

L'ONDE

44^e ANNÉE - N° 444

M A R S 1 9 6 4

P R I X : 6 F

ÉLECTRIQUE

REVUE MENSUELLE de la SOCIÉTÉ FRANÇAISE des ÉLECTRONICIENS et des RADIOÉLECTRICIENS
PUBLIÉE PAR LES ÉDITIONS CHIRON, PARIS

Interféromètres CSF du Centre
de Radio-astronomie de Nançay



Compte rendu de la
XIV^e ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE
L'UNION RADIOSCIENTIFIQUE
INTERNATIONALE



à zéro central mais...

lecture
sur la
totalité
de l'échelle

● **indicateur
AUTOMATIQUE**
de polarité...

Entre 0 et ± 3.000 volts la polarité de la tension continue mesurée est affichée directement sur un voyant lumineux avec commutation automatique du galvanomètre dans le sens convenable dès que la position zéro est dépassée. Dans l'utilisation en voltmètre à zéro central, la lecture s'effectue donc sur la totalité de l'échelle du cadran.

**voltmètre
électronique**

**TYPE
A 206**



CARACTÉRISTIQUES

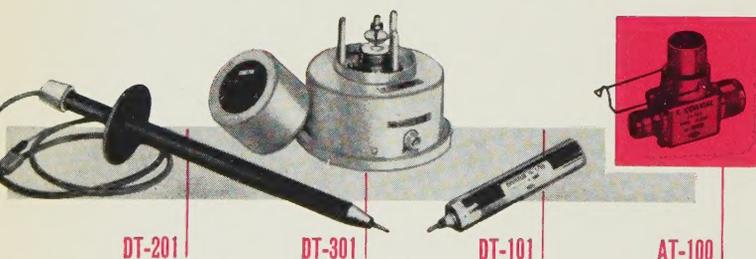
Mesures en continu : 10 mV à 3.000 V - 9 gammes - Précision $> \pm 3\%$ 3; INDICATION AUTOMATIQUE de la polarité - Résistance d'entrée : 100 M Ω sur toutes les gammes - Extension des mesures jusqu'à 30.000 V avec le diviseur de tension type DT 201 -

Mesures en alternatif : 50 mV à 300 V - 7 gammes - Précision $> \pm 3\%$ - $\pm 1,5$ dB de 20 Hz à 1000 MHz - C. d'entrée : 1,6 pF - Extension des mesures jusqu'à 15 kV avec les diviseurs de tensions types DT 101 et DT 301.

Mesures des Résistances : 0,2 Ω à 5.000 M Ω en 8 gammes sous tension continue stabilisée.

"T" DE MESURES, 50 Ω , TYPE AT 100

Pour mesures sur lignes coaxiales et utilisation du voltmètre A 206 comme Wattmètre HF, VHF, UHF, T.O.S. de l'ensemble $> 1,2$ jusqu'à 700 MHz.



DT-201

DT-301

DT-101

AT-100

AUTRES FABRICATIONS - Générateurs HF, VHF, UHF, SHF - Analyseurs de spectres - Test Set Radars - Electronique rapide - Générateurs d'impulsions et Oscilloscope 1.000 MHz - Fréquence-mètres compteurs automatiques - Mesures d'impédance et de puissance en HF, VHF, UHF, SHF - Voltmètres et Millivoltmètres Electroniques - Alimentations stabilisées - Micromoteurs - Pièces détachées, etc...



ETS GEFROY ET CIE
S. A. AU CAP. DE 3.250.000 FRANCS

18, AVENUE PAUL VAILLANT-COUTURIER - TRAPPES (S.-&-O.)
FRANCE • TÉLÉPHONE 923-08-00 (5 LIGNES GROUPÉES)

Agence PUBLITEC-DOMENACH 72/7

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Vol. XLIV

MARS 1964

N° 444

Rédaction de l'Onde Électrique :

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRONICIENS ET DES RADIOÉLECTRICIENS

10, Avenue Pierre-Larousse - Malakoff (Seine) - Tél. : ALÉSIA 04-16 - C.C.P. Paris 697-38

Cotisations des Membres de la Société : Voir au verso "Extraits des Statuts"

SOMMAIRE

La XIV ^e Assemblée Générale de l'Union Radio Scientifique Internationale	E. VASSY	223
Mesures et étalons radioélectriques	R. WERTHEIMER	229
Radioélectricité et troposphère	P. MISMÉ	234
Ionosphère	D. LEPECHINSKY	238
Perturbations radioélectriques d'origine terrestre	R. RIVAULT	251
Guidage des ondes	F. DU CASTEL	257
Radioastronomie	J. L. STEINBERG	260
Ondes et oscillations	E. MOURIER C. BERGE, A. BLAQUIÈRE M. BOUX, J. LOCHARD	263
Radioélectronique	Y. BERNARD	269
Recherches spatiales	M. THUÉ	274
L'U.R.S.I. et les Années Internationales du Soleil Calme	G. PILLET F. DU CASTEL	279
Visites de laboratoires japonais organisées à l'occasion de la XIV ^e Assemblée Générale de l'U.R.S.I.	M. THUÉ	285
La Conférence des Radiocommunications Spatiales	Y. PLACE	289
Le 7 ^e Salon International des Composants Electroniques		295
Vie de la Société		304
Informations :		
Documentation technique		305
Communiqués		307
Bibliographie		309

Sur notre couverture :

Interféromètres : Ces appareils, fabriqués par le Département de Physique Appliquée de C.S.F., sont destinés à repérer les satellites et déterminer leur position à partir de la réception de leurs propres émetteurs.

Conçus pour capter n'importe quelle fréquence entre 100 et 500 MHz, ils sont installés au Centre National de Radioastronomie de Nançay.

C.S.F., 79, boulevard Haussmann, Paris 8^e. — Tél : ANJou 84.60.

Département de Physique Appliquée, Domaine de Corbeville, Boîte Postale n° 10 à Orsay (Seine-et-Oise). — Tél. 928.47.20 à 24.

L'Onde Electrique, revue mensuelle publiée par la Société Française des Electroniciens et des Radioélectriciens, est éditée par les

ÉDITIONS CHIRON

40, Rue de Seine - PARIS-6^e - Tél. : MÉD. 18-93 - C.C.P. Paris 53-35

Abonnement annuel souscrit directement aux Editions Chiron : France 54 F — Etranger 61 F — Ce n° 6 F

Exclusivité de la Publicité : M. R. DOMENACH, 161, Bd St Germain, Paris 6^e - Tél. BAB 41-97 et 41-98
Secrétariat permanent de la publicité : 13, rue Charles-Lecocq - Paris 15^e - Tél. BLO 88-04 et 05

Le rapport de notre Comité National était un imposant volume de 110 pages — excellent miroir de notre activité — et les présidents de Commission avaient dû plutôt comprimer leurs commentaires que les diluer. De plus, la présentation extérieure de ce rapport, sans tomber dans l'art abstrait, avait une élégance toute parisienne, chose à laquelle on est très sensible au pays du Soleil Levant.

Je ne voudrais pas maintenant vous donner un « digest » de la réunion, ce qui risquerait d'être fort indigeste. D'ailleurs je ne m'y risquerais point car la radio a tellement évolué ces derniers temps que la spécialisation se développe à la manière d'une réaction en chaîne, si bien que l'on a une compétence seulement dans un étroit domaine. On trouvera plus loin le compte rendu de chacune de nos Commissions.

Je vous ferai simplement quelques commentaires sans prétention sur la nature du travail des Commissions, sachant par avance que je serai sûrement critiqué, ne serait-ce que par chacun de nos Présidents.

La Commission I, qui s'occupe des Mesures et Etalons Radioélectriques, a discuté les sujets suivants :

- Etalons atomiques et moléculaires de fréquence et de temps ;
- Emission de fréquences étalons et de signaux horaires, mesures de fréquences à horloge à quartz ;
- Mesures et étalons radioélectriques jusqu'à 1 GHz ;
- Mesures et étalons en hyperfréquences ;
- Mesures de précision des constantes physiques au moyen des techniques radioélectriques.

En ce qui concerne les étalons atomiques et moléculaires de fréquence et de temps, plus de huit années d'expérience sur les jets de Césium permettent de définir une fréquence à $\pm 3 \cdot 10^{-11}$. La précision est toutefois limitée par les comparaisons à distance au moyen des ondes hertziennes (10^{-10}). Mais on souhaite cependant une unité atomique de temps.

La comparaison des échelles de temps atomique a été effectuée soit par transport aérien d'horloge atomique, soit par la chaîne Loran ou par le satellite Telstar et il importe que les origines des échelles soient reliées avec toute la précision possible (actuellement la microseconde).

Il résulte des travaux effectués dans le domaine des mesures et étalons radioélectriques jusqu'à 1 GHz qu'une normalisation des grandeurs et des moyens de mesures interviendra sous peu dans la commercialisation des produits des industries électroniques. La notion de température équivalente de bruit tend à se substituer à celle de facteur de bruit pour caractériser les récepteurs.

Depuis la précédente assemblée générale, la mesure des puissances a vu sa précision passer de 2 % à 1 % et on a mis au point des sources de bruit.

Il y a toutes raisons de penser que l'erreur relative sur la détermination de la vitesse de propagation des ondes dans le vide passe de $5 \cdot 10^{-7}$ à $5 \cdot 10^{-8}$ et on s'est beaucoup inquiété de la mesure exacte de la distance Terre-Lune, en particulier à l'aide de lasers.

La Commission II « Radioélectricité et Troposphère » a tenu six réunions scientifiques.

Dans la 1^{re}, on a revu les modèles de troposphère et on serait actuellement d'accord pour en considérer non pas un seul mais plusieurs.

Dans la 2^e, où il a été question de radioclimatologie, on a sur une base statistique comparé les paramètres météorologiques et radioélectriques, de façon à dégager une corrélation entre la structure de la troposphère et la propagation.

Dans la 3^e, on a étudié l'influence des irrégularités du relief et de la végétation sur la propagation, qui font intervenir des phénomènes de diffraction, de réflexion et de diffusion.

Dans la 4^e, on a examiné le problème particulier de l'influence de la troposphère sur les communications entre le sol et un engin spatial. Le rôle important de la vapeur d'eau et des précipitations a été approfondi.

Dans la 5^e, on s'est préoccupé, à l'aide des différents procédés radar, de l'étude des zones turbulentes, nuageuses ou pluvieuses. On arrive actuellement à obtenir des renseignements détaillés et précis sur le milieu et l'évolution des phénomènes météorologiques. A noter l'intérêt du radar à effet Doppler qui s'affirme.

Dans la 6^e, il a été question de la propagation des ondes millimétriques, et des théories de la turbulence. Dans les deux domaines d'importants progrès ont été réalisés.

En outre, avec les Commissions III et IV, a eu lieu une étude du guidage des ondes dans la troposphère, l'ionosphère et la magnétosphère. Il convient de rappeler le rôle de pionnier des spécialistes de la Commission II en matière de propagation guidée, et qu'ils viennent encore de découvrir une propagation guidée quasi-permanente des ondes ultra-courtes dans l'Atlantique Sud et dans le Pacifique.

La Commission III, chargée de l'ionosphère, a étudié les sujets suivants :

- Rayonnements ionisants et constitution de l'ionosphère ;
- L'ionosphère et les recherches spatiales ;
- Répartition électronique dans l'ionosphère ;
- Les irrégularités dans l'ionosphère ;
- Géomagnétisme et ionosphère.
- Les années du Soleil Calme et l'Ionosphère.

D'abord il s'agissait de déduire les processus responsables de la structure de l'ionisation de la connaissance de la distribution spectrale de l'énergie solaire obtenue aux différentes altitudes par les fusées et satellites.

— La région D serait due à l'action de L_{α} (1215 Å) sur NO et surtout au rayonnement $X < 10$ Å ;

— La région E [NO^+] à la photoionisation de O_2 par L_{β} et le continuum de la série, par le rayonnement X compris entre 10 et 100 Å et à l'ionisation par les météores ;

— la région F₁[NO^+ , O_2^+ , O^+] par le continuum

de Lyman (200-350 Å) et l'intense raie de résonance de HeII (304Å).

— la région F₂[O⁺, 10 % de N⁺] par les mêmes domaines spectraux.

L'action du rayonnement corpusculaire est faible (1 %).

On a repris beaucoup de résultats déjà présentés à la réunion du COSPAR en juin à Varsovie, en particulier la température des molécules et atomes neutres.

Une foule de mesures effectuées à bord de fusées ont permis de donner la distribution verticale des ions positifs et des électrons. Le creux d'ionisation au-dessus de E n'existerait que de nuit. Au-dessus de 800 km, la densité ionique serait plus faible de jour que de nuit.

Des mesures de la densité électronique par satellite auraient détecté une structure de l'ionisation suivant des nappes parallèles aux lignes de force du champ magnétique terrestre. He⁺ serait le constituant majeur entre 1200 et 3400 km et l'ionosphère s'étendrait jusqu'à environ 20 000 km.

Pour l'étude de la répartition électronique dans l'ionosphère l'événement le plus marquant a été la mise d'un sondeur à bord du satellite canadien « Alouette », permettant la détermination aisée du profil électronique au-dessus du maximum de F, ainsi que la température des électrons et des ions. Ce profil présente une variation diurne et une variation avec la latitude. La dispersion des sifflements et les données des satellites détecteraient encore 10³ électrons/cm³ à 3 rayons terrestres.

Les mesures en satellite ont montré que la très haute ionosphère est sous l'influence d'un « vent solaire » c'est-à-dire d'un plasma émis par le Soleil dont la densité (5 particules par cm³) et la vitesse (400 à 600 km/s), varient avec son activité. Il comprime le champ terrestre côté jour et crée du côté nuit une cavité allongée. C'est du côté jour, à une dizaine de rayons terrestres, qu'il se produit une variation dans le champ magnétique qui tend vers un champ interplanétaire à la fois faible et calme. Du côté nuit la cavité s'étend jusqu'à une quarantaine de rayons terrestres.

Quant à la préparation des recherches ionosphériques pendant les Années Internationales du Soleil Calme, l'organisation française mise sur pied n'ayant pas fait de place au Comité National Français de Radioélectricité Scientifique, celui-ci n'a pu assurer au sein de cet organisme de coopération internationale qu'est l'URSI, le rôle qui lui incombait normalement et prendre les engagements indispensables.

La Commission IV est chargée des perturbations radioélectriques d'origine terrestre. A l'origine elle se préoccupait surtout du rayonnement radioélectrique accompagnant l'éclair et de sa propagation. Pareilles études ont été continuées et étendues aux explosions nucléaires. La distribution, à la surface du globe et en fonction du temps, du nombre, de l'amplitude et de la composition spectrale des atmosphériques, constitue un ensemble de données précieuses pour le CCIR. C'est un domaine de recherches classiques qui continue à être exploré, mais l'intérêt se

porte maintenant sur la propagation du même rayonnement le long des lignes de force du champ magnétique terrestre : ce sont les sifflements, témoignant d'une importante dispersion. Un tableau très complet des variations de ces sifflements et de leur dispersion avec le temps et la latitude géomagnétique a été présenté à Tokyo. On les a particulièrement étudiés dans les régions polaires, car alors leur trajectoire passe à près d'une dizaine de rayons terrestres. L'absorption a été particulièrement mesurée notamment au moment de la réflexion. Les observations ont été étendues en altitude grâce aux satellites et on a aussi continué à opérer sur des impulsions en ondes longues. L'expérimentation est ainsi plus facile que sur des phénomènes naturels. Ces derniers présentent encore bien des anomalies et des sujets d'interrogation, malgré les progrès constants de nos connaissances. C'est ainsi que le bruit naturel, appelé « chœur de l'aube » et qui se propage comme les sifflements, est dû à l'interaction du plasma d'origine solaire avec la magnétosphère. On l'a étudié aussi à bord de satellites et ceci confirme l'extension vers l'espace des travaux de cette Commission.

La Commission V (Radioastronomie) a concentré son intérêt sur l'émission galactique, sur celle des sources discrètes du Soleil calme et du Soleil actif.

Depuis la réunion de Londres on a découvert la polarisation du fond continu et la rotation due à l'effet Faraday sur l'émission des sources discrètes. On a observé de nouvelles radio-sources et amélioré la précision de leur localisation, qui atteint une dizaine de secondes tant en déclinaison qu'en ascension droite. Comme on est loin de la précision des premières observations qui remontent à peine à une vingtaine d'années ! Certaines radio-sources présentent un noyau très intense, d'autres des sursauts. On a dénombré 50 radio-galaxies ; le quart des sources faibles serait à plus de 7 milliards d'années-lumière. La masse de résultats ainsi obtenus laisse entrevoir la possibilité proche de pouvoir faire un choix entre les différents modèles d'Univers.

Si l'on se rappelle que la découverte initiale de Jansky ne remonte guère qu'à une trentaine d'années (1931) on demeure éffaré devant les progrès fulgurants de cette nouvelle science. Et l'on constate que comme pour son aînée, l'Astronomie du domaine optique, on commence à observer aussi, grâce aux engins spatiaux en altitude, bien au-dessus de l'ionosphère qui constitue dans un large domaine spectral un écran pour nos radiotélescopes.

On se demande ce qu'il faut le plus admirer, si c'est le progrès dans la connaissance de l'Univers qui nous entoure ou l'astuce des moyens techniques mis en œuvre, indispensables au développement de cette science. Ainsi, on a beaucoup parlé à Tokyo des amplificateurs à faible bruit (masers et amplificateurs paramétriques), des transistors (permettant d'amplifier sur de vastes collecteurs), des dispositifs à corrélation (éliminant l'effet des variations de gain). Si les dimensions des réflecteurs augmentent (100 m à Greenbank, 200 m à Nançay, 300 m à Puerto Rico), on va aussi vers l'utilisation de calculatrices électroniques pour combiner les informations reçues des

éléments d'antennes et réaliser ainsi la synthèse d'un aérien unique.

La Commission VI « Ondes et oscillations » a son activité concentrée dans trois domaines :

Théorie électromagnétique,
Théorie des circuits,
Théorie de l'information.

Concernant le premier, trois sujets ont été traités :
Propagation dans les milieux à propriétés variables,
Diffraction,
Antennes.

Pour la propagation dans les milieux à propriétés variables, la préoccupation générale est de nature probabiliste et relative à la diffraction par des obstacles placés au hasard. On a envisagé aussi les guidages possibles dans les milieux aléatoires. Dans l'étude de la diffraction, on a vu s'introduire les « quasi-modes » (leaky-waves). Pour les antennes, nous devons, en dehors des cas très particuliers envisagés, faire une mention spéciale aux antennes dites « indépendantes de la fréquence ».

Il a été question de l'application de la théorie des graphes aux circuits d'une manière générale et aux cas particuliers des réseaux de transport et des réseaux à commutation. Le traitement analytique des systèmes non linéaires a fait l'objet d'importantes contributions.

Enfin, à propos de la théorie de l'information, il a été traité des voies à propriétés variables dans le temps en vue de la détermination du meilleur code.

On a étudié la détermination de la capacité des voies variables en fonction de la largeur du spectre, des paramètres aléatoires caractérisant la voie et, concernant la détection, la discrimination entre deux processus aléatoires avec une probabilité nulle d'erreur, la détection séquentielle, la forme optimale du signal.

Concernant le codage, on a envisagé les codes correcteurs d'erreurs, montré l'intérêt du décodage séquentiel, notamment à propos des communications spatiales. Le décodage peut utiliser les graphes et l'analyse fonctionnelle. Il n'est pas possible d'entrer ici dans le détail des cas envisagés. Cette sèche énumération suffira je pense, par les horizons qu'elle ouvre, à démontrer l'intérêt des travaux de la Commission VI.

La Commission VII « Radioélectronique » s'est occupée de trois questions :

Electronique quantique,
Physique des plasmas,
Satellites de télécommunications.

La première avait fait l'objet au début de l'année du Congrès de Paris qui fut une magnifique réussite. Bien qu'il s'agisse d'un sujet de pointe, il était difficile de voir surgir d'importants résultats en six mois, d'autant plus qu'en avril avait lieu aussi le congrès de Brooklyn. A retenir le sondage de l'ionosphère à l'aide d'un laser, la réception hétérodyne d'un signal lumineux, l'extraordinaire précision de la fréquence de masers oscillateurs utilisant la transition de l'hydrogène (raie de 21 cm) : $1420405751,800 \pm 0,02$ Hz.

