et aux Représentants des pays européens qui se sont réunis à Rome, le 11 juillet, pour tenter d'établir entre eux les bases d'une coopération accrue dans le domaine spatial.

Cette étude de marché a fait apparaître les domaines et les conditions de rentabilité pour les applications touchant l'Europe et l'Afrique. Certaines seraient rapidement rentables, notamment un système adapté aux besoins de l'EUROVISION.

Un système opérationnel — financé soit par les Etats, soit partie par les Etats et partie par des investissements privés — devra être mis en place et géré par un organisme — EUROSAT par exemple — dont il faudrait étudier la structure très rapidement.

Rappelons que c'est en 1969 qu'intervient la négociation de la phase définitive d'implantation de la réglementation mondiale en matière de télécommunications par satellites.

CARNET DES SOCIÉTÉS

LA CSF CONCÈDE A LIBRASCOPE LA LICENCE DE SON COLLIMATEUR POUR AVION

Le Groupe LIBRASCOPE — General Precision Inc. de Glendale, Californie, et CSF, ont conclu un accord dans le domaine des viseurs dits à « présentation tête haute » à plusieurs couleurs, destinés aux aviations militaires et commerciales. Cet accord concède au Groupe LIBRASCOPE le droit exclusif de fabriquer et de vendre aux Etats-Unis et au Canada ces appareils étudiés et développés par la CSF avec l'aide des services officiels français. La Compagnie américaine va entamer leur commercialisation par une série de démonstrations aux aviations militaires et commerciales.

La « présentation tête haute » est un système qui projette à l'infini, en plusieurs couleurs, à travers le pare-brise, sous les yeux du pilote, les informations indispensables à la navigation et celles concernant l'attitude de l'avion sur sa trajectoire. De la sorte, le pilote dispose de ces informations sans avoir à accommoder sa vision puisque le système le dispense de consulter les instruments de navigation du tableau de bord.

Les données ainsi présentées, d'une manière exceptionnellement brillante et en plusieurs couleurs pour assurer leur identification immédiate, concernent l'horizon artificiel, le « localizer » et le « glide » du système ILS d'atterrissage aux instruments, l'altitude, la vitesse propre, etc.

Ce système qui n'utilise pas de tube cathodique est très fiable, compact et léger. Il offre ainsi une sécurité accrue aux avions militaires et commerciaux et doit avoir de larges débouchés aux Etats-Unis.

Des viseurs utilisant une technique similaire sont actuellement en service sur des avions européens.

THOMSON-BRANDT - C.S.F.

La valeur de la technique française dans le domaine de l'électronique professionnelle, civile et militaire est reconstruite tant sur le plan international que sur le marché intérieur. Cependant, la concurrence européenne et mondiale dans ce secteur d'activité exige, de plus en plus, la spécialisation des études et des fabrications, afin que les dépenses investies dans la recherche puissent être supportées par une production de série.

C'est pourquoi CSF et THOMSON-BRANDT ont signé un protocole d'intention visant à unir leurs efforts en constituant un puissant groupe industriel contrôlé par des capitaux français. Des examens sont, d'ores et déjà, entrepris pour situer d'une façon plus précise les problèmes que pose, tant au sein des sociétés qu'à l'égard des Pouvoirs Publics français, une opération qui se traduirait par le regroupement de la CSF et de la branche électronique professionnelle de THOMSON-BRANDT, cette dernière détenant une participation largement prépondérante dans le nouvel ensemble. Les conclusions de ces examens seront soumises à l'approbation des conseils d'administration des deux sociétés.

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES : RTC-LA RADIOTECHNIQUE-COMPELEC

La COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ d'une part, la COMPAGNIE FRANÇAISE PHILIPS et la RADIOTECHNIQUE d'autre part, ont décidé de regrouper leurs activités dans un vaste secteur des composants électroniques : semiconducteurs, circuits intégrés, condensateurs, résistances, micro-électronique en général.