Ensuite, bilan des recherches sur les plasmas, venant après le Colloque de Paris en juillet sur la Physique des milieux ionisés, notamment sur les instabilités dont les causes sont nombreuses, l'emploi des dispositifs interférométriques pour le diagnostic hyperfréquence, etc. Puis une étude des plasmas à l'échelle géophysique et astrophysique, les résultats de « Pioneer » sur le plasma interplanétaire et l'étude de l'interaction du vent solaire avec le champ magnétique terrestre.

La troisième question avait fait aussi l'objet d'un Congrès à Paris, mais on a entendu des discussions sur les incidents du fonctionnement de Telstar 1 et Telstar 2 et les premiers résultats obtenus à la suite de la réalisation du projet Westford.

Devant la prodigieuse richesse des sujets étudiés et dont je n'ai pas le temps de rendre compte, jamais je n'ai tant regretté que l'élocution et l'entendement humain soient aussi loin des possibilités de la machine électronique.

Une séance spéciale a été consacrée à la physique de l'espace. Quatre rapports de synthèse y ont été présentés, dont voici les titres :

- 1) Recherches sur l'ionosphère par fusées et satellites ;
- 2) Recherches sur les planètes en utilisant les ondes millimétriques, infra-rouges et optiques ;
- 3) Résultats et problèmes à résoudre dans les systèmes de télécommunications spatiales ;
- 4) Accumulation et traitement des informations dans les expériences spatiales.

Ils étaient d'une telle ampleur qu'il est difficile d'en faire une analyse même succincte. Ils ont marqué profondément leur empreinte sur cette Assemblée de Tokyo qui, plus encore que celle de Londres, est orientée vers l'espace et ses méthodes propres d'investigation directe. Par effet de contraste, il faut mentionner la curieuse communication de notre nouveau Président d'Honneur L.V. BERKNER sur l'histoire de la croissance de l'oxygène dans l'atmosphère terrestre : la paléo-ionosphère.

En terminant ce rapide tour d'horizon, il m'est agréable de remercier les Présidents et Secrétaires de Commission de notre Comité National qui, en me communiquant à temps leurs rapports, m'ont permis de me documenter mieux que je n'ai pu le faire à Tokyo, où j'ai été totalement absorbé par ma tâche administrative. Je rendrai compte de cette participation à la gestion de l'URSI au cours de l'Assemblée Générale du Comité Français, ayant voulu demeurer ici strictement sur le plan scientifique.

Mais l'intérêt d'une délégation française étoffée ne se justifiait pas seulement par la participation aux travaux de l'URSI : mon précédent séjour au Japon m'avait appris à quel point pareille visite peut être riche d'enseignements. Suivant la coutume de l'URSI et avec le sens si développé de l'hospitalité japonaise, nos hôtes nous ont ouvert les portes de leurs laboratoires. De nombreuses visites ont en effet été organisées, en plusieurs groupes pour qu'elle soient efficaces, à une dizaine de centres de recherches.

Parmi ceux-ci, il faut citer :

— Le Laboratoire de Recherches Radioélectriques de Kokubunji ; c'est le principal laboratoire de recherches du Ministère des Postes et Télécommunications qui possède trois annexes, notamment à Koganei (émetteur de fréquence étalon et de signaux horaires) et à Kashima (télécommunications spatiales). On y étudie la propagation troposphérique et ionosphérique.

Nous avons aussi visité Kashima où on effectuait la poursuite de Tiros VI.

— L'Observatoire Radioélectrique de Hiraiso qui dépend du même Ministère et s'occupe des relations Soleil-Terre, avec mesures magnétiques, ionosphériques et de radioastronomie. C'est aussi un Centre d'alerte radioélectrique.

— Le Laboratoire Electrotechnique de Tanashi, qui dépend du Ministère du Commerce et de l'Industrie et étudie des étalons dans les différentes gammes d'ondes en hyperfréquences.

— L'observatoire d'Astronomie de Tokyo, à Mitaka, qui possède des radiotélescopes, radiospectromètres, radiopolarimètres et radiointéromètres.

— Le Laboratoire de Communications Electriques de la NTT (Nippon Telegraph and Telephone Public Corp) à Musashino, qui englobe tout ce qui touche aux hyperfréquences.

— Le Laboratoire de Recherches Techniques de la NHK (Nippon Hoso Kyokai), Compagnie de Radiodiffusion Japonaise, à Setegaya, où plus de deux cents chercheurs travaillent à des recherches

fondamentales en vue des techniques futures de radiodiffusion.

— La Station de Télécommunications par satellites de la KDD (Kokusai Denshi Denwa), à Takahagi.

— Le Centre de Recherches de l'Université de Nagoya qui se partage entre la radioastronomie solaire et l'étude des atmosphériques.

En outre, avec notre collègue J.C. SIMON, nous eûmes le plaisir de donner des conférences devant la Société Franco-Japonaise des Techniques Industrielles dont le siège est à l'Institut Franco-Japonais, bien connu de la plupart de mes collègues de la Faculté des Sciences.

Mon compte rendu ne serait pas complet si je ne vous disais avec quelle courtoisie et quelle gentillesse nous avons été reçus. Les Japonais ont un sens très aigu de l'hospitalité ; ils possèdent la qualité de deviner vos désirs et ceux-ci sont satisfaits avant même que vous puissiez les manifester. Beaucoup d'entre nous ont pu s'en rendre compte. Pour illustrer mon discours, je rapporterai, parmi tant d'autres, un simple exemple.

Dans tous les pays du monde, la réception de 600 participants pendant deux à trois semaines ne va pas sans anicroches. Ainsi une personne fut victime d'un menu larcin, deux autres firent une chute, l'une dans le jardin de l'Hôtel Takanawa où se tenait le Congrès, l'autre lors d'une réception à l'Hôtel Hilton. Pour effacer ce mauvais souvenir, lors de la cérémonie de clôture, le Président KOGA, en exprimant ses regrets et ses excuses, remit un magnifique cadeau à chacune des trois personnes. Pour beaucoup d'entre nous le Japon fut une révélation, tant par l'affabilité et l'originalité de ses habitants que par la douceur de ses paysages.

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

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).

Sir Ed. V. APPLETON.
L.V. BERKNER
R. BUREAU.
W.E. ECCLES.

(1963-1966)

I. KOGA

B. DECAUX.
W. DIEMINGER.
A. PROKHOROV.
S. SILVER.

E. HERBAYS.

Ch. MANNEBACK.

Président
(Secrétaires)

L. ESSEN, S. OKAMURA.
(R. WERTHEIMER, J.T. HENDERSON).

J. VOGÉ
(P. MISME, J. HERBSTREIT).

J.A. RATCLIFFE
(D. LEPECHINSKY, R.W. KNECHT).

H.G. BOOKER
(J. DELLOUE, H.E. DINGER).

Sous-Commission pour le bruit radioélectrique d'origine terrestre
A. KIMPARA.

W.N. CHRISTIANSEN
(J.L. STEINBERG, J.W. FINDLAY).

F.L. STUMPERS

P. GRIVET

(M.Y. BERNARD, W. VEITH).

Comité pour la Coopération Internationale en Géophysique

W.G. BEYNON.
(G.M. BROWN).

Comité pour les Recherches Radioélectriques dans l'Espace

S. SILVER.
(W.G. BEYNON).

Comité pour les travaux du C.C.I.R.

B. DECAUX.

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

Anciens Présidents

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).

Présidents d'Honneur

R. BUREAU.
B. DECAUX.
Ch. MAURAIN.

Président

E. VASSY.

(1962-1965)

Vice-Présidents

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

Secrétaire Général

J. VOGÉ
Secrétaire Général Adjoint
M. THUÉ

Trésorier

P. ABADIE

Commissions

Vice-Président

Président

Vice-Président

I. Mesures et Etalons radioélectriques

R. WERTHEIMER

J. UEBERSFELD

II. Radioélectricité et troposphère

J. SAXTON

J. VOGÉ

P. MISME

III. Ionosphère

C.O. HINES

D. LEPECHINSKY

F. DU CASTEL

IV. Magnétosphère

R. RIVAULT

R. RIVAULT

J. DELLOUE

V. Radioastronomie

T. HATANAKA (†)

J.F. DENISSE

E. BLUM

VI. Ondes et oscillations

H.M. BARLOW

J. LOCHARD

E. ROUBINE

K.M. SIEGEL

V.I. SIFOROV

VII Radioélectronique

R. BURGESS

P. GRIVET

M.Y. BERNARD

M. CHODOROW

Membres du Conseil

F. DU CASTEL.
E. FROMY.
G. GOUDET.
A. KASTLER.
M. LAFFINEUR.
J. LOEB.
M. PONTE.

MESURES ET ÉTALONS RADIOÉLECTRIQUES

(Commission I)

PAR

R. WERTHEIMER

*Faculté des Sciences de Lille
Président de la Commission I du CNFRS*

Présidée par le Prof. ADELBERGER la Commission a tenu cinq séances scientifiques consacrées aux sujets suivants :

— Etalons atomiques et moléculaires de fréquence et de temps,

— Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires — Mesures de fréquence — Horloges à quartz,

— Mesures et étalons radioélectriques jusqu'à 1 GHz,

— Mesures et étalons radioélectriques en hyperfréquences,

— Mesures de précision des constantes physiques au moyen des techniques radioélectriques.

La dernière séance s'est tenue en commun avec la Commission VII qui avait précédemment invité la Commission I à sa séance sur la « Physique des Masers et de Lasers ».

La charge de rédacteur scientifique a été confiée au Vice-Président R.W. BEATTY.

Etalons atomiques et moléculaires de fréquence et de temps

Introduite par un exposé du Dr ESSEN qui l'avait organisée, cette séance peut être divisée en deux parties.

La première partie est occupée par des communications sur les résultats d'expériences acquises sur les étalons atomiques. Successivement le Dr MOCKLER rend compte des essais effectués au National Bureau of Standards, le Pr SHIMODA des résultats obtenus avec des Masers et le Pr RAMSEY de ceux du Maser à hydrogène. Le Président de séance demande à chaque délégué de faire un bref résumé des résultats acquis dans les différents pays, ce que le Pr UEBERSFELD fait pour la France.

Après 8 ans d'expérience sur les jets de césium on

peut dire qu'ils permettent de définir une fréquence avec une erreur relative de $\pm 3.10^{-11}$. Les causes d'incertitude les plus difficiles à réduire sont dues à l'influence du champ magnétique (moins importantes d'ailleurs sur les appareils à jet de thallium pour lesquels l'expérience est plus récente) et l'asymétrie des deux cavités de la méthode de RAMSEY qui est universellement utilisée. Certaines expériences ont même mis en évidence une variation rapide de ce dernier effet sur un appareil fonctionnant depuis plus de deux ans (Dr MOCKLER). Bien que le spectre d'émission de la source hyperfréquence utilisée joue un grand rôle, on admet qu'il s'agit d'un effet facilement contrôlable.

Les méthodes de réglage du Maser à $N^{14}H_3$ fonctionnant sur la raie 3-2 ont été étudiées (Pr SHIMODA) et il semble que l'on puisse compter sur une reproductibilité du même ordre que pour le jet de césium (fig. 1).

La finesse de la raie de résonance du Maser à hydrogène (Pr RAMSEY) provoque un gros intérêt pour cet appareil pour lequel on ne dispose pas encore d'une grande expérience. Sa fréquence d'émission a été mesurée à $1\,420\,405\,751,800 \pm 0,028$ Hz dans l'échelle de temps atomique A_1 (fréquence de la transition 3,0 \rightarrow 4,0 du césium égale à 9 192 631 770,00 Hz). D'après le Pr RAMSEY la principale cause d'incertitude est liée à celle de la fréquence de la transition du césium.

La définition d'une unité atomique de temps avec une erreur relative de quelque 10^{-11} semble raisonnable à bon nombre des membres de la Commission bien que les comparaisons à distance au moyen des ondes myriamétriques donnent une erreur relative de l'ordre de 10^{-10} .

Tels sont les points qui servent de base à la deuxième partie de la séance, dirigée par le Dr RICHARDSON et qui a presque entièrement été consacrée à l'unité atomique de temps. En raison de la Conférence Générale des Poids et Mesures qui doit se tenir en 1964

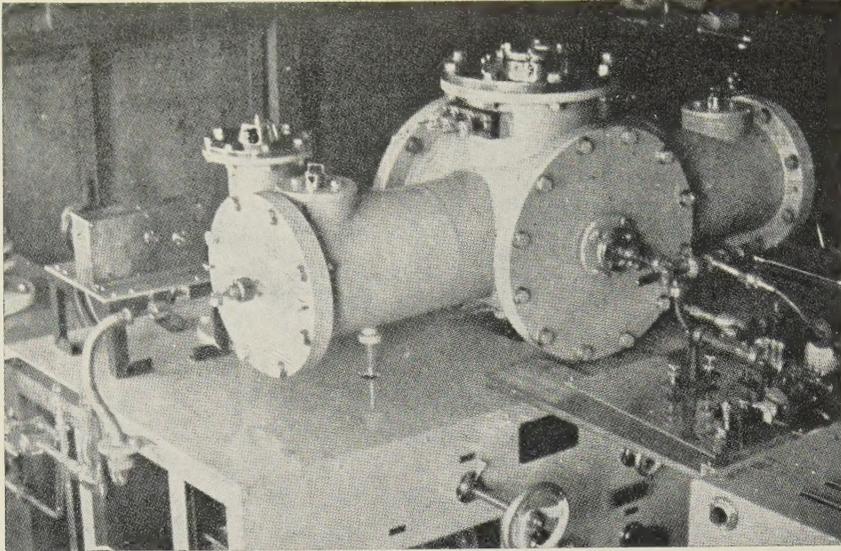


FIG. 1. — Maser à ammoniac, à double faisceau, réalisé par les Radio Research Laboratories, aux laboratoires de Kokubunji, près de Tokyo (Photo RRL).

le Pr ADELSBERGER estime qu'il est urgent que la Commission fasse une proposition précise. Les échanges de vues qui ont suivi ont abouti à la rédaction de la recommandation N° 1, où il est explicitement précisé que les émissions étalon doivent être rapportées à l'unité de temps choisie, à l'exclusion de tout décalage conventionnel révisé périodiquement.

**Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires.
Mesures de fréquences. Horloge à quartz**

M. ÅBOM qui dirige la séance ayant distribué son exposé introductif la veille, propose de le discuter après que la Commission ait entendu les conférenciers invités.

On entend M. MORGAN, le Dr MOCKLER et le Dr ESSEN sur les résultats des comparaisons des échelles de temps atomiques qui sont radiodiffusées de façon permanente. La comparaison des origines

de ces échelles a donné lieu à de nombreux travaux : transport aérien d'horloge atomique, comparaison par l'intermédiaire de la chaîne Loran C ou par Telstar. L'intensification de cette campagne sur une plus large échelle internationale est éminemment souhaitable, car les résultats acquis conduisent à penser que les origines d'horloges éloignées peuvent être comparées avec une précision de l'ordre de la microseconde.

Cette précision est supérieure d'environ deux décimales à celle de la définition de l'origine du Temps en chaque point.

Bien que la définition d'un temps atomique ait été envisagée, la Commission s'est arrêtée à une solution plus souple qui répond aux impératifs de certaines expériences (spatiales ou astronomiques). Cette position, qui est traduite par la Recommandation N° 2, est en particulier susceptible de conduire à une définition précise du Temps Atomique.



FIG. 2. — Salle des émetteurs à la station JJY de Koganei, près de Tokyo (Photo RRL).

Avec la description, par le Pr ADELSBERGER, d'un appareillage automatique pour la comparaison des fréquences et des intervalles de temps, s'ouvre la seconde partie de cette séance.

Les mesures précises des fluctuations à court terme des oscillateurs usuels supposent des comparaisons sur des multiples de rang élevé des fréquences étudiées. Les imprécisions introduites par les chaînes de multiplication ou par les servomécanismes à verrouillage de phase jouent un rôle fondamental dans ces mesures. Ce problème est très largement discuté à la suite de l'exposé du Dr UYEDA qui lui est consacré.

Une visite a été organisée aux laboratoires de Koganei, près de Tokyo, où se trouvent les émetteurs JJY de fréquences étalon et de signaux horaires (fig. 2).

Mesures et étalons radioélectriques jusqu'à 1 GHz

M. SELBY organisateur de cette séance fait un résumé du rapport introductif très complet. Depuis la dernière Assemblée il est évident que des investissements importants ont été faits dans ce domaine aux Etats-Unis, en Union Soviétique, en Grande-Bretagne et au Japon. Dans ce dernier pays nous avons pu constater l'importance des moyens mis en œuvre dans les laboratoires que nous avons visités.

Tous ces efforts conduisent vers une normalisation des grandeurs et des moyens de mesure, qui risque d'avoir des incidences importantes sur la commercialisation des produits des industries électroniques. Toutes les recommandations prises par la Commission I sont nettement imprégnées de cette tendance.

Sur le plan technique la notion de température équivalente de bruit se substitue de plus en plus à celle de facteur de bruit, elle est plus adaptée à la caractérisation des récepteurs modernes et évite toute confusion dans le cas des récepteurs multicanaux.

Le Pr OKAMURA a commenté un tableau de résultats

de comparaisons internationales sur les mesures de puissance à 400 MHz.

Le Dr HOLLWAY a parlé de la mesure précise des affaiblissements.

Le Dr POSEL a fait une communication sur des mesures dynamiques d'impédances rapidement variables.

Le Dr OLIVER a décrit une méthode d'étude des lignes coaxiales employant un échelon unité à faible temps de montée.

Le Pr CARASSA a résumé les résultats acquis en Italie, sur les performances des appareils commerciaux de mesure de puissance, sur le temps de propagation de groupe des ondes modulées et sur un nouveau principe de magnétomètre à résonance nucléaire pour la mesure du champ terrestre.

La dernière communication de cette séance, celle de M. WOODS, concerne les équipements et les techniques de mesure sur ligne coaxiale pour des fréquences inférieures à 4 GHz.

Mesures et étalons radioélectriques en hyperfréquences

Présidée et introduite par M. R.W. BEATTY cette séance suggère les mêmes remarques générales que la précédente.

Du point de vue technique il faut noter les progrès de la métrologie dans le domaine des longueurs d'onde voisines du millimètre et une extension sérieuse de la gamme des hyperfréquences avec la mesure des puissances d'émission des Lasers.

Le Pr CULLEN décrit une méthode de mesure de puissance basée sur la détermination du moment cinétique d'une onde polarisée circulairement.

Le Pr OKAMURA expose les progrès qui ont été réalisés au Japon dans le domaine des étalons et des mesures (fig. 3).

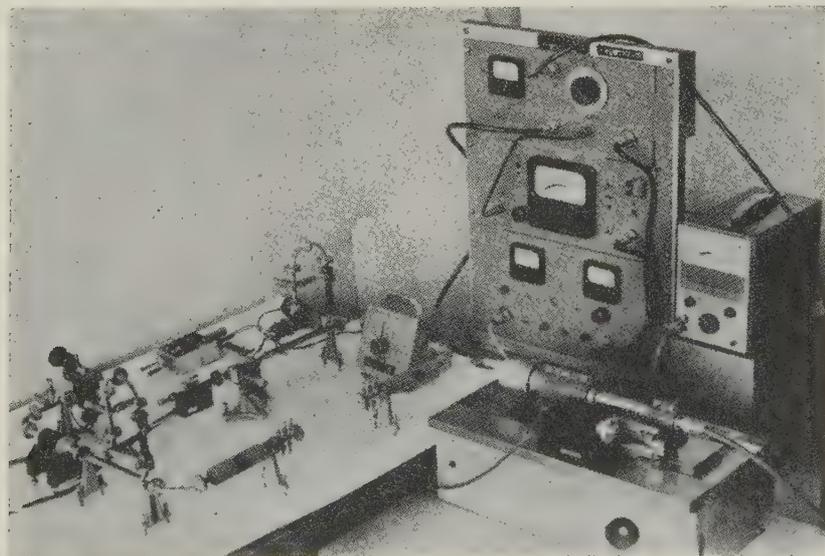


FIG. 3. — Banc de mesure d'affaiblissement en ondes millimétriques au Laboratoire Electrotechnique à Tanashi près de Tokyo (Photo Electrotechnical Laboratory).