Se trouveront ainsi réunies au sein de la société commune qui prendra le nom de « RTC - LA RADIOTECHNIQUE COMPELEC » :

1° Les activités du Groupe C.G.E. actuellement exercées par la Compagnie Générale des Composants Electronique (COMPELEC).

2° Les activités composants électroniques de la Compagnie Française PHILIPS et de la RADIOTECHNIQUE actuellement exercées par « LA RADIOTECHNIQUE COPRIM ».

3° Les activités des deux Groupes actuellement exercées par la Compagnie Générale des Condensateurs (COGECO) société dont la C.G.E. possède 60 % du capital, le solde étant détenu par la Compagnie Française PHILIPS et LA RADIOTECHNIQUE.

Au moment où les Pouvoirs Publics insistent sur le regroupement nécessaire de l'industrie française des composants électroniques, l'ensemble constitué par « RTC - LA RADIOTECHNIQUE COMPELEC » avec ses huit centres industriels, ses 7 000 personnes et un chiffre d'affaires d'environ 500 millions de francs, constituera en France une des plus importantes entreprises européennes dans ce domaine.

Cette Société qui disposera des importants laboratoires de ses divers centres industriels, bénéficiera de l'appui scientifique et technique du Centre de Recherches de la C.G.E. de Marcoussis, des Laboratoires d'Électronique et de Physique Appliquée (L.E.P.) et des Laboratoires de PHILIPS en Hollande.

La concertation au niveau des études menées dans cet ensemble de laboratoires de recherches permettra une harmonisation et une coordination qui représenteront un atout majeur pour la technique dans un secteur où la concurrence internationale est particulièrement vive.

LA S.T.C. SEMICONDUCTORS LTD COMMENCE LA PRODUCTION DE TRANSISTORS ET DIODES POUR LES COMMUNICATIONS PAR CABLES SOUS-MARINS

Après cinq ans de recherche et de développement dans son usine à Footscray, Kent (Grande-Bretagne), la S.T.C. Semiconductors Ltd a commencé la production de transistors et diodes au silicium planar pour utilisation dans les communications par câbles sous-marins transocéaniques.

La production initiale est destinée aux circuits de surveillance de la ligne de câbles sous-marins entre l'Afrique du Sud et le Portugal. C'est la première fois qu'on utilise des transistors dans les réseaux de câbles sous-marins de grand fond à grande distance. Cette ligne qui aura une longueur de 6 000 milles sera fournie par la Standard Telephones and Cables Ltd.

Il faut remarquer que la qualité et la sécurité de fonctionnement des transistors et diodes destinés aux réseaux sous-marins doivent être bien supérieures à celles des autres domaines d'application de composants semi-conducteurs. Par exemple, en 20 ans de service continu, leurs caractéristiques ne doivent pas se détériorer de plus de 5 % — exigence qui doit être prouvée par des essais accélérés de la durée de vie, conduits durant plusieurs mois.

Le travail de recherche et de développement a été réalisé avec le concours du British General Post Office et grâce à des contrats du Ministère de la Défense nationale britannique.

Pour la fabrication de ces transistors et diodes ultra-fiables, la S.T.C. Semiconductors Ltd. a aménagé à Footscray des locaux spéciaux où les transistors sont

montés dans des conditions d'étanchéité complète à la poussière. En plus, un laboratoire spécial de contrôle de qualité a été construit ; les composants y sont soumis pendant 9 mois à des épreuves intensives avant d'être incorporés dans un répéteur sous-marin.

Utilisation de transistors dans les circuits de surveillance de câbles sous-marins représente le premier échelon dans la transistorisation complète des systèmes de communication par câbles. Celle-ci, une fois réalisée, va aboutir à la construction de systèmes ayant une largeur de bandes de fréquences beaucoup plus grande, ce qui va permettre d'augmenter proportionnellement le nombre de canaux téléphoniques par câble.

Notons que la ITT Semiconductor Worldwide Group, siégeant à New York, exploite actuellement en Europe les usines suivantes :

Intermetall à Colmar.

Intermetall à Fribourg-en-Brisgau (Allemagne).

Intermetall à Nuremberg (Allemagne).

S.T.C. Semiconductor Ltd à Footscray/Sidcup/Kent (Grande-Bretagne).

Standard Electrica Semiconductor à Cascais (Portugal).

Il n'y a présentement que deux fabriques de semiconducteurs dans le monde entier produisant des composants d'une telle fiabilité : une usine aux Etats-Unis et la S.T.C. Semiconductors Ltd à Footscray.

BELL ET HOWELL CRÉE UNE FILIALE A PARIS POUR SES DIVISIONS C.E.C. ET C.V.C.

BELL et HOWELL vient d'annoncer la création d'une nouvelle filiale française, la Société « BELL et HOWELL Instruments » installée à Paris, 37, rue des Morillons. Tél. 828.25.51.

Cette filiale est destinée à distribuer en France les fabrications des divisions de BELL et HOWELL qui produisent des instruments scientifiques et des appareils de mesure, divisions qui sont connues sous les noms de C.E.C. (Consolidated Electrodynamics Corp.) et C.V.C. (Consolidated Vacuum Corp.). Ces produits étaient distribués jusqu'à présent par les Ets KOVACS.

De nombreuses grandes réalisations françaises, tant civiles que militaires, utilisent des matériels C.E.C. et C.V.C. Ainsi, pour les essais en vol et les essais statiques du « Concorde », il sera fait usage des oscillographes enregistreurs, des capteurs de pression et de divers autres instruments C.E.C.

Dans un autre domaine de pointe, C.V.C. a participé au grand Simulateur du CNES à BRÉTIGNY, ainsi qu'aux expériences de Fusion Contrôlée de l'Association C.E.C.-EURATOM au CEN de FONTENAY-AUX-ROSES. Des pompes à diffusion géantes C.V.C. équipent ces installations de pompage, les plus importantes d'Europe.

Enfin, C.E.C. le premier constructeur de spectromètres de masse, installe actuellement au C.E.A. son plus grand appareil à double focalisation et détecteur combiné.

Dans la spectrométrie de masse appliquée à la détection des micro-fuites, C.E.C. compte, entre autres, à son actif des réalisations telles que le contrat européen de détection de fuites du projet DRAGON et la fourniture de cellules d'analyse contrôlant l'étanchéité de l'usine de PIERRELATIE.

Les usines principales de C.E.C.-C.V.C. sont à Pasadena (Californie, U.S.A.) et ROCHESTER (NEW YORK, U.S.A.) mais depuis plusieurs années, C.E.C. a également établi des usines en Europe : l'une à BASINGSTOKE (Grande-Bretagne), centre de production de capteurs à fils extensiométriques tendus, l'autre à FRIEDBERG (Hesse, Allemagne Fédérale), tête de pont pour la fabrication et la distribution dans le Marché Commun.

Le Groupe BELL et HOWELL a, en outre, deux autres activités : la fabrication de caméras et projecteurs de cinéma, distribués en France par BELL et HOWELL France S.A. (Boulogne, Seine) et la fabrication de machines de bureau, dont la diffusion est assurée par BELL et HOWELL Business Equipments à Levallois-Perret.

SOCIÉTÉ PARKER

C'est sous le thème « 40 ANS CONTRE LA CORROSION » que la Société PARKER, qui fête cette année son quarantième anniversaire, a placé l'important effort d'information qu'elle vient d'effectuer en faveur de l'industrie des traitements de surfaces, en participant très activement au premier Salon Traitements des Surfaces et Finition Industrielle, ainsi qu'aux journées techniques correspondantes.