M. ENGEN fait une communication sur les erreurs propres aux appareils de mesure de puissance à deux bolomètres.

Le Dr FELLERS fait une communication générale sur les mesures en ondes millimétriques et décimillimétriques et M. LUNBOM termine la première partie de cette séance par un panorama du travail accompli en Scandinavie.

La seconde partie de la séance dirigée par le Pr OKAMURA est consacrée aux discussions des communications présentées dans la première partie.

Pour préciser les progrès accomplis depuis la 13^e Assemblée Générale disons que les comparaisons de puissance dans les bandes usuelles se font à une précision qui est passée de 2 % à 1 %. Notre attention a également été attirée par le développement de sources de bruit étalon dont nous avons vu des réalisations dans les laboratoires japonais que nous avons visités.

Mesures de précision des constantes physiques au moyen de techniques radioélectriques

Cette séance, commune avec la Commission VII, est placée sous la direction du Pr GRIVET, qui a invité trois conférenciers.

Le Dr BENDER parle de l'application du Laser à la mesure des distances dont la grandeur est à l'échelle intermédiaire par rapport aux échelles astronomiques et microscopiques. Il pose en particulier le problème de la mesure de la vitesse de la lumière dans le vide c et surtout celui de son choix comme grandeur de base, à la place par exemple de l'unité de longueur. Dans la discussion qui suit, le Pr GRIVET pose la question des mérites respectifs de la mesure de c à l'aide de Lasers ou d'interféromètres hyperfréquences. Le Dr ESSEN pense qu'il est difficile d'y répondre, mais que quel que soit le moyen technique l'erreur relative sur c doit pouvoir passer de 3.10^{-7} à 5.10^{-8} dans un avenir assez proche.

Le Dr PROKHOROV compare les résultats que l'on peut obtenir dans la mesure de la distance terre-lune en utilisant soit un Laser à impulsion soit un Laser à émission continue modulée en amplitude. La discussion qui suit porte sur le choix de la fréquence de modulation ainsi que sur l'influence de l'atmosphère sur les dimensions de la zone lunaire éclairée.

Le Dr YAPLEE expose une méthode pour la mesure de la distance entre le centre de la terre et celui de la lune. Cette méthode repose sur des mesures faites avec un radar à impulsions de $2 \mu s$ fonctionnant à 10 cm de longueur d'onde.

Après un échange de vues entre le conférencier et un certain nombre de membres de la Commission, il est apparu que les résultats de ces dernières mesures n'apporteraient aucune amélioration à la valeur de c .

Pour terminer la séance, le Pr ADELSBERGER reprend la Présidence pour la lecture des recommandations de la Commission, dont on trouvera le texte en Annexe.

ANNEXE

Recommandation I.1

L'Union Internationale de Radioélectricité Scientifique, considérant que certaines mesures physiques exigent une précision de la mesure du temps que seul un étalon atomique peut fournir, recommande que les résultats de telles mesures soient exprimés en fonction d'une unité atomique.

Il est de plus recommandé qu'une unité atomique d'intervalle de temps soit adoptée aussitôt que possible par la conférence générale des Poids et Mesures. L'unité adoptée devrait être basée sur la transition atomique que le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde considère comme la plus satisfaisante à l'heure actuelle ; on suggère que cette question puisse être réexaminée ultérieurement, car certaines techniques sont développées dans le but d'adopter des transitions susceptibles d'être utilisées avec une précision plus grande. L'adoption d'une nouvelle transition ne changera pas les valeurs des transitions adoptées antérieurement, dans les limites de la précision avec laquelle elles ont été évaluées.

De plus, étant donné la confusion causée par le décalage volontaire de la fréquence aux émissions de fréquences étalon, il est recommandé que, lorsqu'une unité atomique aura été adoptée officiellement, des émissions de fréquences étalon soient effectuées sans décalage.

Une copie de cette recommandation doit être communiquée par le secrétaire général au B.I.P.M., au C.C.I.R. et à l'U.A.I. dès que possible.

Recommandation I.2

Etant donné :

a) que des étalons atomiques de fréquences ont été utilisés pour définir une unité de temps avec une précision de l'ordre de 10^{-11} par rapport à une transition atomique.

b) que l'intégration des fréquences atomiques a été réalisée expérimentalement dans le but d'établir des échelles de temps atomique.

c) qu'une origine unique du temps atomique, à partir de laquelle l'occurrence d'un événement ou un instant quelconque pourraient être repérés, présenterait un intérêt scientifique important, spécialement pour des expériences et des observations de longue durée.

d) que pour les mesures physiques, il est nécessaire de mesurer des intervalles de temps d'une durée quelconque par rapport à une échelle commune à tous les observateurs,

il est par conséquent recommandé :

1) que soient établies des échelles de temps atomique en liaison avec les étalons atomiques de fréquence nationaux.

2) que les origines de ces échelles l'une par rapport à l'autre, soient déterminées avec toute la précision permise par l'état de nos connaissances présentes (actuellement de l'ordre de une microseconde).

3) que les différences de temps résiduelles entre ces échelles soient déterminées régulièrement.

Une copie de cette recommandation doit être communiquée par le Secrétaire Général au B.I.P.M., au C.C.I.R. et à l'U.A.I. dès que possible.

Recommandation I.3

Recommandation au Comité International des Poids et Mesures concernant l'extension de son activité à toutes les fréquences radioélectriques (ainsi que cela figure dans le procès-verbal de la réunion du Comité consultatif d'Electricité, et est publié dans le « Comité International des Poids et Mesures, Procès-verbaux des Séances 2^e série, Tome 29, 50^e session, 1961, 9-12 octobre » et les procès-verbaux de la 10^e réunion du Comité Consultatif d'Electricité, 2 et 3 mai 1963).

La XIV^e Assemblée Générale de l'URSI assure le Comité International des Poids et Mesures de son appui total en ce qui concerne son étude sur les moyens propres à développer l'accessibilité d'étalons pour les grandeurs électromagnétiques à toutes les fréquences.

Une copie de cette résolution doit être communiquée par le secrétaire Général au B.I.P.M. dès que possible.

Recommandation I.4

Recommandation concernant une résolution antérieure de la Commission I sur la précision de mesure des grandeurs électroniques.

Dans le but de compléter les Résolutions n° V et n° IV prises par la Commission I de l'URSI, aux XII^e et XIII^e Assemblées Générales respectivement le Président de la Commission I demande aux Comités Nationaux de lui soumettre une liste écrite des grandeurs et gammes de fréquences radioélectriques intéressantes et présentement utilisées, ou dont l'emploi est prévu au cours des cinq prochaines années. La précision des mesures et celle des étalons nationaux sera, si possible, indiquée sur cette liste.

Recommandation I.5

Considérant les progrès qui ont résulté des comparaisons internationales d'étalons de mesure de puissance, il est recommandé aux pays membres de poursuivre des comparaisons entre les étalons nationaux les plus perfectionnés, et de les étendre à d'autres grandeurs radioélectriques et à d'autres gammes de fréquences. Ces comparaisons doivent être encouragées, et, si possible, coordonnées par les Présidents des Commissions I des Comités Nationaux des pays intéressés. Les Présidents des Comités Nationaux rendront compte au Président International des résultats obtenus.

Enfin, pour éviter une dispersion des efforts scientifiques, il est recommandé que les moyens de mesure dont dispose un pays soient accessibles aux autres pays membres qui les demanderaient.

Recommandation I.6

La Commission I se préoccupe du fait que les équipements de mesure précise des fréquences radioélectriques utilisant des lignes coaxiales, qui sont actuellement mis au point dans différents pays, font appel à des connecteurs non interchangeables.

La Commission I recommande à la Commission Electrotechnique Internationale d'étudier le problème de l'interconnexion de ces équipements en vue d'obtenir un accord international.

1) sur une valeur normalisée pour l'impédance caractéristique et pour le diamètre intérieur du conducteur extérieur, diamètre compris entre 12 et 24 mm, et

2) sur des dispositifs normalisés pour l'interconnexion des équipements, sans recourir à des adaptateurs.

Une copie de cette recommandation doit être communiquée par le Secrétaire Général à la Commission Electrotechnique Internationale, dès que possible.

RADIOÉLECTRICITÉ ET TROPOSPHÈRE

(Commission II)

PAR

P. MISME

*Ingénieur de la Météorologie détaché au CNET
Chargé du G.E.R.M., Secrétaire de la Commission II
de l'U.R.S.I.*

L'ordre chronologique des sujets étudiés au cours des 6 séances scientifiques organisées par la Commission II correspond à un enchaînement logique, aussi on le respectera dans l'exposé ci-dessous.

Modèles

Cette première réunion avait pour objet d'examiner et de discuter les différents modèles d'atmosphère utilisés par les théoriciens mais compatibles avec la physique météorologique. De plus il était intéressant d'étudier les modèles qui pouvaient être déduits des observations radioélectriques.

Des aspects théorico-expérimentaux de la turbulence traités à la 6^e séance se rattachent de fait à ces sujets ; on les examinera ici. Cette séance a été la plus chargée et la discussion s'est prolongée au cours de nombreuses autres réunions. BREMMER a dressé une liste générale des modèles utilisés par les théoriciens et des caractéristiques physiques correspondantes, puis a exposé sommairement l'aspect mathématique qui se déduit de chaque modèle. Le tableau ci-contre permet de résumer cette question.

L'exposé suivant de MISME était consacré aux modèles qui peuvent être déduits de la physique atmosphérique. On a commencé par rappeler que l'établissement d'un modèle était fonction de l'usage pour lequel il était prévu. A quelques exceptions près pour les pays intertropicaux, un modèle exponentiel de l'indice de réfraction en fonction de l'altitude est physiquement acceptable pour les problèmes de réfraction. C'est un cas particulier du modèle 1 du tableau ci-contre.

Lorsque l'on envisage les questions de propagation à grande distance, il est important de connaître les caractéristiques de l'atmosphère, mais aussi l'importance qu'on leur donnera, afin de ne conserver dans le modèle définitif que les paramètres dont la valeur présente de l'intérêt. Ce qui a été dit à propos du modèle 3 montre que, s'ils existent, on ne saurait passer sous silence l'existence de feuillets. Différents arguments relatifs à l'écoulement des fluides ont déjà

été exposés en faveur de la coexistence de zones turbulentes et de feuillets quasi horizontaux à écoulement plus ou moins laminaire. Une étude plus poussée du rôle du bilan radiatif de l'atmosphère est une raison supplémentaire d'accepter la présence de ces feuillets. De plus, la théorie de turbulence dite du « gradient de mélange » suggère que les zones de turbulence soient limitées par des frontières à fortes variations d'indice de réfraction (fig. 1).

Au cours d'une séance consacrée aux questions diverses, BOLGIANO a eu la possibilité de traiter les divers aspects de la turbulence. Il a insisté sur l'anisotropie, qui n'apparaît pas comme un perfectionnement mais comme une nécessité imposée par la mécanique des fluides. En acceptant le modèle 2 comme modèle unique, BOLGIANO montre que les caractéristiques de l'enregistrement permettent de calculer différents paramètres liés à la turbulence.

BROCKS a alors présenté les modèles qui découlent de la mesure de l'indice de réfraction de l'air, en insistant sur le conduit atmosphérique que l'on rencontre en quasi permanence au-dessus de la mer et qu'il appelle le « conduit d'évaporation ». Il montre aussi l'utilité du nombre de Richardson comme paramètre permettant d'apprécier l'état de stabilité et de feuilletage de l'atmosphère. Enfin BROCKS reprend les mesures faites par SAXTON puis LANE à l'aide d'un radar pointé verticalement.

Il appartenait à EKLUND de traiter les modèles d'atmosphère qui se déduisent de la propagation pour des liaisons transhorizon de préférence. Cet auteur s'est surtout attaché à décrire les méthodes et les résultats obtenus dans le cas des couches importantes et de la turbulence généralisée, en notant de plus quelques interprétations météorologiques des « anges ».

Radioclimatologie

DU CASTEL a examiné les résultats récents qui conduisent à considérer l'aspect complexe des processus intervenant dans la propagation transhorizon. Il propose un classement des phénomènes observés en

Caractéristiques physiques	Modèles d'atmosphère Interprétations radioélectriques	Principaux auteurs
1. Atmosphère parfaitement stratifiée*	L'indice de réfraction est une fonction de l'altitude	BREMMER, LOGAN (on démontre qu'il est impossible d'expliquer les champs à grandes distances à l'aide de ce modèle**).
2. Atmosphère turbulente dont les « bulles » peuvent diffuser de l'énergie indépendamment les unes des autres	On en déduit la fonction d'auto-corrélation des variations d'indice dans une bulle pour les trois dimensions de l'espace et l'indicatrice de diffusion de l'énergie dans les trois dimensions	BOOKER ET GORDON, VILLAR ET WEISSKOPF, WHEELON, NORTON
3. Atmosphère feuilletée. Le feuillet a des dimensions horizontales finies et une épaisseur faible devant sa longueur. Les feuillets sont séparés par une atmosphère du type 2	Le gradient d'indice de réfraction subit une variation brusque sur la verticale. Pour un éclaircissement donné (par un émetteur) on déduit la surface équivalente du feuillet et l'ouverture du cône contenant les rayons réfléchis	DU CASTEL, MISMÉ, VOGÉ ET SPIZZICHINO
4. Atmosphère turbulente dans laquelle on ne prend pas en considération l'individualité des « bulles » [caractéristiques différentes de 2]	On en déduit directement l'indicatrice de diffusion	AMENT, BUGNOLO
5. Atmosphère pouvant contenir des irrégularités quelconques non spécifiées	On ignore les problèmes de diffusion et de réflexion et on ne traite que les perturbations de phase	ROBIEUX

* CARROLL et RING semblent utiliser un modèle semblable mais de fait introduisent une discontinuité du premier ordre dans la répartition verticale de l'indice.

** On doit ajouter qu'au cours d'une séance commune avec la Commission VI BREMMER a repris certains des aspects théoriques qui découlent de l'adoption des modèles 2 et 3 et introduit ainsi ce qu'il appelle la diffusion à 3 dimensions (modèle 2) ou la diffusion à 2 dimensions (modèle 3). Il montre que les conditions ne sont pas identiques.

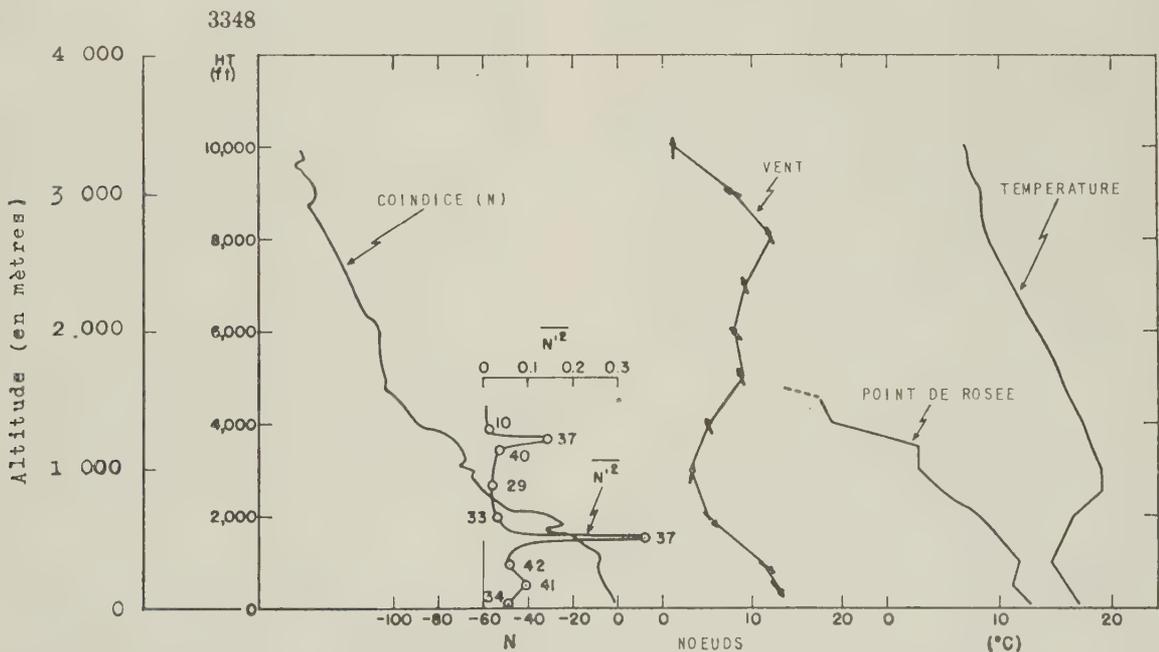


FIG. 1. (D'après E. GOSSARD, Jour. of Geoph. Res. 65, 10, oct. 1960, page 3348) Mise en évidence des feuillets. $\overline{N^2} = \Delta N^2$ où N est le coïndice de réfraction. La moyenne est étendue sur une épaisseur assez faible. Une étude plus détaillée montre que des feuillets stables ($\overline{N^2} \approx 0$), probablement à écoulement laminaire, sont situés au-dessus des zones de forte turbulence. On notera ici que cette structure de l'atmosphère est plus proche du modèle n° 3 de BREMMER que les autres.

fonction des processus mis en jeu (diffusion turbulente, réflexion partielle sur feuillet, guidage troposphérique). A partir de ces remarques est esquissée la voie qui pourrait conduire à une étude scientifique des influences climatiques. On a signalé dans ce rapport la différence qui pourrait exister entre l'étude de paramètres d'exploitation directement liés au calcul des faisceaux hertziens et celle de paramètres de recherche dont la connaissance serait utile à une meilleure compréhension des phénomènes physiques. DU CASTEL a également exposé des résultats encore fragmentaires obtenus par BOITHIAS sur la diminution de gain des antennes à très faible ouverture.

Dans l'exposé suivant, SAXTON a présenté une revue très documentée sur les différents paramètres radiométéorologiques actuellement utilisés. Dans toute la mesure du possible, l'auteur a essayé de faire œuvre de synthèse et de montrer comment des paramètres qui semblent a priori différents obéissent aux mêmes principes physiques. Cependant quelques difficultés subsistent dans la recherche d'un paramètre simple.

Radar à usage de la météorologie

MARSHALL, Président du Comité Inter-Union de Radiométéorologie (URSI - UGGI) a brièvement résumé les travaux de ce Comité et exposé les résolutions prises à l'occasion de la réunion de Berkeley.

ATLAS présentait une revue des récents progrès de la mesure par radar de certains paramètres météorologiques. On notera de gros efforts théoriques et expérimentaux afin de mesurer la section droite des grêlons ainsi que de déterminer leur nature exacte (glace pure ou glace et eau). Une grande place est donnée à l'utilisation de l'effet Doppler pour mesurer les diamètres des gouttes d'eau, leur distribution et le taux de précipitation. On peut aussi atteindre par cette méthode la connaissance des mouvements verticaux de l'air.

IMAÏ ensuite s'étend plus particulièrement sur le développement de toutes ces techniques au Japon. De très nombreux radars sont en service et les études se poursuivent, aussi bien du point de vue de l'exploitation météorologique que de celui d'une meilleure analyse de la physique des phénomènes rencontrés.

KODOIRA a plus spécialement insisté sur le développement de l'appareillage et le choix des longueurs d'onde appropriées à ces études (fig. 2). On notera l'importance qui est donnée aux longueurs d'onde de 0,86 cm pour l'étude des précipitations.

Propagation et télécommunications spatiales

NORTON a présenté le rôle de la réfraction dans les liaisons avec les engins spatiaux. A l'aide d'une présentation nouvelle, il a rappelé que l'indice de réfraction au sol présentait une variation diurne et une variation saisonnière.

HOGG a traité ensuite de l'absorption et du bruit. Il note très justement qu'un choix soigné des fréquences permet de se libérer en partie de l'absorption. De plus, l'emplacement des stations terrestres en altitude ou dans des zones sèches limite les effets de

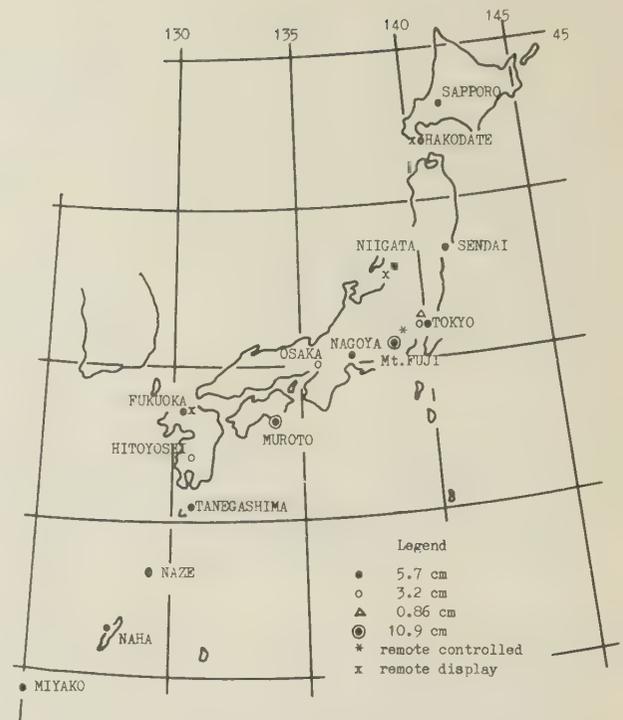


FIG. 2. (d'après NOBUHIKO KODOIRA). Réseau de radars météorologiques du Japon. Remote controlled : télécommande ; Remote display : téléaffichage.

l'absorption par la vapeur d'eau ou la pluie. Au contraire le bruit reste une gêne continuelle et limite souvent les possibilités de réception. Le rôle d'un radome en particulier est étudié : cette construction, utile à plus d'un point de vue, est une source de bruit et d'absorption lorsqu'elle est recouverte d'un mince film d'eau par la pluie. L'effet de la neige n'a pas été calculé mais il doit être important.

Influence des terrains irréguliers sur la propagation

HERBSTREIT était chargé de cette question. Des travaux de laboratoire mettent parfaitement en évidence pour la propagation le rôle des variations de conductivité des sols. Le problème est plus délicat sur des terrains où se mêlent la diffraction par des obstacles de formes et de nature quelconques et les variations des conditions aux limites. Cet exposé très bien documenté est une source de bibliographie importante sur des sujets peu étudiés en France.

GROSSKOPF a étudié un problème similaire en apportant le résultat de nombreuses mesures correspondant à des terrains de qualités très différentes : neige ou cultures nommément désignées à des périodes différentes de l'année. Là aussi de nombreuses références aideront le lecteur peu familiarisé avec ces problèmes.

Divers

STRAITON au cours de cette séance a abordé le problème toujours nouveau de la propagation des ondes millimétriques. L'absorption à ces fréquences par différents gaz suscite des méthodes de mesure variées ; il semble bien que cette gamme du spectre ne soit pas encore parfaitement connue et on se heurte souvent aux difficultés de détermination des para-

mètres météorologiques, tels que le diamètre des gouttes d'eau ou les taux de précipitation.

Conclusions

La simple lecture des lignes ci-dessus n'est probablement pas suffisante pour avoir une idée générale de ces sciences. Plusieurs points sont à noter :

1) En général les conférenciers ont suivi les directives de l'URSI en présentant chacun un « exposé introductif » en vue de préparer la discussion, cependant cette qualité générale a souffert quelques exceptions.

2) Les sujets auxquels s'intéresse la Commission II sont en voie d'évolution rapide et la tendance actuelle est de s'éloigner peu à peu des questions de propagation transhorizon, bien que le sujet ne soit pas épuisé, au bénéfice des études de tous les milieux non ionisés de l'espace.

Il semble que c'est dans cette Commission que l'on abordera l'étude des atmosphères planétaires, y compris celle de la Terre, et du sol lunaire. De la même façon la propagation de la lumière cohérente et ses relations avec le milieu de transmission, atmosphère réelle ou simulée, y seront traitées ; une résolution a été prise dans ce sens.

IONOSPHERE

(Commission III)

PAR

D. LEPECHINSKY

Ingénieur au Commissariat à l'Energie Atomique

1. Introduction

La Commission III a tenu 8 réunions scientifiques. La participation à ces réunions a été particulièrement importante, reflétant l'accroissement sensible du nombre des délégués à cette Assemblée Générale. Les séances de la Commission III ont été présidées par M. J.A. RATCLIFFE (Royaume Uni), réélu président de la Commission, et occasionnellement par le Dr O.C. HINES (Canada). Elles ont été consacrées aux sujets suivants :

- 1) Rayonnements ionisants et constitution de l'atmosphère.
- 2) L'ionosphère et les recherches spatiales (session conjointe avec les commissions III et IV).
- 3) Le géomagnétisme et l'ionosphère.
- 4) Répartition électronique dans l'ionosphère (session conjointe avec les commissions III et IV).
- 5) Les années du soleil calme et l'ionosphère (discussion des programmes).
- 6) Répartition électronique dans l'ionosphère (suite).
- 7) Les irrégularités dans l'ionosphère.
- 8) Ondes guidées dans la troposphère et l'ionosphère (session conjointe avec les commissions II et IV, organisée par la commission IV)*.

Enfin la commission III a entendu un exposé du Dr L.V. BERKNER (Etats-Unis) sur l'histoire de la croissance de l'oxygène dans l'atmosphère terrestre et les « paléo-atmosphères ».

Selon les dispositions arrêtées par le Comité de Coordination de l'U.R.S.I., chacune des sessions a été ouverte par une communication dite « invitée »

passant en revue les résultats expérimentaux et théoriques les plus importants acquis dans le domaine considéré depuis la dernière Assemblée Générale.

Différents orateurs ont ensuite pris la parole soit pour préciser certains points particuliers, soit pour présenter des résultats nouveaux. Ces interventions ont été soumises à une entente préalable avec le président de la commission qui a dû faire un choix parfois délicat, mais nécessaire pour ne pas dépasser le cadre du sujet ni la durée possible des séances. Une réunion supplémentaire a dû être organisée pour entendre de nouveaux exposés sur la répartition électronique dans l'ionosphère. Notons que d'importantes questions telles que les vents et l'absorption ionosphériques n'ont même pas figuré au programme des réunions de Tokyo, qui pourtant s'est trouvé fort chargé. Cela témoigne de l'ampleur prise par les études ionosphériques et de la nécessité de colloques internationaux pour assurer une coopération efficace entre les organismes de recherche des nombreux pays qui participent actuellement à ces études.

Sans prétendre faire ici un exposé complet des séances de travail de la Commission III, nous nous efforcerons de donner un aperçu des points qui nous ont paru les plus intéressants tant par leur côté expérimental que théorique. Nous parlerons d'abord des rayonnements ionisants et de la constitution de l'atmosphère, en nous étendant ensuite davantage sur l'ionosphère et les recherches spatiales puis sur la répartition de l'ionisation en altitude. Nous aborderons alors la question du géomagnétisme et de l'ionosphère qui semble entrer dans un nouveau stade de spéculations théoriques grâce aux récentes données des satellites. Enfin, après quelques indications sur la séance consacrée aux irrégularités ionosphériques nous donnerons un aperçu de l'exposé du Dr L.V. BERKNER sur les paléo-atmosphères. On trouvera en annexe les résolutions adoptées par la Commission III à l'issue de l'Assemblée.

* Pour le compte rendu de cette séance, voir « Guidage des ondes », par F. DU CASTEL.

2. Les rayonnements ionisants et la composition de l'atmosphère

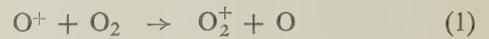
L'exposé introductif est fait par le Dr H. FRIEDMAN (U.S. Naval Research Laboratory, Washington, Etats-Unis) bien connu par ses études du spectre solaire au moyen de fusées et satellites. Il rappelle que le problème consiste à déduire des mesures de l'intensité du rayonnement solaire, sur diverses longueurs d'ondes et à diverses altitudes, les processus responsables de la structure observée de l'ionisation, pour un modèle d'atmosphère neutre donné. Grâce à la technique mise au point récemment, des mesures qualitatives et quantitatives ont pu être faites par fusées à de très hautes altitudes. Le spectre des raies d'émission est maintenant connu avec une bonne résolution jusqu'à 45 Å, c'est-à-dire bien au-delà de la limite d'environ 3 000 Å imposée au sol par l'absorption atmosphérique. Un spectromètre X à cristal utilisé tout récemment a d'autre part permis de déterminer l'allure des raies depuis la limite extrême jusqu'à 25 Å environ. Le « trou » restant à combler n'est donc plus que d'une vingtaine d'angströms. Par contre, les valeurs des flux d'énergie sont presque toujours assez incertaines. A cet égard le satellite OSO-1 lancé par la N.A.S.A. (National Aeronautics and Space Administration, Etats-Unis), constitue un progrès important, puisqu'il permet des mesures continues de ces flux d'ailleurs essentiellement variables dans le temps. Ainsi pour les rayons X (au-dessous de 100 Å) l'intensité du rayonnement en fonction de l'activité solaire varie d'un facteur 7 au voisinage de 50 Å, d'un facteur 70 vers 12 Å et d'un facteur 300 vers 8 Å. Durant les fortes éruptions chromosphériques, le flux total dans la région X s'accroît jusqu'à 5 fois sa valeur normale. Le flux ultra-violet est également variable mais il suit d'assez près la structure des plages visibles à la surface du soleil. On sait maintenant que le rayonnement U.V., responsable de l'ionisation de la région F de l'ionosphère provient des filaments chromosphériques qui n'occupent pourtant qu'un pour cent du disque solaire. Les rayons X de 40 à 100 Å seraient émis par des condensations de la couronne surplombant les « plages » ; ceux d'une dizaine d'angströms par des noyaux très localisés de ces condensations.

Quant à l'interaction du rayonnement solaire avec l'atmosphère terrestre, elle ne peut être élucidée que moyennant la connaissance, en plus des flux, des coefficients d'absorption atmosphériques. Or la plupart de ceux-ci ne sont connus que théoriquement et de nombreux travaux de laboratoire restent à faire en particulier avec des sources à fond spectral continu.

La détermination de la densité des neutres au-dessus de 200 km a pu être faite avec assez de précision par des mesures de décélération des satellites. Par contre, aux altitudes inférieures, les données fournies par fusées sont encore peu sûres. La spectrométrie de masse de l'atmosphère neutre a montré que la molécule O₂ reste présente à des altitudes très supérieures à 100 km et forme un important constituant de la région F2. Cette spectrométrie a d'autre part révélé les abondances relatives des ions O⁺, O₂⁺, NO⁺, N₂⁺, N⁺, H⁺, He⁺, Mg⁺ et Ca⁺ au-dessus de

100 km. Les ions NO⁺ dominent dans la région E et s'étendent jusqu'à F. Les ions N₂⁺ et N⁺ ne sont que des constituants mineurs, trouvés surtout dans la région F.

Les ions H⁺ et He⁺ ne sont relativement abondants qu'au-dessus du maximum de F. En ce qui concerne les processus de déionisation, dont la connaissance est indispensable pour comprendre le mécanisme de formation des couches ionosphériques, on sait qu'ils sont en général à phases successives pouvant impliquer l'échange de charge, la photo-recombinaison, la recombinaison dissociative, l'attachement ou le détachement électronique, etc. Parmi les réactions les plus probables dans l'ionosphère on peut citer les suivantes :



Les estimations théoriques du taux d'échange de charge (1) sont de l'ordre de 10⁻¹² à 10⁻¹³ cm³ s⁻¹ alors que les mesures actuelles de laboratoires fournissent de 10⁻¹⁰ à 2.10⁻¹² cm³ s⁻¹. Une incertitude du même ordre existe sur les mesures concernant la réaction (2). Les toutes récentes données de laboratoire pour la recombinaison dissociative de O₂⁺, N₂⁺, NO⁺ sont d'environ 10⁻⁷ cm³ s⁻¹ ; pour NO⁺ cette valeur est de 2 ordres de grandeur plus forte que celle admise dans les études théoriques. Notons encore que la réaction (6) est susceptible de rendre compte de la rareté de l'ion N₂⁺ révélée par les spectromètres de masse.

On peut affirmer aujourd'hui que la formation] des diverses couches ionisées s'explique comme suit :

— Pour la région D, l'ionisation serait essentiellement produite par l'action du rayonnement Lyman α (1216 Å) sur l'oxyde nitrique NO. Ce rayonnement ne peut en effet ioniser les constituants majeurs : O₂, N₂ et O ; le flux des rayons X de moins de 10 Å atteignant la région D est suffisant pour y constituer une source d'ionisation secondaire, fortement variable avec le cycle solaire. Les rayons cosmiques peuvent également y intervenir. L'énergie du rayonnement Lα varierait dans D de 6 ergs à 3 ergs cm⁻² s⁻¹ entre le maximum et le minimum d'activité.

— La région E serait produite par plusieurs processus : (a) photoionisation de O₂ par le rayonnement Lyman β (1025 Å) et la région au-delà de 910 Å ; (b) photo-ionisation de la même molécule par le continuum de Lyman λ < 910 Å, pénétrant jusqu'à 120 km par les fenêtres du spectre d'absorption de N₂ ; (c) rayons X entre 10 et 100 Å ; (d) ionisation météorique. L'ion NO⁺ est le plus abondant de cette région — il semble provenir de l'ion N₂⁺ dont la formation à cette altitude n'est possible que par les

rayons X. Il faut noter que l'action de $L\beta$ seul sur la molécule O_2 devrait conduire à une couche mince à la base de la couche E observée.

— La région F_1 serait formée essentiellement par le continuum de Lyman et la région du spectre entre 200 et 350 Å, comprenant l'intense raie de résonance de HeII (304 Å). Les ions dominants y sont NO^+ et O^+_2 aux basses altitudes de la région, l'ion O^+ devenant prépondérant vers 200 km. La déionisation y semble contrôlée par un processus intermédiaire d'échange de charge entre atomes et molécules d'oxygène.

— La région F_2 serait formée par les mêmes bandes spectrales avec une contribution supplémentaire de la bande de 450 à 650 Å. Le maximum de F_2 s'expliquerait par un ralentissement des mécanismes de déionisation avec l'altitude. L'ion dominant y est O^+ avec 10 % environ de N^+ . Le coefficient de recombinaison apparent au voisinage du maximum est d'environ $10^{-10} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$. Aux altitudes supérieures de F_2 les protons dominent par suite d'un échange de charge avec O^+ . La concentration en protons semble décroître en raison inverse du cube de l'altitude.

En ce qui concerne l'ionisation d'origine corpusculaire, notons que le satellite Sputnik III a enregistré des flux d'électrons (d'environ 10 keV) dépassant $100 \text{ ergs cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ vers 1900 km d'altitude ; leur énergie pourrait donc atteindre $1 \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ vers le maximum de F_2 . D'autre part des flux de l'ordre de quelques $10^{-2} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ont été observés entre 70 et 100 km par des fusées de l'U.R.S.S. Toutefois il est peu probable que les flux corpusculaires aient en moyenne une intensité supérieure à 1 % du flux U.V. et X du soleil, vu l'absence habituelle dans le spectre du ciel nocturne de certaines émissions de type auroral, et qu'en conséquence ces flux puissent contribuer sensiblement à l'ionisation normale de la haute atmosphère.

Notons enfin qu'il est maintenant certain que les éruptions chromosphériques sont accompagnées d'une intense émission de rayons X (2 à 8 Å) agissant sur la région D. Lorsque leur flux dépasse le seuil de $2 \cdot 10^{-3} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, des PIDB sont toujours observées. C'est aussi le cas lors d'apparitions de protubérances solaires. L'émission X semble donc être un phénomène étroitement associé à l'activité solaire.

Le professeur M. NICOLET parle ensuite de la température et de la composition de l'atmosphère neutre. Il rappelle que le rayonnement radioélectrique solaire dans la bande de 3 à 30 cm et en particulier aux environs de 10 cm constitue un excellent indice d'activité solaire, pouvant représenter correctement les variations du flux U.V. responsable du chauffage de la haute atmosphère. Les flux radioélectriques moyens sur 8 et sur 10,7 cm accusent des variations sensiblement parallèles avec des rapports $S_{\text{max}}/S_{\text{min}}$ de l'ordre de 3,6 sur 8 cm et de 4,1 sur 10 cm. En plus de cette variation undécennale du chauffage de l'atmosphère supérieure, une variation diurne très nette se manifeste. Elle a été mise en évidence par la mesure du freinage des satellites artificiels dont une variation diurne apparaît, s'expliquant par celle de la densité des neutres donc de leur température. Il a été ainsi

possible d'évaluer au cours d'un cycle solaire la variation de la température moyenne diurne et de la température moyenne nocturne de la thermopause (région à température quasi-constante au-delà de 400 km d'altitude) : les extrêmes seraient de $850 \text{ }^\circ\text{K}$ et $2\ 100 \text{ }^\circ\text{K}$ pour le jour et de $650 \text{ }^\circ\text{K}$ et $1\ 600 \text{ }^\circ\text{K}$ pour la nuit. Le refroidissement nocturne s'explique par la conduction thermique, seule importante à ces altitudes. La détermination théorique du profil de la densité des neutres pose un problème d'aéronomie difficile faisant intervenir le bilan thermique, la dissociation des constituants et leur diffusion sous l'effet de la pesanteur. Il faut partir d'un modèle d'atmosphère inférieure confirmé par les données déjà obtenues par fusées et satellites et procéder par extrapolation vers le haut. Ce calcul conduit pour la thermosphère (région à température croissante commençant vers 100 km d'altitude) à des profils de densité et à des températures (vers 500 km) fort différentes selon le modèle inférieur adopté et sur lequel des incertitudes subsistent ; il apparaît ainsi qu'à une température de thermopause de $1150 \text{ }^\circ\text{K}$ correspond une densité de $10^{-15} \text{ gr cm}^{-3}$ et qu'à une température de $2100 \text{ }^\circ\text{K}$ correspond une densité 10 fois plus forte. Les mesures du freinage des satellites ont d'autre part indirectement confirmé l'existence d'une ceinture d'hélium vers 750 km prévue par le professeur NICOLET [1] par comparaison des valeurs théoriques des flux de libération et de diffusion de ce constituant, dont la répartition doit correspondre à un équilibre de diffusion. En définitive on peut considérer que les constituants dominants de l'atmosphère neutre s'étagent dans l'ordre suivant : azote moléculaire, oxygène atomique, hélium, hydrogène. On a pu constater que les niveaux de transition $O^+ \rightarrow He^+$ et $He^+ \rightarrow H^+$ présentent une variation diurne et undécennale importante.

Le Dr H.E. HINTEREGGER (U.S. Air Force Cambridge Research Center) a ensuite indiqué quelques résultats de mesures du spectre solaire obtenus dans son établissement. Une chute brusque du taux de comptage sur spectrographe à réseau avec photomultiplicateurs a été observée sur les courtes longueurs d'ondes au-delà de 170 Å. Il semble que le flux d'énergie du soleil calme entre 50 et 170 Å tombe à une valeur très faible.

3. L'ionosphère et les recherches spatiales*

Au cours de cette séance ont été plus particulièrement examinées les questions de la température des neutres, des ions et électrons ainsi que des constituants de la haute atmosphère d'après les résultats obtenus par fusées et satellites. Un exposé général est fait par M. R.E. BOURDEAU de la NASA (Etats-Unis) ; en voici l'essentiel.

Les données obtenues par fusées se rapportent aux régions D et E et la région F inférieure. En ce qui concerne la structure de l'atmosphère neutre des mesures directes de ses divers paramètres n'ont pu être faites en grand nombre qu'au-dessous de 100 km.

* Voir également le compte rendu du Comité S.R.R.

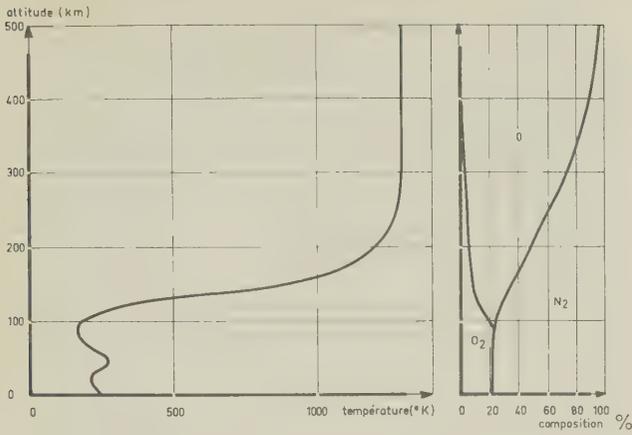


FIG. 1 et 2. — Variation de la température et de la composition dans la haute atmosphère.