Une documentation abondante a permis aux industriels qui ressentent la nécessité de perfectionner la finition industrielle, de constater comment, depuis 1927, cette Société a vu se préciser sa spécialité dans ce domaine.

Décidant de développer les techniques internationales les plus éprouvées, la Société PARKER lançait ainsi successivement ses départements de traitements chimiques (phosphatation), de traitements électrolytiques (zincage, nickelage, chromage, etc.), de revêtements de métaux précieux et de revêtements plastiques, assurant un service complet qui comprend aussi bien la fourniture des produits que la construction du matériel de mise en œuvre et le service d'assistance et de recherche indispensable.

En visitant le stand de PARKER, le visiteur a pu prendre conscience de l'important potentiel mis au service de l'industrie, par sa présentation exceptionnelle.

Les diverses conférences présentées par :

— M. GUEGUEN sur les traitements de surfaces dans l'industrie atomique ;

— M. FELLOWS, Vice-Président de l'UDYLITE CORPORATION, sur l'évolution moderne des revêtements de nickel-chrome ;

— M. HIOTT sur la métallisation des matières plastiques ;

— le meeting international SEL-REX où des spécialistes de toutes les firmes européennes se concertèrent sur la Galvanoplastie en Electronique ;

— la participation très active de PARKER aux journées d'Etudes Internationales sur la finition des carrosseries automobiles,

permirent de constater que cette Société est à la pointe des perfectionnements techniques et qu'elle suscite, féconde et diffuse les informations d'une manière primordiale.

A l'heure de l'amélioration de la qualité, posée comme condition indispensable du succès dans la compétition internationale, ces manifestations viennent rappeler que les fabrications françaises bénéficient maintenant, dans le domaine de la finition, d'un service éprouvé par plusieurs dizaines d'années d'expérience et d'un potentiel mis à leur disposition par une firme considérée comme un partenaire par les spécialistes internationaux dans ce domaine.

LE LASER LE PLUS PUISSANT EXISTANT A CE JOUR EST FRANÇAIS il est primé aux Etats-Unis

C'est en 1960 qu'apparut aux U.S.A. le premier laser construit par Javan.

Dès 1961 la CGE pressant l'importance de la découverte, rassemblait en son Centre de Recherches de Marcoussis une équipe de chercheurs orientée sur le laser. Animée par M. Robieux, la petite cellule initiale a connu depuis lors une croissance constante et rapide si bien qu'en 1967, les équipes de recherche et de développement de Marcoussis comptent 200 personnes travaillant sur les lasers. C'est probablement le laboratoire laser le plus important d'Europe Occidentale, c'est aussi celui qui compte à son actif le plus grand nombre de succès.

Le dernier en date est l'attribution d'un oscar décerné par la revue américaine « Industrial Research » au laser de grande puissance VK 640.

Nous avons reproduit en première page de ce numéro de l'Onde Electrique le laser de la CIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ qui vient de se voir attribuer ce prix.

C'est la première fois, depuis cinq ans que cette compétition existe, qu'un produit français est retenu. Chaque année, les cent produits techniques nouveaux les plus importants sont sélectionnés sur la base de « leur unicité, leur importance et leur utilité pour les scientifiques et ingénieurs de recherche » par un jury formé des trente personnalités scientifiques composant l'Editorial Advisory Board de la revue. Parmi les cent produits choisis en 1967, cinq seulement étaient étrangers aux Etats-Unis (deux japonais, un australien, un canadien, un français).

La Société Française des Électroniciens et des Radio-électriciens, en la personne de son Président, M. Matras, présente ses plus vives félicitations à la CGE pour cette belle réussite et la récompense qui a couronné un succès qui démontre, s'il en était besoin, l'efficacité de la politique technique du « créneau » dans un domaine neuf et prometteur ; GGE a su y concentrer ses efforts de recherche jusqu'à leur heureuse issue.