Les résultats relatifs à la composition, aux profils de densité et de température et aux vents, obtenus par des techniques telles que l'éjection de grenades, les tubes de Pitot montés sur fusées, certaines mesures de rayonnement, ont été passées en revue, par exemple par LA GOW et MINZER [2]. Pour les altitudes supérieures on ne dispose que de modèles d'atmosphère fondés sur des conditions limites vers 100 km et des considérations théoriques relatives à la dissociation, à la diffusion et au bilan thermique. La plupart des auteurs sont actuellement d'accord pour admettre que le maximum de chauffage de l'atmosphère se produit entre 100 et 200 km, la conduction thermique maintenant la température constante au-delà. La figure 1 indique la répartition probable de la température et la figure 2 celle des constituants au-dessous de 500 km [3]. HARRIS et PRIESTER [4] ont de leur côté proposé un modèle d'atmosphère supérieure fonction de l'heure locale et de l'activité solaire. Selon leurs estimations la température de la thermopause varierait entre 600° de nuit et 750 °K de jour vers le minimum d'activité solaire et entre 1500 et 2000 °K à l'époque de l'activité maximale. L'interprétation des mesures

de freinage des satellites a d'ailleurs confirmé l'existence de variations de température de cet ordre. Il est à noter que le paramètre « densité des neutres » directement fourni par les mesures du freinage et contrôlé par jauges de pression est actuellement celui que l'on connaît avec le plus de certitude au-delà de 200 km : il varierait selon une loi exponentielle avec des valeurs de l'ordre de $2 \text{ à } 3 \cdot 10^{-14} \text{ g cm}^{-3}$ vers 500 km à $10^{-17} \text{ g cm}^{-3}$ vers 750 km. Des mesures directes d'ions positifs par fusées ont été effectuées dans la région D au Japon et aux Etats-Unis. Toutefois l'interprétation des courants de sonde obtenus par application de potentiels variables à des collecteurs de divers types est délicate et des recherches restent à faire dans ce domaine. En ce qui concerne la région E, des profils de densité électronique ont été obtenus en 1960 et 1961 par fusées, au moyen de mesures « in situ » par sondes de Langmuir. Quelques résultats japonais (fusées Kappa) et américains fusées de la NASA sont indiqués dans la figure 3 : la région E ne semble présenter de creux d'ionisation appréciable au-dessus de son maximum que de nuit. La nouvelle technique de la sonde de résonance H.F. mise au point au Japon [5] a donné des résultats en bon accord avec les méthodes de propagation habituelles et celle de la sonde de Langmuir.

Des mesures par sondes en présence de E sporadique ont révélé l'existence de couches d'une épaisseur de l'ordre de 450 mètres et d'une étendue horizontale de 70 km environ. A l'occasion d'une de ces mesures (îles Wallops, novembre 1962) la théorie récemment proposée [6] pour la formation de couches E_S , envisageant une concentration ionique sous l'effet d'un cisaillement de vents en altitude et de l'influence du champ magnétique, a été soumise à vérification par la mesure simultanée des vents. Les résultats obtenus n'ont pas permis de confirmer la théorie.

Quelques mesures des paramètres ionosphériques de la région au-dessus du maximum de F_2 ont également été faites par fusées. Ainsi la fusée NASA Scout II lancée en octobre 1960 emportant une sonde ionique multigrille a donné les résultats suivants pour

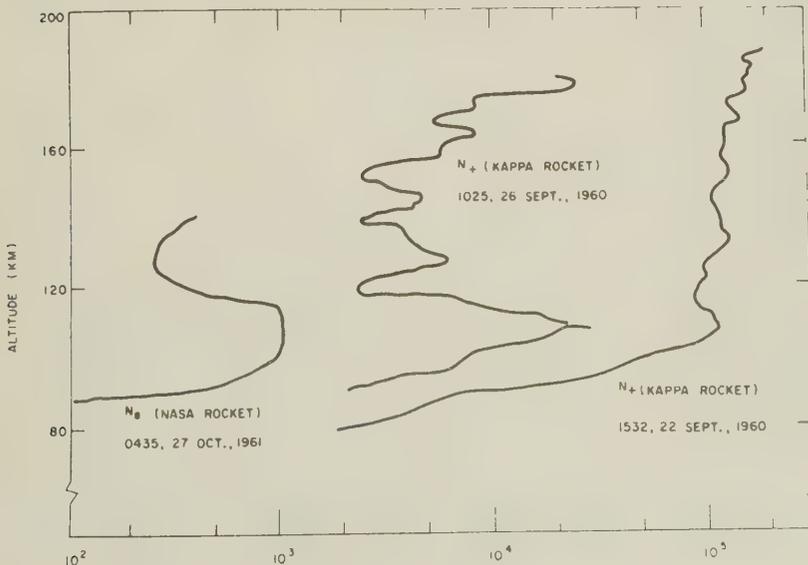


FIG. 3. — Mesures de densité ionique effectuées au Japon (en nombre d'ions par cm^3).

midi local dans le Nouveau Mexique : la densité d'ions positifs décroît jusqu'à 10^4 par cm^3 vers 1000 km, puis à environ $5 \cdot 10^3$ par cm^3 vers 2000 km et à $2,5 \cdot 10^3$ par cm^3 à 3000 km. Le profil de densité ayant accusé un raidissement significatif vers 1000 km, W.B. HANSON [7] a conclu de l'étude de ce profil que l'hélium ionisé était le constituant ionique majeur entre 1200 et 3400 km confirmant ainsi l'hypothèse de M. NICOLET. En 1961 et 1962 d'autres fusées de la NASA ont permis de constater une variation diurne du profil supérieur de la région F, la densité ionique étant plus faible de jour que de nuit au-delà de 800 km ; la température quasi constante en altitude se situerait aux environs de 800 °K la nuit et aux environs de 1300 °K le jour (BAUER et JACKSON [8] et DONLEY [9]) ; la région proche du pic de F_2 serait formée d'ions O^+ , cédant progressivement la place aux ions He^+ puis à H^+ à plus grande altitude.

En ce qui concerne les *températures électroniques*, des considérations théoriques indiquent que vers midi local la température des électrons doit dépasser celle des ions dans la région comprise entre 150 et 300 km, tandis que l'équilibre des températures électrons-ions devrait exister dans les régions E et F supérieure. Certaines mesures par sondes de Langmuir éjectables effectuées aux îles Wallops (Etats-Unis) et analysées par BRACE et SPENCER [10] ont indiqué une nette inversion de la température électronique à partir de 250 km, celle-ci tendant à se rapprocher de la température des neutres au-delà de ce niveau. Il semble donc bien que vers 250 km, les électrons soient nettement plus « chauds » que les ions, ceux-ci gardant en principe la température des neutres. D'autres tirs effectués aux îles Wallops ont montré une élévation sensible de la température des électrons au-delà de 200 km lors de perturbations magnétiques ou solaires.

Ces diverses indications ont été confirmées par les mesures sur satellites. Ainsi les résultats de novembre 1960 d'Explorer VIII accusent sur l'orbite de celui-ci une variation diurne de la température électronique

de 900 °K (minuit local) à 1600 °K (midi local), mais avec un remarquable maximum matinal de 2400 °K au moment du lever du soleil sur le satellite. Ces données correspondent à des altitudes comprises entre 400 et 600 km et supposent que la température ne varie pas avec l'altitude (BOURDEAU et DONLEY [11]). Le satellite Ariel a de son côté permis d'obtenir en 1962 des données analogues sur l'évolution de T_e au cours de la journée et de préciser l'influence de la latitude : les températures électroniques ont été trouvées plus élevées aux hautes qu'aux basses latitudes — ce qui suggère un certain échauffement par les flux corpusculaires (voir fig. 4). La nature des ions a pu être élucidée par des spectromètres de masse sur Sputnik III, des analyseurs d'ions à grilles retardatrices sphériques sur Sputnik III [12], Ariel [13] et Cosmos II [14] ainsi qu'avec des analyseurs à grilles planes sur l'Explorer VIII. Les résultats obtenus indiquent une nette variation de la composition ionique avec la température et donc avec l'heure de la journée. Ainsi durant le jour la transition $n(O^+) = n(He^+)$ aurait lieu entre 1200 et 1500 km et celle de $n(He^+) = n(H^+)$, au-delà de 1800 km (Explorer VIII, 1960), alors que de nuit les altitudes correspondantes seraient de 800 km et de plus de 1000 km. En 1962 de nuit (Ariel) les altitudes de transition trouvées ont été respectivement de 600 km et de 1200 km : une certaine variation avec l'activité solaire apparaît donc pour la ceinture d'hélium. Des mesures de la *densité électronique* ont également été faites par satellites, soit par pièges ioniques, soit par sonde H.F. à impédance (J. SAYERS et al [15]) : le résultat le plus significatif a été la détection d'une structure discrète de l'ionisation en nappes parallèles aux lignes de force du champ magnétique terrestre.

Le Dr K.I. GRINGAUZ (U.R.S.S.) a signalé ensuite les principaux résultats obtenus en 1961 et 1962 par les fusées soviétiques, par le satellite Cosmos II et l'engin spatial Mars I. Les densités électroniques au-dessus du maximum de F_2 mesurées depuis 1958 par fusées ont été comparées à celles obtenues récem-

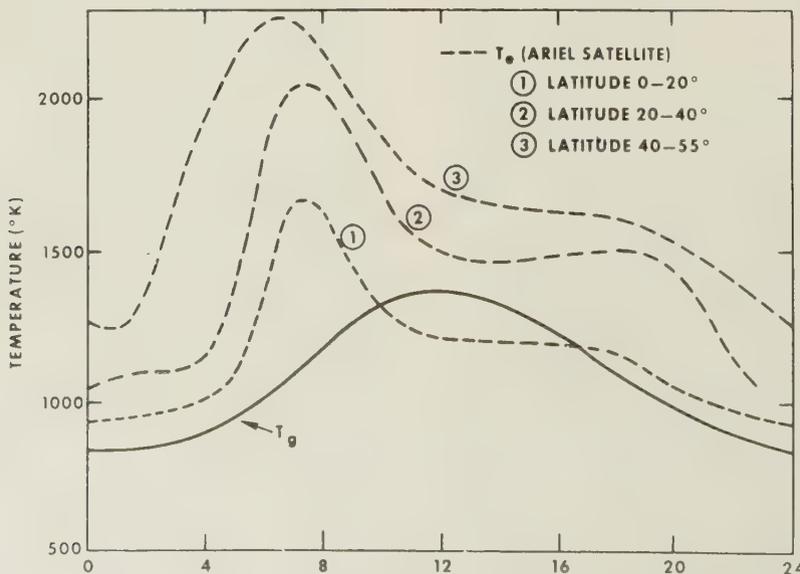


FIG. 4. — Variation diurne de la température en fonction de la latitude.

ment par les mêmes techniques : l'influence de l'activité solaire décroissante s'est manifestée par une diminution plus rapide de la densité au-dessus de F_2 . Les mesures des densités ionique et électronique par le satellite Cosmos II équipé d'un spectrographe de masse, de pièges ioniques sphériques et de sondes de Langmuir, sont en cours de dépouillement mais il se confirme d'ores et déjà que le gradient du profil obtenu est effectivement plus fort que celui de 1958. La région de transition $O^+ \rightarrow He^+$ se situerait vers 550 km. Il rappelle que Sputnik III (1958) n'avait pas détecté d'ions d'hélium entre 600 et 800 km. L'engin Mars I comportait également un piège ionique multiélectrodes ; il enregistrerait en outre le flux des électrons de plus de 50 eV. Bien que là aussi le dépouillement des données ne soit pas achevé, on peut déduire des résultats déjà acquis que l'ionosphère s'étend jusqu'à environ 20 000 km. Un courant ionique a en effet été enregistré par les pièges jusqu'à 18 000 km de la terre ; il a accusé un creux prononcé avec changement de sens vers 6000 km, correspondant à un flux maximum d'électrons rapides sur l'autre enregistrement — il s'agirait sans doute de l'une des ceintures de radiation découvertes en 1959. Enfin le champ électrique spatial a été mesuré par un fluxmètre électrostatique spécial à bord de fusées russes. L'appareil, dû à IMENITOV (cf. dernier fascicule de la revue Artificial Satellites) a permis de déceler des champs de l'ordre de 1 mV/cm entre 300 et 500 km.

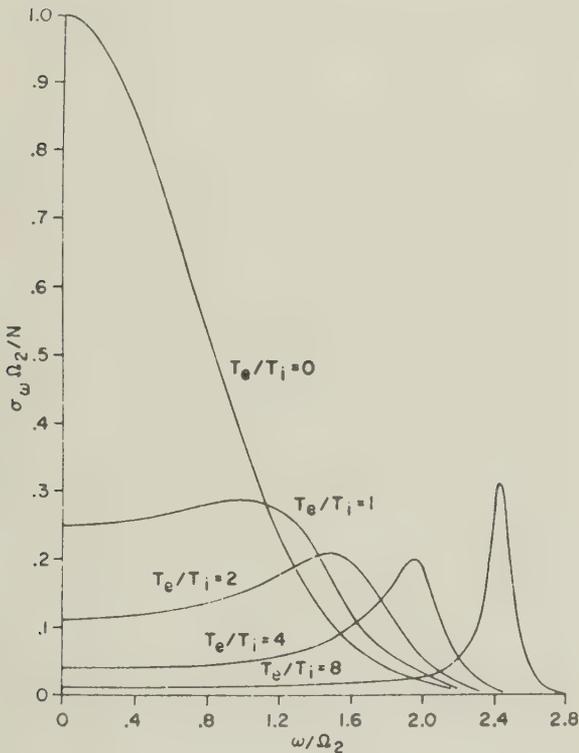


FIG. 5. — Diffusion ionosphérique. Variation du spectre ionique en fonction de l'inégalité des températures électronique et ionique, pour une composition ionique donnée. En abscisses, écart de fréquence relatif rapporté à l'écart dû à l'effet Doppler calculé avec la vitesse moyenne des ions. En ordonnées, densité spectrale relative.

Le Dr BOWLES (Bureau of Standards des Etats-Unis) a ensuite passé en revue les possibilités qu'offre la technique de la diffusion incohérente dans les études spatiales, en particulier pour la détermination des températures électronique et ionique de l'ionosphère. La figure 5 représente la variation théorique du spectre ionique de la puissance diffusée autour de la fréquence centrale pour un constituant ionique particulier et pour diverses valeurs du rapport T_e/T_i (FEJER, 1961 [16]). On sait aussi que la puissance totale diffusée dépend de ce rapport par la relation approximative :

$$\sigma \sim N_e \sigma_e \left(\frac{1}{1 + T_e/T_i} \right) \quad (1)$$

où N_e et σ_e sont respectivement la densité électronique et la section efficace de Thomson. On ne peut donc déduire correctement la densité électronique qu'en connaissant T_e/T_i . J.V. EVANS [17] a essayé de déterminer ce rapport à partir de la forme du spectre obtenu près de Boston et trouvé que vers 350 km, T_e/T_i atteint 1,6 vers midi local mais reste voisin de l'unité pendant la nuit. D'autres auteurs (BOWLES, OCHS et GREEN [18]) ont au contraire trouvé que T_e/T_i atteignait 2 au lever du soleil, demeurant voisin de 1 le reste du temps ; de plus, des spectres dissymétriques par rapport à la fréquence centrale ont été obtenus récemment à Lima (Pérou). Ces difficultés s'expliquent par la proportion variable des ions tels que O^+ , NO^+ , H^+ qui interviennent dans la diffusion à diverses altitudes et à divers moments de la journée. FEJER avait déjà montré dans son étude de 1961 la modification profonde que subit le spectre diffusé, quand on passe de l'ion O^+ à un mélange de 75 % de O^+ et 25 % de H^+ . Récemment MOORCROFT [19] a montré qu'il n'y avait pratiquement pas de différence entre un spectre de O^+ à 20 % de He^+ avec $T_e/T_i = 1,3$ et un spectre de O^+ pur avec $T_e/T_i = 1$. Il semble donc indispensable de connaître la proportion des divers ions présents si l'on veut tirer de cette technique des conclusions valables. Le Dr. BOWLES ajoute qu'espérant utiliser l'influence du champ magnétique terrestre, son équipe a essayé d'obtenir à l'équateur magnétique (Lima) le spectre de raies (en principe distantes de la fréquence cyclotron des ions) prévu par la théorie ; malheureusement à aucun moment les raies recherchées n'ont pu être décelées — l'échec semblant surtout dû à une insuffisance de sensibilité de l'équipement. Tout récemment l'équipe du N.B.S. a essayé d'utiliser l'effet Faraday qui se manifeste sur les signaux de la diffusion incohérente pour en déduire le profil de la densité électronique. L'accord entre les résultats fournis par cette méthode assez délicate et la méthode habituelle basée sur l'intensité totale diffusée a été en général satisfaisant. Par contre la confrontation des spectres obtenus au même moment n'a pas permis d'élucider la valeur réelle du rapport T_e/T_i . Ainsi en septembre 1963 les toutes récentes mesures faites à Lima ont donné pour 15 heures locales et 250 km d'altitude : $T_e/T_i \sim 2$ par l'étude du spectre et $T_e/T_i \sim 4$ par celle du profil de densité. Au cours de la discussion qui suivit, le Professeur R.

ESHLEMAN (Etats-Unis) a indiqué une particularité intéressante du spectre de diffusion cohérente récemment obtenu par l'équipe de Stanford University sur des irrégularités alignées suivant le champ terrestre ; ce spectre, représentatif des fluctuations ioniques, a en effet accusé un maximum net sur la fréquence cyclotron de l'ion NO^+ , confirmant l'importance de ce constituant aux basses altitudes de l'ionosphère.

4. Répartition électronique dans l'ionosphère

Les exposés introductifs sont faits par R. W. KNECHT (Bureau of Standards des E.U.) pour les densités électroniques aux altitudes inférieures au maximum de F_2 et par J. H. CHAPMAN (Canada) qui traita de l'ionosphère supérieure.

En ce qui concerne la région D, son étude a été poursuivie soit par fusées soit par les 3 principales techniques indirectes, d'interaction (basée sur l'effet Luxembourg), des réflexions partielles et de mesure de l'absorption. La première, introduite par FEJER en 1955 fait appel à un émetteur « perturbateur » puissant chauffant l'ionosphère inférieure et à un émetteur « témoin » destiné à déterminer l'échauffement produit. La mesure de la variation d'amplitude de l'onde exploratrice fournit la densité électronique et, avec une précision moindre la fréquence de collision effective dans la région D. Depuis 1960 ce type d'expérience a été poursuivi en Norvège (cf. p. ex. LANDMARK et LIED) et en Alaska (RUMI [20]). La seconde technique — celle des réflexions partielles — est basée sur l'existence d'irrégularités discrètes dans la basse ionosphère. La mesure du rapport des amplitudes des composantes ordinaire et extraordinaire de l'onde réfléchie fournit la densité électronique au niveau de réflexion. Elle avait été suggérée par GARDNER et PAWSEY dès 1953 et développée ensuite par BELROSE [21], GREGORY [22] et TITHERIDGE [23]. Enfin la troisième a été récemment perfectionnée par PARTHASARATHY, LERFALD et LITTLE [24] : l'absorption ionosphérique est mesurée sur plusieurs fréquences simultanément au moyen de riomètres, p. ex. sur 4 fréquences entre 10 et 50 MHz surtout au cours d'événements tels que les absorptions de calotte polaire (P.C.A., polar cap absorption), propres aux stations de haute latitude.

En outre des sondeurs de grande puissance à très basse fréquence, fonctionnant sur fréquences fixes entre 10 et 25 kHz, ont été mis au point en 1963 pour des mesures dans la région D [25]. Quant aux mesures par fusées, elles sont de plus en plus nombreuses depuis 1959 ; la méthode la plus employée a consisté à enregistrer à bord les signaux émis du sol sur certaines fréquences fixes allant de 202 kHz (HALL [26]) à 2,5 MHz (JESPERSEN [27]) ; l'amplitude et la phase des signaux reçus le long du trajet, ou encore l'absorption relative d'ondes émises du sol avec des polarisations circulaires inverses, permettent de déduire la densité des électrons.