Le VK 640 est l'aboutissement d'un effort continu mené depuis 1963 sur les lasers de puissance. Les études de base conduites en particulier par M. Ernest ont été relayées par

le travail très poussé des équipes de spécialistes, animées par M. Riffard, qui ont porté leurs techniques au niveau des meilleures performances internationales. *Cet effort n'a été possible que, grâce au soutien du Commissariat à l'Énergie Atomique et de la Direction des Recherches et Moyens d'Essais.*

Comme tous les lasers de puissance, le VK 640 est, avant tout, un oscillateur à la longueur d'onde de 1,06 μ , dans le proche infra-rouge ; le matériau actif est un verre dopé avec les ions d'une terre rare, le néodyme.

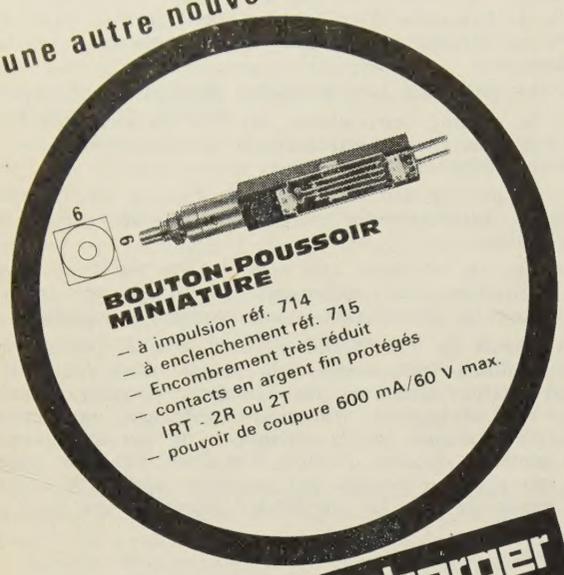
Il délivre des « bouffées d'énergie » de 250 joules dans un temps de 4 à 5 milliardièmes de seconde, d'où résulte une puissance crête instantanée de 50 milliards de watts. La « luminance » atteint pour ce laser la valeur de $4 \cdot 10^{15}$ watt/cm² stéradian. Le champ électrique du faisceau est, dans le vide de 130 000 volts par centimètre.

Ces performances font du VK 640 le laser le plus puissant industrialisé à ce jour, mais les possibilités sont, d'ores et déjà, beaucoup plus grandes dans les laboratoires de Marcoussis où l'on est capable de déclencher une impulsion d'un kilojoule en une manoseconde, ce qui correspond à une puissance crête d'un milliard de kW, soit 50 fois la puissance électrique du réseau de l'EDF.

Si, à l'aide d'un dispositif optique approprié, on concentre cette énergie dans un volume de quelques dizaines de microns au cube, on atteint des densités de puissance gigantesques, de l'ordre de 10 000 milliards de kW par cm² soit 10^{16} watts par cm².

Si l'on parle en luminance, le chiffre en W/cm² st. est du même ordre de grandeur. A titre de comparaison, disons que la luminance du soleil n'atteint que 1 kW par centimètre carré et par stéradian. Les champs électriques associés à l'onde électromagnétique sont de plusieurs millions de kV par cm, chiffres du même ordre que les champs électriques de liaison des atomes : on comprend alors qu'un tel outil soit précieux pour les physiciens désireux d'étudier les effets produits sur la matière. L'action de telles énergies associées à de tels champs électriques provoque, sur les solides comme dans les gaz, des plasmas entièrement ionisés.

une autre nouveauté...



**BOUTON-POUSSOIR
MINIATURE**

- à impulsion réf. 714
- à enclenchement réf. 715
- Encombrement très réduit
- contacts en argent fin protégés
- IRT - 2R ou 2T
- pouvoir de coupure 600 mA/60 V max.

russenberger
34, rue de Paradis - PARIS 10^e - 770-58-54 +

décrit page 61 du
catalogue n° 366

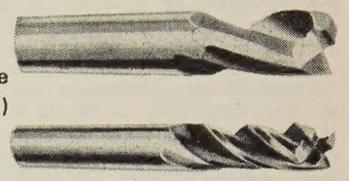
V. 13

MINIATURISÉS !