Enfin les mesures directes de l'ionisation en place, soit par des sondes de Langmuir, soit par sondes à résonance ou par pièges ioniques, ont pris une exten-

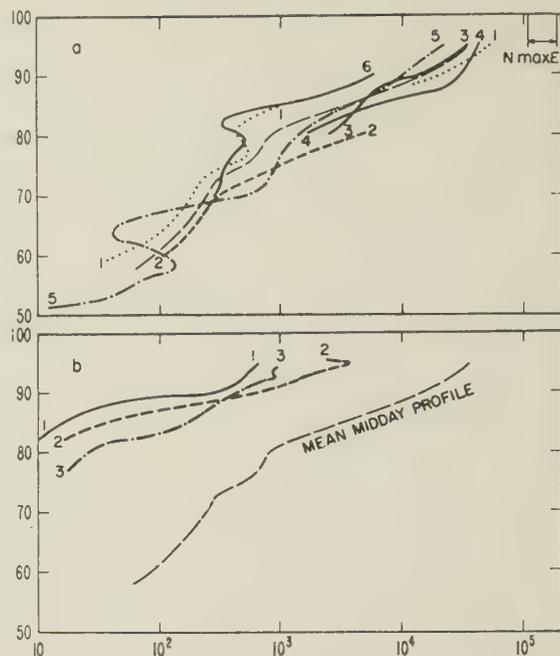


FIG. 6. — Comparaison de profils d'ionisation obtenus par différentes méthodes (en haut, de jour ; en bas, de nuit) pour la région D.

— et --- par fusées ;
 ... par réflexions partielles ;
 . — par interaction.

En abscisses : densité électronique, en électrons par cm^3
 En ordonnées : altitude en km.

sion de plus en plus grande au fur et à mesure du perfectionnement de ces techniques assez délicates. La figure 6 présente un certain nombre de profils diurnes de densité électronique entre 50 et 100 km d'altitude récemment obtenus par la technique de l'interaction, par celle des réflexions partielles et par les fusées : ils se rapportent à des conditions normales, et à une activité solaire moyenne. Ces résultats diffèrent de ceux précédemment admis (1960) en ce que la région entre 50 et 65 km semble être en fait de 5 à 10 fois plus ionisée. La figure 6 donne également un aperçu de la région D nocturne, fourni par les quelques mesures par fusées disponibles. La variation diurne et saisonnière de D n'a pu être élucidée qu'avec une faible précision. Il semble cependant que sa densité électronique s'accroisse sensiblement durant l'été si l'on admet la constance du profil des fréquences de collision. D'intéressantes données sur l'effet des éruptions chromosphériques sur la région D ont été enregistrées durant des P.I.D.B. ou des P.C.A. Des profils de D ont été également relevés au cours des périodes d'absorption anormale de la saison d'hiver. Des accroissements de densité électronique de dix fois et davantage ont été enregistrés à l'occasion des perturbations solaires et de près de deux fois durant les anomalies d'hiver. Celles-ci semblent intéresser des étendues géographiques assez restreintes entre 30° et 60° de latitude, et relever directement d'effets météorologiques, tels que la température, la composition et la structure des vents dans la basse ionosphère. Les réflexions partielles dans D ont continué à se manifester à partir de niveaux préférentiels, p. ex. à 55, 61, 66, 74 et 86 km en Nouvelle Zélande (GREGORY),

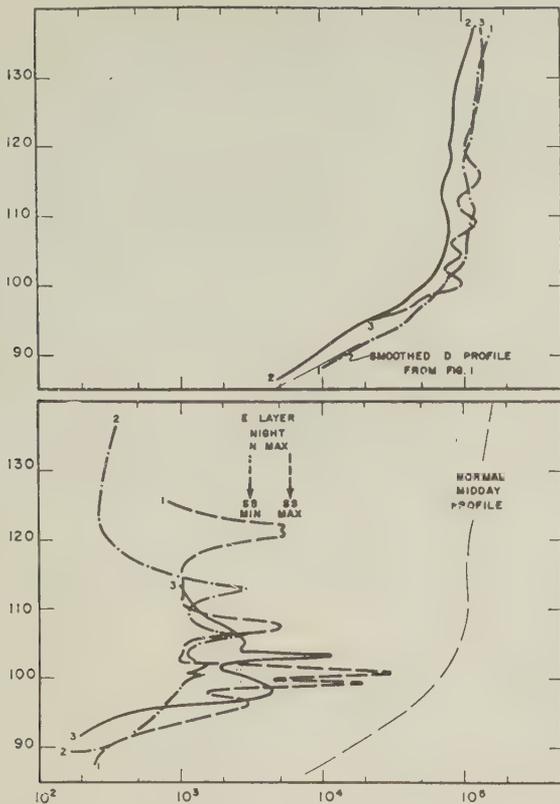


FIG. 7. — Densité électronique (en abscisses, en électrons par cm^3) dans la région E (en haut, de jour ; en bas, de nuit) en fonction de l'altitude (en ordonnées altitude en km). En bas est indiqué le profil moyen à midi (à droite), ainsi que les valeurs de la densité maximale de la couche E pendant la nuit pour le maximum et le minimum d'activité solaire.

à 71, 80, 90 et 100 km en Angleterre (Thiteridge). Ceux-ci pourraient correspondre à une diffusion par turbulence due à des cisaillement de vents à ces altitudes.

Passant à la région E, qui s'étend entre 90 et 130 km, on peut dire que le réseau étendu d'ionosondes en exploitation depuis de longues années a permis d'élucider les principaux paramètres et l'évolution. Toutefois des profils détaillés de la région ne sont connus que depuis peu grâce aux fusées et à leur appareillage de mesures in situ (sondes de Langmuir, pièges ioniques, sondes H.F. à résonance, etc.). Les profils à midi local obtenus en divers lieux et en diverses saisons accusent un banc d'ionisation épais d'une quarantaine de kilomètres à densité quasi constante au-delà du maximum de E, avec des irrégularités à peine marquées. Au contraire ceux de nuit sont en général d'une grande complexité et présentent de nombreuses stratifications surtout entre 100 et 120 km (L.G. SMITH, [29] et [30]) (Voir fig. 7). Une étude détaillée de la variation diurne du profil des régions E et F inférieures a été faite par PAUL et WRIGHT en 1963 [31], à partir des résultats fournis par l'ionosonde de Floride ; elle montre que la « vallée » au-dessus du maximum de E s'accroît et que l'altitude de celui-ci s'élève quand on passe du jour à la nuit. En ce qui concerne le phénomène E sporadique, les mesures par fusées ont presque toujours révélé, lors de sa présence sur les ionogrammes, soit des gradients élevés dans la

répartition des électrons, soit même de minces stratifications à forte densité. Toutefois, vu la grande variété des types d' E_S connus et le peu de mesures directes faites jusqu'ici avec précision, il est encore impossible d'affirmer l'existence effective de couches extradenses (cf. p. ex. SEDDON [32]) dont la densité correspondrait réellement à la fréquence maximale qu'elles réfléchissent. D'autre part les études de la propagation VHF sous incidence oblique via la couche E_S ont confirmé le fait que l'ionisation sporadique se présente par « paquets » d'une étendue de quelques centaines de kilomètres. Dans les régions aurorales c'est un phénomène nocturne permanent ; aux latitudes tempérées il subit une variation saisonnière avec prépondérance estivale. Un type très particulier d' E_S se manifeste de plus dans une ceinture large de quelques 700 km autour de l'équateur magnétique.

Passant enfin à la région F accessible aux ionosondes, M. KNECHT rappelle les récentes études des mécanismes de formation de cette région et de son comportement sous l'influence des éruptions et des tempêtes magnétiques. A la suite de la théorie proposée par RATCLIFFE (1959 [34]), faisant intervenir un processus de déionisation avec échange de charges, l'effort s'est surtout porté sur la résolution de l'équation de continuité régissant la densité électronique dans F :

$$\frac{\partial N}{\partial t} = q(h, \chi) - \beta(h)N - \text{div}(NV), \quad (2)$$

où q est le taux de production d'ions, χ l'angle zénithal, β le taux de disparition d'ions variable en altitude, V la vitesse moyenne d'entraînement des électrons, h étant la hauteur réduite du constituant ionisé et N la densité des électrons. RISHBETH et BARRON [35] ont étudié la situation au maximum de F_2 à l'équilibre, lorsque N_{max} et l'altitude h_{max} correspondante sont telles que les taux de production d'ions, de disparition et de diffusion verticale sont approximativement égaux. L'effet du transport de l'ionisation sur la variation de la densité électronique dans F au lever du soleil a été examiné par RISHBETH [36] et par HIRSH et KNECHT [37]. Des solutions de l'équation (2) fonctions du temps ont été obtenues d'une part par GLIDDON et KENDALL [38] et d'autre part par BRIGGS et RISHBETH [39] qui ont réalisé à cet effet un calculateur électronique analogique spécial. On a pu se rendre compte ainsi jusqu'à quel point les seuls mécanismes de production, de disparition et de diffusion sont susceptibles d'expliquer le comportement observé de la région F. Il ressort toutefois des nombreuses études faites que la difficulté majeure réside dans notre ignorance des processus de déionisation réels et de leur taux. Les récentes mesures de la décélération des satellites ont de plus montré la forte variabilité de la densité des neutres, tant diurne que saisonnière ; ce facteur important ne peut donc plus être ignoré. A cet égard HARRIS et PRIESTER [40] ont calculé l'échauffement probable de la région F par l'ultra-violet solaire et leurs résultats concordent bien avec les données des satellites. De son côté WRIGHT [41], utilisant le paramètre « épais-

seur du pic F_2 » a pu en déduire l'échelle de hauteur probable des neutres et mettre en évidence des variations de F_2 saisonnières et celles dues aux cycles solaires, explicables par des variations de température. Par ailleurs la structure de F_2 en fonction de la latitude a été étudiée par THOMAS [42] ; il apparaît que le gradient de la densité électronique diminue et que le maximum d'ionisation s'élève lorsqu'on s'approche de l'équateur. Une intéressante étude analogue a été publiée par WRIGHT [43] sur la base des nombreux ionogrammes actuellement disponibles. Le problème de la diffusion horizontale de l'ionisation dans les régions équatoriales a été traité de façon quantitative par GOLDBERG et SCHMERLING [44] et par RISHBETH [45]. Celui des échos diffus observés dans F a fait l'objet d'études statistiques. Enfin l'effet des tempêtes magnétiques sur le profil d'ionisation dans F a été analysé par MATSUSHITA [46]. On peut conclure en disant que bien des données sur la structure de l'atmosphère neutre et les taux des réactions dominantes, ainsi que sur leur variabilité, manquent encore et mettent en échec les tentatives en vue d'une explication satisfaisante des résultats expérimentaux.

Le Dr J.H. CHAPMAN aborde ensuite la question de l'ionosphère supérieure. L'événement sans doute le plus important intervenu dans la recherche ionosphérique de ces trois dernières années a été la mise en œuvre de sondeurs à impulsions fonctionnant au-dessus de F_2 , dans la région « interdite » aux sondeurs classiques au sol. D'abord en juin puis en octobre 1961 des fusées transportant un sondeur à fréquence fixe ont été lancées des îles Wallops (Etats-Unis) [47] Puis en septembre 1962 un satellite canadien, Alouette, porteur d'un sondeur à balayage de fréquence a été lancé de la côte Ouest des Etats-Unis [48] et placé sur une orbite quasi circulaire à 1000 km d'altitude ; d'intéressants résultats nouveaux ont ainsi été obtenus en particulier sur les profils de densité électronique et leur variation avec la latitude. Les enregistrements sur fréquences fixes de 4,07 et 5,97 MHz fournis par les fusées sont caractérisés par l'apparition de « pointes » sur les diagrammes hauteur virtuelle/temps. On peut considérer que ces pointes correspondent aux instants où la fréquence émise satisfait l'une des trois conditions de réflexion habituelles : $X = 1$ pour l'onde ordinaire ; $X = 1 - Y$ pour l'onde extraordinaire et $X = 1 + Y$ pour la composante magnéto-ionique « Z », avec $X = \omega_p^2/\omega^2$ et $Y = \omega_H/\omega$, ω_p étant la fréquence de plasma, ω_H la gyrofréquence électronique et ω la fréquence de travail. Ces pointes apparaissent évidemment soit à l'entrée soit à la sortie du milieu ionisé ; il suffit donc d'en identifier deux pour déterminer à la fois la densité électronique et la valeur du champ magnétique à l'endroit de la fusée. De telles pointes sont également visibles sur les ionogrammes du satellite « Alouette » dont un exemple est présenté dans la figure 8. Une étude détaillée des traces présentes et de leur interprétation a été faite par KNECHT et VAN ZANDT [49] et par JACKSON, KNECHT et RUSSELL [50]. Des profils de densité électronique ont pu ainsi être déduits pour la partie supérieure de la région F, ainsi que la hauteur d'échelle et la température moyenne des électrons et ions. L'ion

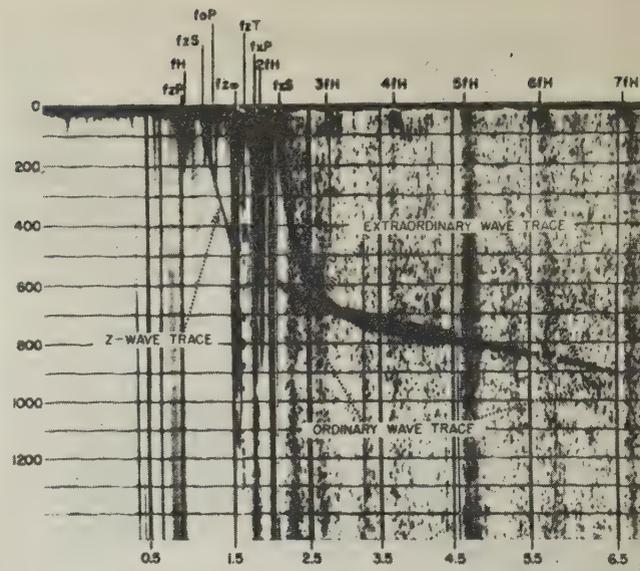


FIG. 8. — Ionogramme obtenu par le satellite Alouette (le 1^{er} oct. 1962 à 17 h 19, TU) indiquant les échos dus à la propagation selon les modes ordinaire (o), extraordinaire (x) et magnéto-ionique (z).

En abscisses : fréquences, en MHz.

En ordonnées : hauteurs virtuelles (en km) comptées au-dessous de l'altitude du satellite.

Les fréquences particulières sont indiquées :

f_{xS}, f_{zS} : réflexion des modes x et z au niveau du satellite.

f_{xP}, f_{oP}, f_{zP} : résonance du plasma pour les 3 modes

$f_{zT}, f_{z\infty}$: résonances pour $x = 1 - y^2$ et $x = \frac{1 - y^2}{1 - y^2 \cos^2 \theta}$.

θ : angle de la direction de propagation avec le champ terrestre.

$f_H, 2f_H$, etc. : résonances à la gyrofréquence et à ses harmoniques.

dominant aux hautes latitudes jusqu'à 1000 km environ serait O^+ , avec une température de 1750 °K tandis qu'aux basses latitudes une transition $O^+ \rightarrow He^+$ apparaîtrait vers 600 km où la température serait de 840 °K. Les profils présentent une variation diurne et de latitude fort appréciable. WARREN [51] a reconstitué à partir des données du « sondeur par le haut » les courbes d'égale densité entre 400 et 1000 km d'altitude, le long du méridien 65° Ouest entre 50° N et 40° S (le 24 octobre 1962 à 23 h 18 T.U.). Il y apparaît un curieux effondrement de la densité électronique aux alentours de 45°N. L'anomalie équatoriale bien connue de F_2 , attribuée à un transport d'ionisation sous l'effet du champ magnétique y est aussi très apparente : des bancs d'ionisation parallèles aux lignes du champ sont clairement discernables ; il semble qu'un dôme équatorial d'ionisation se forme le jour, se désagrègeant de nuit par glissement le long des lignes de force. A noter encore que la diffusion dans F apparaît également dans les ionogrammes d'Alouette elle a été observée sur les deux calottes polaires Nord et Sud, jusqu'à 60° de latitude.

De plus, des structures verticales de l'ionisation ont été constatées vers 75° de latitude magnétique [52] : elle semblent former de véritables anneaux autour du pôle magnétique. Enfin les ionogrammes supérieurs ont nettement mis en évidence dans la région équatoriale une propagation guidée sur des fréquences jusqu'à 5,6 MHz [53] le long de feuillets d'ionisation parallèles aux lignes de force. J. CHAPMAN a annoncé que toutes les données recueillies par Alouette seront mises à la disposition des chercheurs par l'intermédiaire du Centre Mondial de Données A (Etats-Unis).

Le Dr CARPENTER (Université de Stanford, Etats-Unis) a présenté ensuite quelques résultats récemment obtenus sur les densités électroniques à très haute altitude par l'étude des sifflements et de leur dispersion. La densité des électrons dans la magnétosphère diminuerait très progressivement avec l'altitude jusqu'aux environs de 10^3 cm^{-3} vers 3 rayons terrestres, mais accuserait ensuite une chute brusque vers 3,5 rayons terrestres ; cela semble en accord avec les données fournies par Lunik I. La variation diurne de la densité des électrons dans la magnétosphère ne serait que de 30% environ ; celle due au cycle solaire serait faible au-delà de 4 rayons terrestres, mais plus prononcée vers 6000 km.

Au cours de la 2^e session consacrée aux profils électroniques, la variabilité de la région D a été examinée à la lumière des expériences de propagation sur très basses fréquences ; des enregistrements d'émissions TBF effectués aux Etats-Unis (N.B.S.) ont révélé l'existence d'une anomalie nocturne de cette région dont l'altitude s'abaisse parfois vers son niveau diurne en même temps qu'une variation de quelques gammas intervient pour le champ magnétique ; l'effet pourrait s'expliquer par une précipitation d'électrons de ceintures de Van ALLEN. Au cours de la même réunion, R. GENDRIN a présenté une étude sur l'effet de résonance de la cavité terre-ionosphère autour de 8, 14 et 21 Hz [54] ; la variation des fréquences de résonance de la cavité correspond à celle du profil de la région D inférieure de sorte que l'on dispose là d'une nouvelle méthode d'investigation.

5. Géomagnétisme et ionosphère

Le Dr O.C. HINES, chargé de l'exposé introductif, passe en revue les principales théories récemment proposées pour rendre compte des interactions entre le champ magnétique et l'ionosphère. Ce vaste sujet d'études a donné lieu à d'intéressantes spéculations à la suite des nouveaux renseignements qu'accumulent

depuis peu les satellites et les véhicules spatiaux. Il englobe bien entendu la théorie « dynamo » de la variation diurne du champ terrestre ainsi que celle des tempêtes magnétiques à propos desquelles l'intervention d'un anneau de courant avait été postulée (cf. p. ex. [55]). On admet aujourd'hui que la très haute ionosphère se trouve en présence d'un « vent solaire » c'est-à-dire d'un plasma en mouvement continuellement émis par le soleil et dont la densité et la vitesse varient avec l'activité de celui-ci. Ce flux de plasma interagit avec le champ magnétique terrestre de façon permanente, l'interaction s'intensifiant au cours des périodes de tempêtes magnétiques. Le théorème de la conservation du flux magnétique au sein d'un volume donné de gaz ionisé en mouvement permet de considérer que le plasma solaire comprime le champ terrestre à son arrivée sur le côté jour, déborde ensuite la terre et, continuant à déformer les lignes de force, crée une sorte d'immense cavité allongée du type indiqué par la figure 9. La distorsion de la cavité géomagnétique engendrerait, à sa frontière, des courants attribués à des champs électriques d'induction et de séparation de charge. On désigne par « magnétosphère » l'intérieur de cette cavité et par « magnétopause » ses limites. T. OBAYASHI [56] dans une analyse des données spatiales récentes, rappelle que l'on peut distinguer la magnétosphère intérieure où le champ magnétique décroît en raison inverse du cube de la distance de la magnétosphère externe où cette décroissance est moins rapide [57].