SOFEL

Forets taillés dans la
masse (carbure monobloc)
de \varnothing 0,5 à 12,2 mm
(Photo agrandie 2,5)

Fraises 2 tailles
(2 et 4 dents) ►
taillées dans la masse
(carbure monobloc)
de \varnothing 2 à 14 mm
(Photo agrandie 1,5)



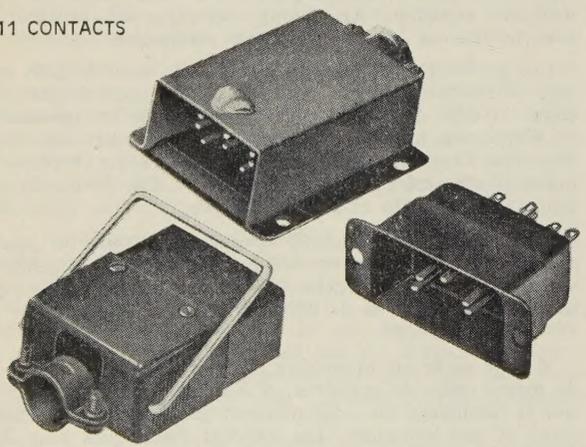
la qualité SAFETY
mise au service de
l'électronique

Plus d'un quart de siècle d'expérience
dans les carbures

ETS SAFETY
35-37 bd Exelmans PARIS 16^e Tél. : 288 32-75 +
Usines : FONDETTES (37) Ateliers : COURBEVOIE (92)

**connecteurs
multibroches**

DE 2 A 11 CONTACTS



Voyants lumineux • Connecteurs multibroches et circ. imp. • Supports lampes et transistors • Passages isolants • Interrupteurs subminiatures

METOX 86, RUE VILLIERS DE L'ISLE ADAM, PARIS 20^e
636.31.10

RAPY

monobloc
ou modulaire ?



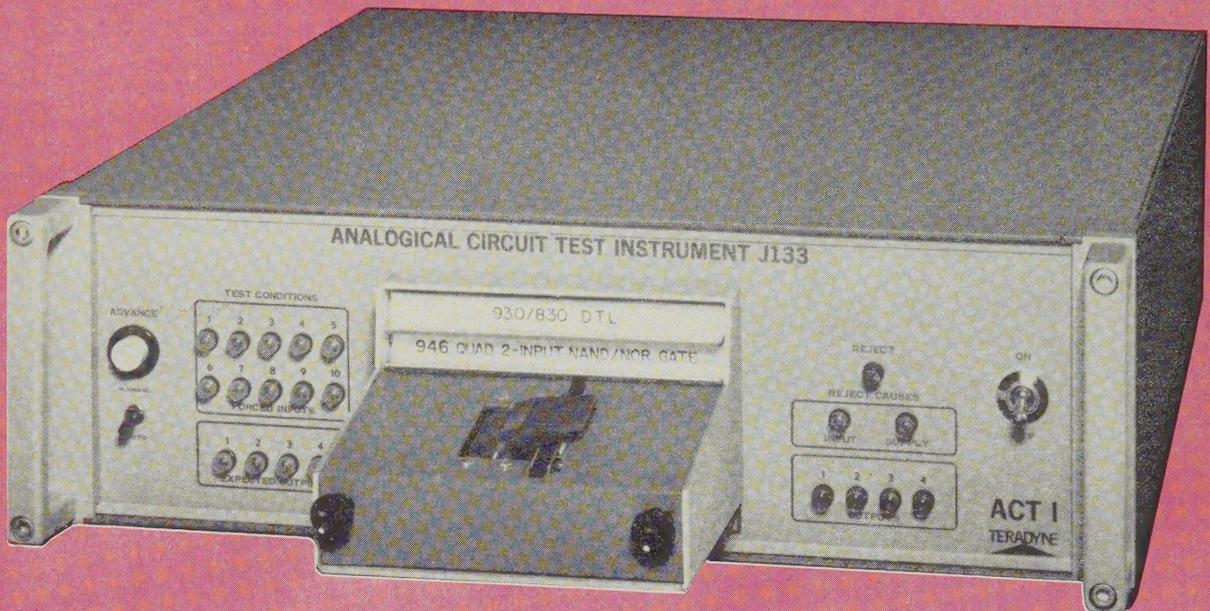
la perfection des roues codeuses
DIGISWITCH
rend leur assemblage
pratiquement invisible
Cette perfection
se retrouve dans le mécanisme
Toutes combinaisons de sorties pour
2, 8, 10, 12 ou 16 positions
GRANDE VARIÉTÉ DE CODES
MODÈLES ÉTANCHES

Technique ET **PRODUITS**

CITÉ DES BRUYÈRES - RUE CARLE VERNET - 92-SÈVRES • TÉLÉPHONE : 626-02-35
626-24-38

S9 TP

TERADYNE



CONTROLEUR AUTOMATIQUE DE CIRCUITS INTEGRES J 133

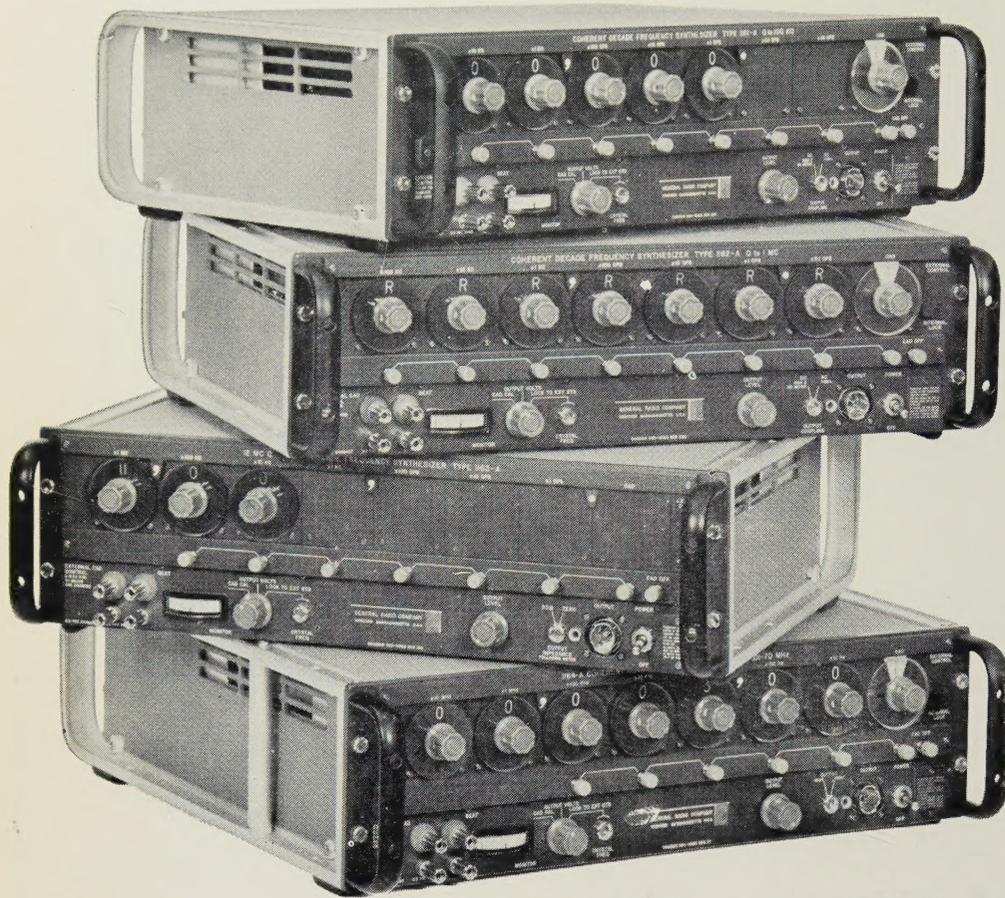
- Faible temps de contrôle
- Pas de programmation manuelle
- Faible prix de revient
- Cartes programme standard
- Inspection des produits finis
- Contrôle des plaquettes
- Contrôle des circuits à couches
- etc

Technique ET **PRODUITS**

Éditions T. et P. 58 TP

CITÉ DES BRUYÈRES - RUE CARLE VERNET - 92-SÈVRES

TÉLÉPHONE : 626-02-35 (10 lignes groupées)
626-24-38 (6 lignes groupées)



Modèles 100 KHz

Vingt combinaisons possibles permettant des résolutions de 0,0001 Hz à 100 Hz.
Le modèle représenté est le 1161A5C ayant une résolution de 0,01 Hz.

Modèles 1 MHz

Vingt combinaisons possibles permettant des résolutions de 0,001 Hz à 1 KHz.
Le modèle représenté est le 1162AR7C ayant une résolution de 0,001 Hz, équipé de décades à réglage manuel et programmables à distance.

Modèles 12 MHz

Vingt combinaisons possibles permettant des résolutions de 0,01 Hz à 10 KHz.
Le modèle représenté est le 1163A3 ayant une résolution de 10 KHz.

Modèles 70 MHz

Vingt combinaisons possibles permettant des résolutions de 0,1 Hz à 100 KHz.
Le modèle représenté est le 1164A7C ayant une résolution de 0,1 Hz.

Seuls les synthétiseurs General Radio offrent toutes ces possibilités...

- Ils existent en quatre modèles de base dont les gammes vont jusqu'à 100 KHz, 1 MHz, 12 MHz et 70 MHz, réglables par bonds de 0,01 Hz, 0,1 Hz, 1 Hz et 10 Hz respectivement pour les différents modèles.
- Ils peuvent être fournis avec un minimum de trois décades et être complétés ultérieurement de décades supplémentaires, si vos mesures l'exigent.
- La décade à variation continue apporte une résolution supplémentaire d'au moins deux chiffres.
- Un dispositif de wobulation électronique permet de balayer sur une plage réglable de 0 à plus de 1 MHz.
- Tous les synthétiseurs sont pilotés par un oscillateur à quartz de fréquence 5 MHz, pouvant être calé sur un standard extérieur.
- Toutes les décades, depuis celle permettant des variations de fréquence par bonds de 0,01 Hz, à celle permettant des variations par bonds de 0,1 MHz, peuvent être fournies en versions programmables à distance, tout en conservant la possibilité d'être réglées directement par intervention manuelle.
- Tous les circuits des Synthétiseurs GENERAL RADIO sont transistorisés.
- Le niveau de sortie réglable de 0 à 2 V efficace est contrôlé par un voltmètre.
- Ils sont si peu encombrants qu'ils n'occupent que 135 mm de hauteur d'un rack standard de 480 mm.
- Ils fonctionnent sur secteur 115/215/230 V, 50 - 60 ou 400 Hz. Ainsi que sur tension continue de 20 à 28 V, 1,8 Ampère.

RENSEIGNEMENTS
ET DEMONSTRATION

553 32-50



ETS RADIOPHON

148, AV. DE MALAKOFF - PARIS 16^e • TÉL. 553 32-50 • TÉLEX 25849 RDIOPHON-PARIS
REG. RHONE-ALPES : 78, MONTÉE DES SOLDATS - CALUIRE (RHONE) - TÉL. (16.78) 29.50.12
AUX U.S.A. : RADIOPHON CORP. - 509, MADISON AVENUE - NEW-YORK