Les mesures du champ par le satellite Explorer XII ont montré qu'au-delà de cette dernière région, soit à partir d'une dizaine de rayons terrestres, une brusque variation intervient : le champ magnétique change de sens et d'intensité sur quelques centaines de kilomètres à la suite desquels une zone de champs turbulents apparaît, se fondant graduellement en un faible champ interplanétaire calme [58]. La zone de turbulence que l'on peut assimiler à la magnétopause a également été rencontrée par les satellites Pioneer I et V [59] [60], à des distances comprises entre 10 et

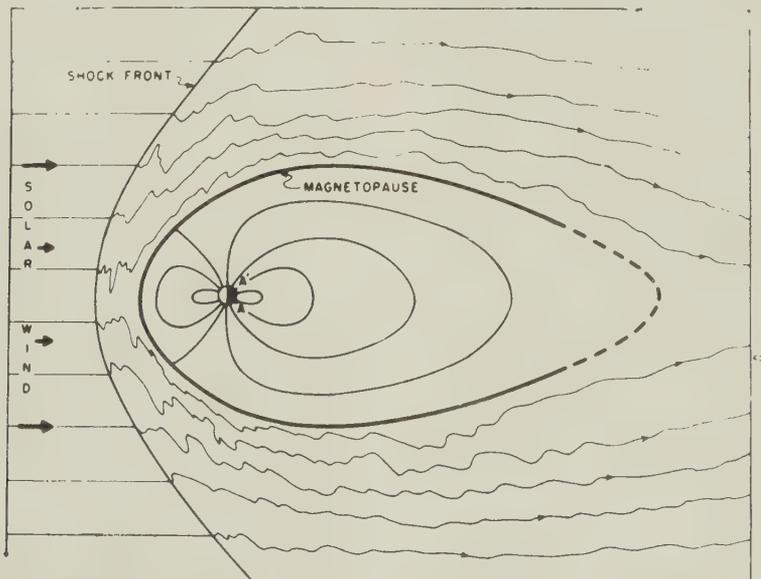


FIG. 9. — Schéma de la cavité géomagnétique, indiquant la magnétopause et le front de l'onde de choc due au vent solaire.

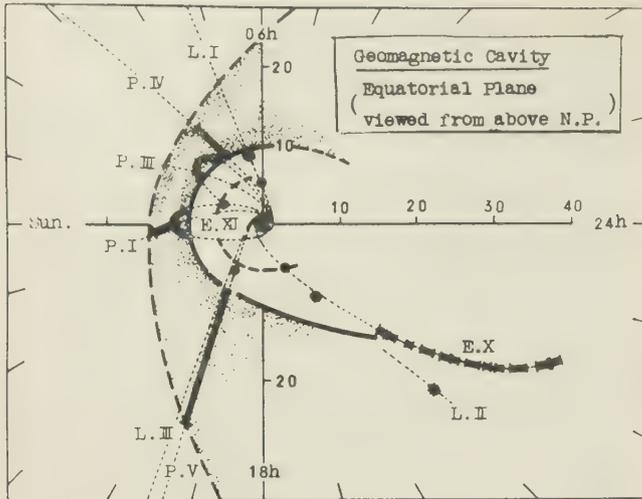


FIG. 10. — Forme de la cavité géomagnétique d'après les mesures effectuées par Lunik I, II et III, Pioneer I, III, IV et V et Explorer X et XI (dans le plan de l'équateur, vu du pôle nord).

25 rayons terrestres. De son côté l'Explorer X l'a trouvée sur le côté nuit de la terre à environ 23 rayons terrestres. On admet généralement que l'augmentation du champ terrestre dans la magnétosphère externe est due à la compression par le plasma solaire. AXFORD et KELLOGG ont suggéré que la magnétopause turbulente constitue la couche limite de l'onde de choc formée par l'écoulement supersonique du plasma solaire à sa rencontre avec la magnétosphère. Sur la figure 10 (OBAYASHI, [56]) la configuration probable de la magnétopause est représentée compte tenu des portions d'orbite des satellites Pioneer et Lunik le long desquelles la turbulente magnétique a été enregistrée. La surface frontale de l'onde de choc serait à 4 ou 5 rayons terrestres en avant de la cavité, sur son côté jour. L'axe de celle-ci serait incliné de près de 15° vers l'Ouest par rapport à la droite soleil-terre. Les récentes données fournies par le véhicule spatial Mariner II ont révélé que le plasma solaire a une densité de l'ordre de 5 particules par cm^3 et une vitesse de 400 à 600 km/s [61] ; il comporterait un champ magnétique propre de l'ordre de 5 à 10 gammas, pratiquement situé dans le plan de l'écliptique. Ces données ont été trouvées cohérentes avec la théorie hydromagnétique de l'écoulement dont la vitesse caractéristique (vitesse d'Alfvén) est en effet bien inférieure à celle mesurée qui correspond à une vitesse supersonique. En définitive il semble que la cavité magnétosphérique proprement dite s'étende du côté jour jusqu'à 8 à 12 rayons terrestres et jusqu'à une quarantaine de rayons terrestres sur son côté nuit. Le Dr HINES signale ensuite l'insuffisance des théories actuelles de l'effet « dynamo » responsable des courants S_q et de la variation diurne toutes basées sur l'hypothèse de vents constants en altitude (qui s'avère incorrecte) et ne tenant pas compte de la rotation de l'ionosphère. Il en est de même de celles tendant à expliquer les anomalies de la région F. FEJER [62] a tout récemment indiqué que les courants horizontaux dans la région « dynamo » ne pouvaient être élucidés sans tenir compte de l'effet des particules en

provenance des ceintures de Van Allen. En ce qui concerne les tempêtes magnétiques, on sait que leur phase initiale est attribuée à un brusque accroissement de la compression de la magnétosphère par le vent solaire. Un accroissement de la densité du plasma solaire, suivi d'une augmentation progressive de la vitesse de particules a été effectivement observée ; les phénomènes intervenant durant la phase principale sont toujours de préférence expliqués par la formation d'un anneau de courant responsable des courants D_{st} . Un tel anneau semble avoir été détecté dans la magnétosphère supérieure [63]. Quant au système des courants D_S (variation diurne de perturbation) ils sont actuellement attribués soit à l'interaction du flux solaire avec la magnétopause, avec création d'un champ électrique de charge d'espace entre particules piégées, soit à l'injection directe de particules de grande énergie et à leur séparation ultérieure sous l'action des gradients du champ magnétique, soit encore au champ électrique d'induction que produirait le mouvement du plasma solaire à travers la magnétosphère. Le champ électrique ainsi créé serait transféré dans la région « dynamo » de l'ionosphère le long des lignes de force. Toutefois, comme le souligne le Dr HINES, de très nombreux points des théories actuelles restent à réviser, car celles-ci sont encore loin de rendre compte de toutes les observations expérimentales.

6. Les irrégularités dans l'ionosphère

Ce sujet a fait l'objet de nombreuses études nouvelles tant théoriques qu'expérimentales. Il englobe les phénomènes E-sporadique, les perturbations itinérantes, la scintillation des étoiles radio-électriques, la diffusion dans F, les irrégularités aurorales et équatoriales, etc. Une séance spéciale y a été consacrée. K.L. BOWLES et ses collaborateurs [64] ont étudié la couche E sporadique à l'équateur. Elle s'y présenterait sous forme d'irrégularités d'un type ondulatoire, la normale au front d'onde étant perpendiculaire au champ magnétique terrestre. D.T. FARLEY a suggéré [33] une explication du phénomène faisant intervenir l'instabilité de type double faisceau dans l'électrojet équatorial. Cette explication se recoupe avec l'exposé présenté au cours de la même séance par D. LEPECHINSKY [65] sur le rôle probable des instabilités de plasma dans les phénomènes ionosphériques. Celles-ci sont en effet susceptibles d'y exciter des oscillations et même des émissions de bruits TBF. Une explication des vents ionosphériques par l'instabilité faisceau-plasma avait d'ailleurs déjà été proposée en 1962 [66]. Il semble que les irrégularités observées dans les hautes latitudes soient engendrées par le même mécanisme. Signalons enfin que F. DU CASTEL a rendu compte au cours de la même séance d'une étude de P. VILA (CNET) sur les perturbations itinérantes en des régions magnétiquement conjuguées, étude effectuée avec un réseau de 7 sondes dont 6 européens et un en Afrique du Sud. La comparaison des résultats obtenus dans les deux hémisphères n'a permis d'observer une concordance réelle du mouvement des fronts de perturbation qu'en deux occasions [67].

7. Les paléo-atmosphères

Le Dr L.V. BERKNER a présenté au cours d'une séance conjointe des Commissions III et IV un document intitulé « Histoire de la croissance de l'oxygène dans l'atmosphère terrestre » [68] développant le point de vue selon lequel cet élément indispensable à la vie était à l'origine des temps complètement absent de l'atmosphère terrestre et n'a atteint sa concentration actuelle que très progressivement. D'autres planètes dont les atmosphères sont très différentes de la notre pourraient constituer en fait des « témoins » de cette évolution et leur étude détaillée, qui maintenant s'annonce possible, présente ainsi un intérêt scientifique capital. Porteuses de paléo-atmosphères, probablement identiques à la nôtre il y a plusieurs millions d'années, certaines recèlent sans doute des formes de vie très primitives dont la découverte permettrait de combler d'importantes lacunes de notre connaissance sur l'évolution des espèces et expliquer certaines éclosions ou disparitions jusqu'à présent restées mystérieuses.

Des études récentes confirment en effet que la terre lors de son agglomération, était totalement dépourvue d'atmosphère ; celle-ci ne se serait formée que peu à peu à partir des éléments du sphéroïde primitif (qui n'aurait jamais été à l'état de fusion complète). L'origine volcanique de l'atmosphère initiale est actuellement largement admise. Or les effluents volcaniques ne contiennent point d'oxygène. La source primordiale de celui-ci aurait été la dissociation de l'eau par le rayonnement ultra-violet ; toutefois l'effet d'écran produit par O_2 aurait limité la concentration de celui-ci à 0,001 environ de sa teneur actuelle, de sorte qu'en définitive c'est à la photosynthèse qu'il convient d'attribuer la production progressive de la presque totalité de l'oxygène présent dans notre atmosphère. Ce processus ne pouvait avoir lieu qu'à l'abri des rayonnements U.V. mortels pour les cellules. La vie primitive ne pouvait donc exister que sous quelques mètres d'eau, dans la mer ou dans certaines lagunes. Telles sont les traits principaux de cet intéressant exposé d'ailleurs très documenté et qui a beaucoup retenu l'attention.

ANNEXE

RÉSOLUTIONS ADOPTÉES PAR LA COMMISSION III

I. Réorganisation de l'URSI

La commission III, constatant le besoin de disposer dans le cadre du Conseil International des Unions Scientifiques (I.C.S.U.) d'un organisme cohérent spécial pour la discussion sur une base internationale de sujets étroitement apparentés tels que l'aéronomie, la physique de l'ionosphère, le magnétisme terrestre, la physique solaire, etc., demande au Comité Exécutif de nommer un Comité restreint habilité à discuter la question avec les Unions intéressées de l'I.C.S.U., en vue de la création d'un tel organisme, étroitement lié à l'URSI.

II. Besoin permanent d'une commission sur la propagation ionosphérique

La commission III attire l'attention du Comité Exécutif sur le besoin permanent, au sein de l'URSI, d'une commission chargée de l'étude de la propagation d'ondes radioélectriques dans l'ionosphère.

III. Symposiums

La commission III décide de ne tenir au cours des 3 prochaines années des symposiums sur la physique des phénomènes solaires-terrestres, qu'en collaboration avec d'autres organismes scientifiques internationaux. Elle recommande que le premier symposium ait lieu en mai 1964 à Florence, conjointement avec le COSPAR sur le sujet de l'interaction des particules de forte énergie avec l'atmosphère ; un autre symposium est envisagé pour 1965 sur un sujet à fixer par négociations avec d'autres organismes scientifiques internationaux.

IV. Mesures par fusées du système de courants S_a durant les AISC.

La commission III, considérant l'importance des forces électrodynamiques dans l'ionosphère et l'ignorance actuelle des altitudes ionosphériques intéressées par les courants des jours calmes, regrette de constater, après avoir pris note des propositions contenues dans la section 2.2.2. du Rapport préliminaire conjoint du groupe de travail n° II pour l'AISC du COSPAR et du groupe de travail n° XV des AISC sur l'Aéronomie (cf. « Notes des AISC » n° 3, 1963, p. 60-61) intitulé « Mesures des courants électriques ionosphériques », qu'un nombre relativement faible de mesures de courants électriques ionosphériques par fusées ait été prévu pour l'année du soleil calme aux latitudes moyennes et recommande vivement que le nécessaire soit fait pour accroître le nombre de ces mesures aux latitudes moyennes, de manière à élucider le comportement diurne et saisonnier des systèmes de courants des jours calmes.

La commission III recommande par ailleurs que toute mesure par fusée des courants ionosphériques soit au moins accompagnée des mesures suivantes :

- Sondages ionosphériques verticaux à balayage de fréquence, à partir du sol ;
- Enregistrement adéquat au sol des éléments du magnétisme, de manière à connaître la variation diurne du champ magnétique calme.
- Mesures par fusée de la densité électronique dans la région ionosphérique intéressée (lorsque cela est possible).

V. Mesures sur très basses et basses fréquences durant les AISC

La commission III, considérant l'importance d'observations synoptiques à long terme de la région D et consciente des progrès récents qui promettent d'accroître sensiblement l'utilité des mesures en T.B.F. et en B.F. pour l'élucidation du profil de la région D, recommande la poursuite d'une campagne active, à l'échelle mondiale, d'enregistrements continus d'émissions T.B.F. et B.F., par le plus grand nombre possible d'organisations, au cours des AISC.

RÉFÉRENCES

- [1] NICOLET M. — *Journal of Geoph. Res.* **66**, 2263 (1961).
- [2] LAGOW H.E., MINZER R.A. — *Trans. Amer. Geoph. Union*, **44**, 439 (1963).
- [3] JOHNSON F.S. — *Astronautics* **8**, 54 (1962).
- [4] HARRIS I, PRIESTER W. — *Jour. Geoph. Res.*, **67**, 4585 (1962).
- [5] MIYAZAKI S., HIRAO K., TAKAYAMA K., IKEGAMI H., ICHIMIYA T. — *Rep. on Ionosph. and Space Res. Japan*, **14**, 148 (1960).
- [6] WHITEHEAD J.D. — *Jour. Atm. Terr. Phys.*, **20**, 49 (1961).
- [7] HANSON V.B. — *J. Geoph. Res.*, **67**, 183 (1962).
- [8] BAUER S.J., JACKSON J.E. — *J. Geoph. Res.*, **67**, 1675 (1962).
- [9] DONLEY J.L. — *J. Geoph. Res.*, **68**, 2058 (1963).
- [10] BRACE L.H., SPENCER N.W. et al. — *J. Geoph. Res.*, **67**, 157 (1962).
- [11] BOURDEAU R.E., DONLEY J.L. — *Proc. Roy. Soc. Conference London* (May 1963).

- [12] KRASSOVSKY V.I. — *Proc. IRE*, **47**, 289, 1959.
- [13] WILLMORE A.P. et al. — Proc. Intern. Conf. on the ionosphere, Bartholomew Press, 517 (1963).
- [14] GRINGAUZ K.I. et al. — Space Res. IV, Warsaw (1963), sous presse.
- [15] SAYERS J. et al. — *Nature*, **195**, 1193 (1963).
- [16] FEJER J.A. — *Canadian J. Phys.*, **39**, 716 (1961).
- [17] EVANS J.V. — *J. Geoph. Res.*, **67**, 4914 (1962).
- [18] BOWLES K.L., OCHS G.R., GREEN J.L. — *J. Res. NBS*, 396 (1962).
- [19] MOORCROFT D.R. — *J. Geoph. Res.*, **69**, 955 (1964).
- [20] RUMI G.C. — *J. Atm. Terr. Phys.*, **23**, 101 (1961).
- [21] BELROSE J.S., CETINER E. — *Nature*, **195**, 688 (1962).
- [22] GREGORY J.B. — *J. Geoph. Res.*, **66**, 429 (1961).
- [23] THIRERIDGE J.E. — *J. Atm. Terr. Phys.*, **24**, 269 (1962).
- [24] PARTHASARATHY R. et al. — *J. Geoph. Res.*, **68**, 3581 (1963).
- [25] PAULSON M.R., GOSSARD E.E., MOLER W.F. — Proc. AGARD conf. Munich (1962).
- [26] HALL J.E. — Proc. NATO Advanced Study Inst. Norway (1963) sous presse.
- [27] JESPERSEN M. et al. — Roy. Norweg. Council for Sc. and Ind. Res. Report n° 3 (1963).
- [28] NICOLET M., AIKIN A.C. — *J. Geoph. Res.*, **65**, 1469 (1960).
- [29] SMITH L.G. — Geoph. Corpor. of America Tech. Report 62-1-N (1962).
- [30] SMITH L.G. — Geoph. Corpor. of America Tech. Report 63-22-N (1963).
- [31] PAUL A.K., WRIGHT J.W. — *J. Geoph. Res.*, **68**, 5413 (1963).
- [32] SEDDON J.C. — Ionospheric Sporadic E, Pergamon Press, Oxford, **78** (1962).
- [33] FARLEY D.T. — *Phys. Rev. Letters*, **10**, 279 (1963).
- [34] RATCLIFFE J.A. — Year Book Phys. Soc. 1 (1959).
- [35] RISHBETH H., BARRON D.W. — *J. of Atm. Terr. Phys.*, **18**, 234 (1960).
- [36] RISHBETH H. et al. — *J. Atm. Terr. Phys.*, **20**, 263 (1961).
- [37] HIRSH A.J., KNECHT R.W. — *J. Geoph. Res.*, **67**, 595 (1962).
- [38] GLIDDON J.E.C., KENDALL P.C. — *J. Geoph. Res.*, **65**, 2279 (1960).
- [39] BRIGGS B.H., RISHBETH H. — *Proc. Roy. Soc.*, **78**, 409 (1961).
- [40] HARRIS I., PRIESTER W. — *J. Geoph. Res.*, **67**, 4585 (1962).
- [41] WRIGHT J.W. — *Nature* **194**, 461 (1961).
- [42] THOMAS J.O. — Electron density profiles in the ionosphere and exosphere, Pergamon Press, Oxford, 143 (1962).
- [43] WIRGHT J.W. — Proc. Intern. conf. on the Ionosphere Inst. of Phys. Phys. Soc. 19 (1963).
- [44] GOLDBERG R.A., SCHMERLING E.R. — *J. Geoph. Res.*, **68**, 1927 (1963).
- [45] RISHBETH H. et al. — *J. Geoph. Res.*, **68**, 2559 (1963).
- [46] MATSUSHITA S. — Proc. Intern. conf. on the Ionosph. Pergamon Press, Oxford, 120 (1963).
- [47] KNECHT R.W., VAN ZANDT T.E. et RUSSEL. — *J. Geoph. Res.* **66**, 3078 (1961).
- [48] CHAPMAN J.H. — Topside sounding of the ionosphere. Advances in Astronautical Sc. 12 (1963).
- [49] KNECHT R.W., VAN ZANDT T.E. — *Nature* **197**, 641 (1963).
- [50] JACKSON J.E., KNECHT R.W., RUSSEL S. — Cf. *Advances in Astronautical Sc.*, **11**, (1962).
- [51] WARREN E.S. — *Canadian J. Phys.*, **40**, 1962 (1962).
- [52] PETRIE L.E. — *Canad. J. Phys.*, **41**, 194 (1963).
- [53] MULDRUP D.B. — *J. Geoph. Res.*, **68**, 5355 (1963).
- [54] GENDRIN R., STEFANT R. — *C.R. Ac. Sciences* **255**, 2273 et **255**, 2493 (1962).
Voir également : Magnetic Records between 0,2 to 30 Hz. Proc. AGARD Conf. Munich (sept. 1962).
- [55] ALFVEN H. — Cosmical electrodynamics, Clarendon Press, Oxford (1950).
- [56] OBAYASHI T. — Institute of Plasma Physics of Nagoya Univ. Res. Rept. 12 (may 1963).
- [57] COLEMAN P.J., DAVIS L., SMITH E.J., SONETT C.P. — *Science* **138**, 1099 (1962).
- [58] CAHILL L.J., AMAZEEN P.G. — The boundary of the geomagnetic field Univ. of New Hampshire Report n° 62-1 (1962).
- [59] SONETT C.P., SIMS A.R., ABRAMS I.J. — *J. Geoph. Res.* **67**, 1191 (1962) et **68**, 1229 (1963).
- [60] COLEMAN P.J. — Proc. Astronautical congress, Varna, Bulgarie (sept. 1962).
- [61] NEUGEBAUER M., SNYDER C.W. — *Science*, **138**, 1095 (1962).
- [62] FEJER J.A. — *J. Geoph. Res.*, **68**, 2147 (1963).
- [63] SMITH E.J. — *J. Geoph. Res.*, **67**, 2045 (1962).
- [64] BOWLES K.L., BALSLEY B., COHEN R. — *J. Geoph. Res.*, **68**, 2485 (1963).
- [65] LEPECHINSKY D. et ROLLAND P. — *J. Atm. Terr. Phys.* **26**, 31 (1964).
- [66] LEPECHINSKY D. et ROLLAND P. — *J. Atm. Terr. Phys.*, **24**, 813 (1962).
- [67] VILA P. — Note CNET. GRI/NT/6 (1963).
- [68] BERKNER L.V. et MARSHALL L.C. — Rapport en cours de publication aux Etats-Unis.

PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES D'ORIGINE TERRESTRE

(Commission IV)

PAR

R. RIVAULT

Vice-Président de la Commission IV de l'URSI

Faculté des Sciences de Poitiers

Les Assemblées Générales de l'URSI sont l'occasion de discussions sur des sujets préfixés, propres à chaque Commission, utilisant les mesures et les expériences décrites dans les rapports des différents Comités Nationaux. Aussi, la rédaction d'un compte rendu tel que celui-ci, dont le but est de montrer les progrès accomplis en trois ans dans des domaines bien déterminés, s'inspire-t-elle de ces rapports qui sont, habituellement, remis à tous les délégués au début de chaque Assemblée.

Il en fut tout autrement à Tokyo où les seuls rapports distribués furent ceux des Comités Japonais et Français. La documentation utilisée ici a donc été trouvée, principalement, dans les comptes rendus des rapporteurs désignés — notamment dans l'excellente synthèse de G.Mck ALLCOCK sur les sifflements — et dans les notes prises au cours des quatre réunions que la Commission IV tint seule, huit autres étant communes à d'autres Commissions dont, principalement, la Commission III.

L'augmentation continue du nombre de ces réunions mixtes, due au développement des questions relatives à la physique de l'espace et à l'intérêt qu'elles soulèvent, avait retenu l'attention du Comité Français l'été dernier. Le développement de l'activité de la Commission IV, à la fois vers l'étude des très basses fréquences et vers celle de la magnétosphère et des ondes hydromagnétiques, avait incité notre Comité à proposer au Comité Exécutif la création d'une nouvelle Commission, spécifique de la magnétosphère. Bien qu'une proposition semblable ait été faite par le Comité Américain, l'idée ne fut pas retenue. La nécessité de modifier quelque chose s'est cependant traduite par la décision de transformer la Commission IV actuelle en Sous-Commission sur le « Bruit radioélectrique d'origine terrestre », la nouvelle Commission IV se spécialisant dans l'étude de la « magnétosphère », sans plus de précision.

Sifflements radioélectriques

Les résultats des observations mondiales, faites pendant et après l'AGI entre les latitudes 25 et 80 degrés géomagnétiques, peuvent se classer de la façon suivante.

1. VARIATION DE LA DISPERSION AVEC LE TEMPS ET LA LATITUDE GÉOMAGNÉTIQUE

De 25 à 53° géomagnétiques, environ, le maximum de dispersion a généralement lieu à la fin de l'après-midi local ou au début de la nuit, le minimum se plaçant aux premières heures de la matinée [1 à 4]. Plus précisément, le rapport de ces deux valeurs extrêmes décroît de 1,8 à 1,2 au solstice de décembre quand la latitude croît, et se maintient à 1,1 au solstice de juin, quelle que soit la latitude.

La valeur du minimum matinal présente une variation annuelle importante à Stanford (44°) et à Port Lockroy (53°), où elle est de 50 % plus élevée en décembre qu'en juin. Aux basses latitudes, à Toyokawa (25°), on constate une variation du même ordre, mais de phase opposée. Aux latitudes intermédiaires, à Wakkanai (35°) et à Poitiers (49,5°), la variation est semi annuelle, avec maximum aux équinoxes et minimum, plus faible d'environ 10 %, aux solstices. Tout se passe, pour Poitiers, comme si l'énergie se propageait sur des trajectoires de latitudes plus faibles d'environ 10° que celle du lieu d'observation. Ceci peut être rattaché à l'anomalie géomagnétique de Cape Town et à la présence de foyers orageux à des latitudes plus basses que celle du point conjugué [4].

2. RELATIONS AVEC L'ACTIVITÉ GÉOMAGNÉTIQUE

a. Occurrence [5 à 10]

La nuit, pendant l'hiver local, aux hautes et moyennes latitudes, l'occurrence des sifflements est maximale pour un certain indice K dont la valeur



Lanternes à Nara, ancienne capitale du Japon (de 645 à 794), que les participants à l'Assemblée de l'U.R.S.I. ont pu visiter lors de l'excursion post-Assemblée organisée par le Comité Japonais.

dépend linéairement de la latitude : par exemple, $K = 5$ pour 40° et $K = 1$ pour 75° . Aux équinoxes, l'activité diminue quand K augmente.

Aux basses latitudes seulement, l'occurrence est maximale un à trois jours après une forte tempête magnétique.

b. Dispersion [1, 2, 3, 8, 11, 12 et 13]

Quelle que soit la latitude, une forte perturbation magnétique ($K \geq 6$) réduit la valeur de la dispersion D : la variation diurne peut atteindre 50 % et D passe par un minimum un à trois jours après le début de la tempête, pour ne reprendre sa valeur normale que plusieurs jours après. La raison en est une variation de la densité d'ionisation le long de la trajectoire [3 et 12], et, à un moindre degré, de la longueur de celle-ci. Y. CORCUFF [11] a montré que certains orages modérés n'affectent pas la valeur de D ; les sifflements sont alors purs et suivis de nombreux échos.

A partir de « nose-whistlers » multiples, où plusieurs composantes fournissent des couples de valeurs « fréquence de nose f_n - temps de propagation minimum t_n », D.L. CARPENTER [14, 15] a trouvé que la courbe f_n, t_n présente une variation brusque de pente pouvant même entraîner une variation de signe de celle-ci. Il interprète cette variation comme une cassure (ou un coude) dans la forme du profil équatorial de l'ionisation, due au changement, à une certaine altitude au-dessus du sol, de la densité électronique qui peut devenir six fois plus faible que la normale. De telles variations du gradient d'ionisation existeraient tout le temps ; elles seraient à une distance géocentrique d'au moins $5,5$ rayons terrestres (R) en périodes calmes, et passeraient à $2,5$ ou $3,5 R$ au moment des fortes perturbations, en accord avec des mesures effectuées par Lunik II.

3. OBSERVATIONS FAITES AU MOYEN DE SATELLITES

Des sifflements avaient déjà été reçus, de nuit,

par Vanguard III, en 1959, entre les latitudes géographiques 17 et 45° , N et S [16]. En 1961, les impulsions émises par NBA et NPG, sur 18 kHz environ, ont été reçues, après avoir parcouru la magnétosphère, par le satellite Lofti I [17]. Depuis le 29 septembre 1962, Alouette décrit une trajectoire quasi circulaire, à $1\ 000$ kilomètres d'altitude, faisant un angle de 80° avec l'équateur. Les sifflements reçus sont purs aux basses latitudes, fusants aux hautes [18]. Il existe des fréquences de coupure, fonctions de la latitude, qui limitent le spectre reçu. Des composantes de dispersions très variables sont parfois enregistrées simultanément : certaines sont dues à des réflexions sur des irrégularités d'ionisation et sur le sol. L'occurrence des sifflements est environ dix fois plus importante au niveau du satellite qu'au sol, à la même latitude, mais les atmosphériques sont beaucoup moins nombreux. Ils sont diffus et proviennent d'éclairs situés sous le satellite ; comme ils ont traversé un milieu ionisé, ils présentent une faible dispersion, de l'ordre de 2 à $3 \frac{1}{2}$.

4. OBSERVATIONS FAITES DANS LES RÉGIONS POLAIRES

Les données analysées montrent qu'en général les trajectoires sont celles de latitudes moyennes et que l'énergie atteint les régions polaires par guidage entre le sol et la région D [19 à 23]. A Godhavn ($79,9^\circ$ N géomagnétiques), le maximum d'occurrence se produit en hiver, comme aux stations antarctiques de même latitude. Mais au lieu d'avoir lieu à minuit local, ce qui est le cas de l'Antarctique et des moyennes latitudes, ce maximum se place vers 08 heures locales, ce qui correspond à des sources situées au nord du Pacifique. Ce résultat est en accord avec les statistiques journalières d'occurrence et avec les dispersions trouvées qui sont celles relatives aux latitudes 52 à 61° géomagnétiques. E. UNGSTRUP [19] suggère que les sifflements ne peuvent arriver du sud à cause de l'existence dans la zone aurorale, au sud et à l'est du

Groënland, d'une région absorbant fortement les ondes longues. Au cours de cette propagation guidée, l'absorption se manifeste encore par l'existence fréquente d'une fréquence de coupure de l'ordre de 4 à 6 kHz, limitant le spectre vers les basses fréquences.

D.L. CARPENTER [24] a reconnu des sifflements, enregistrés à Byrd Station (70° S géomagnétiques), dans la zone aurorale, dont l'énergie a suivi la ligne de force passant par ce lieu : elle culmine à une distance de l'ordre de 8 à 9 rayons géocentriques, là où le champ magnétique terrestre n'est plus que d'environ 60 gammas, ce qui correspond à une f_n de 0,8 kHz. Le maximum d'occurrence se produit, alors, vers midi local.

5. OBSERVATIONS D'IMPULSIONS ÉMISES SUR ONDES LONGUES

Depuis les premiers essais de janvier 1957 [25], utilisant l'émetteur d'Annapolis NSS sur 15,5 kHz, plusieurs autres émetteurs américains ont été mis en service dans la bande 14,7 - 22,3 kHz [26 à 28]. La réception de signaux magnétosphériques ne permet pas le calcul de l'ionisation en altitude, comme cela est possible au moyen des « nose-whistlers » [15, 29], mais indique la possibilité d'une telle propagation. Des signaux ont été reçus à plusieurs milliers de kilomètres de l'émetteur ou de son conjugué. Le retard de ces signaux, par rapport à ceux qui se sont propagés directement, est fonction de la latitude géomagnétique du récepteur ; il est plus faible en juin qu'en décembre et il décroît au cours des perturbations magnétiques. Enfin, la latitude de l'émetteur joue un rôle, mais beaucoup moins important.

6. EFFETS DES EXPLOSIONS NUCLÉAIRES

Les explosions nucléaires produisent des impulsions électromagnétiques intenses dont le spectre présente un maximum vers 10-15 kHz ; elles peuvent donner des sifflements [30, 31]. Les spectrogrammes obtenus sont semblables à ceux des sifflements naturels reçus au même moment : la trajectoire est donc la même.

Après l'explosion à haute altitude du 9 juillet 1962, la réception des sifflements naturels fut interrompue pendant 17 minutes à Wellington, bien que cette station soit située à 3 000 km plus au sud que le point conjugué de l'île Johnson, pour ne redevenir normale qu'au bout d'une heure. La dispersion, encore réduite, était l'indice d'une diminution de l'ordre de 20 à 40 % de la densité électronique.

7. PROCESSUS D'ATTÉNUATION AU COURS DE LA PROPAGATION

En se propageant, l'énergie traverse différents milieux ionisés qui contribuent à son affaiblissement. Si l'on suppose qu'elle se réfléchit à la limite inférieure de l'ionosphère [32, 33, 34], l'atténuation dépend alors de la fréquence, de l'angle que fait la direction de propagation avec celle du champ magnétique et du gradient d'ionisation. Elle peut atteindre 12 dB [35].

Les chocs des électrons contre les molécules neutres, au niveau de la région D, peuvent entraîner, aux latitudes moyennes et pour les ondes les plus longues,

une atténuation proportionnelle à la racine carrée de la fréquence ; elle est de l'ordre de 2 dB la nuit et de 28 dB le jour pour les ondes de 18 kHz.

Mais cette absorption par la région D n'est pas seule en cause. Les données d'occurrence recueillies à Poitiers de 1958 à 1962 [36] montrent, en effet, que le maximum matinal coïncide avec le lever solaire à 300 km d'altitude au point conjugué, juste avant la diminution brutale de l'activité. Cette remarque peut d'ailleurs être mise à profit pour localiser le point conjugué.

Dans un même ordre d'idées, des irrégularités d'ionisation au niveau de la région F, alignées sur le champ terrestre et décelées par rétrodiffusion, disparaissent quand le soleil se lève vers 400 km d'altitude (J.A. THOMAS). Ce moment est aussi celui où la diffusion F disparaît quand elle existe. Ces irrégularités s'étendraient sur 200 km, du nord au sud, et 700 km de l'est à l'ouest. Si elles ne garnissent pas complètement la ligne de force et que leurs dimensions transversales soient beaucoup plus petites que la longueur d'onde, elles peuvent, d'après K. BUDDEN [37], causer un affaiblissement non négligeable.

Le guidage de l'énergie par le conduit ionisé aligné sur la ligne de force dépend de la fréquence. R.L. SMITH a montré théoriquement, et l'expérience a confirmé, qu'il se produit un changement brusque des propriétés du guide quand la fréquence de l'onde est environ moitié de la gyrofréquence électronique locale. Il ne paraît donc pas possible de recevoir des ondes dont la fréquence est plus grande que la moitié de la gyrofréquence minimale existant le long de la trajectoire.

Il faut aussi tenir compte de l'atténuation due au guide sol-région D qui conduit l'énergie depuis sa sortie de l'ionosphère jusqu'au récepteur. Pour la fréquence 5 kHz, J.H. CRARY [39] a trouvé, par le calcul, une valeur de 20 dB pour les 1000 premiers kilomètres sur le sol et de 5 dB sur mer, le jour et la nuit. J. CROUCHLEY et K.J. DUFF [40] observent une différence d'amplitude mesurable en deux points distants de 150 km, ce qui prouve que la zone d'émergence de l'ionosphère a une surface réduite.

Pour aller plus loin dans cette voie, et calculer la perte due à la transmission, il faut connaître la trajectoire et le point de la basse ionosphère par où sort le sifflement. Des mesures goniométriques, réalisées par J.H. CRARY, ont été assez décevantes. Cependant, J. DELLOUE [41] trouve que les directions d'arrivée des sifflements sont rarement horizontales et se groupent nettement autour du champ magnétique et de la verticale, directions faisant entre elles un angle d'environ 19° au lieu d'observation ; les polarisations sont, respectivement, elliptiques et circulaires. Des directions d'arrivées horizontales ont été parfois observées : la polarisation est alors rectiligne. Les diverses composantes d'un sifflement multiple ont, en général, des directions d'arrivée et des polarisations voisines mais différentes, ce qui confirme l'existence simultanée de plusieurs trajectoires.

Au cours de ces mesures, des anomalies ont été constatées ; elles se traduisent par l'existence de différences variables d'amplitude et de phase entre

les signaux reçus par des cadres identiques, parallèles et voisins. Les figures d'interférence produites au sol par les ondes multiples réfléchies sur des irrégularités de la région D expliqueraient ce phénomène qui ne provient pas de l'équipement utilisé [42].

8. EFFETS DES IONS SUR LES SPECTRES DE SIFFLEMENT

Les spectres obtenus aux basses latitudes doivent se modifier du côté des basses fréquences à cause de la valeur de la gyrofréquence protonique [43]. Pour une valeur double de celle-ci, soit au-dessous de 1 kHz, la dispersion doit passer par un faible maximum d'environ 10 %.

L'expérience [44 à 46] ne montre pas ce maximum, bien que la dispersion croisse quand la fréquence diminue. Des mesures récentes, faites au moyen de fusées et de satellites [47 à 50], indiquent une densité d'ions hélium plus grande que celle des protons. L'augmentation de la dispersion, mesurée par Alouette [18], est, pour un sifflement de basse latitude, de l'ordre de 15 % à l'extrémité inférieure du spectre enregistré, soit vers 0,6 kHz, ce qui est trop grand pour être uniquement dû aux ions.

Bruit naturel à basse fréquence

On sait que ce bruit se propage comme les sifflements, bien que son origine ne soit pas l'éclair. Il est produit par l'interaction du plasma d'origine solaire et de la magnétosphère et se manifeste sous forme de transitoires qui, associés, donnent le chœur, ou de souffle, bruit continu occupant une certaine bande de fréquence.

En France, le maximum d'occurrence du chœur se situe vers 06 h TU et son amplitude varie comme l'heure du lever solaire au sol, du côté récepteur [36]. Celui du souffle n'est pas aussi net ; il a lieu aux environs de 05 h TU. Les deux phénomènes sont corrélés avec l'agitation magnétique et leur activité est maximale pour des valeurs de K_p égales à 6 pour le chœur et 7 pour le souffle. Les courbes d'occurrence du chœur et de l'indice A_p présentent, tout au long de l'année, les mêmes variations, avec un maximum au solstice de décembre et un minimum à celui de juin. De plus, les moyennes annuelles de ces deux paramètres sont synchrones et présentent un maximum en 1960.

La largeur de bande du souffle, enregistré par Alouette, à 1000 km d'altitude, est plus étroite qu'au sol, au même instant. Par contre, la réception de souffle au-dessous de 1 kHz y est plus fréquente. En général, la limite inférieure de la fréquence reçue tend à diminuer quand la latitude augmente [18].

Du côté des très basses fréquences, on rencontre les pulsations rapides structurées [51] qui sont des trains d'oscillations à fréquence croissante, de l'ordre de 1 Hz, se répétant à des intervalles de temps d'environ 2 minutes. La fréquence propre du phénomène et sa fréquence de récurrence sont corrélées. Selon R. HEACOCK [52], la première de ces fréquences serait celle d'oscillation de particules piégées entre les points miroirs ; la seconde serait due au temps de

rotation de ces trajectoires autour de la terre, conséquence d'une dérive en longitude. Les résultats expérimentaux de R. GENDRIN sont en faveur de cette théorie. Les particules sont des protons d'énergie comprise entre 4 et 30 MeV qui sont piégés sur des coquilles magnétiques dont le paramètre de Mc ILWAIN [53] est compris entre 1,5 et 4.

L'éclair, source d'atmosphériques

Les relations entre les atmosphériques et les différentes espèces de décharge orageuse, l'étude du spectre rayonné par l'éclair quand il se produit entre nuages ou entre nuage et sol, ont fait l'objet de nombreux travaux, principalement au Japon [54]. L'atténuation subie par les atmosphériques au cours de leur propagation varie peu de 4 à 10 kHz et est de l'ordre de 7 à 9 dB/1 000 km pour la fréquence 6 kHz ; elle n'est plus que de 1 à 3 dB/1000 km au-dessus de 10 kHz comme on l'a, du reste, constaté avec des ondes longues.

La correspondance entre les éruptions chromosphériques solaires et l'augmentation subite du niveau des atmosphériques, dans la bande 10 à 30 kHz, a été précisée. Les explosions nucléaires à haute altitude provoquent un effet analogue qui s'interprète par une augmentation de 50 % de la densité électronique de la région D qui s'abaisse d'environ 5 km. Selon E.T. PIERCE, cet apport d'électrons est principalement dû aux rayons X et aux neutrons produits par l'explosion, qui disparaissent en donnant des électrons.

L'influence de la latitude sur le nombre des décharges au sol et sur le spectre des atmosphériques a aussi été étudiée. La comparaison des spectres obtenus à Slough et à Singapour indique qu'aux basses latitudes, le rapport de l'énergie basse fréquence à l'énergie haute fréquence peut être supérieur de 10 dB à ce qu'il est aux latitudes moyennes. Si N et N_s sont respectivement le nombre total d'éclairs et le nombre de décharges atteignant le sol, en un lieu de latitude λ , E.T. PIERCE [55] propose la relation suivante :

$$N_s = (0,1 + 0,35 \sin \lambda) N$$

qui s'accorde assez bien avec l'observation.

Mesure du bruit radioélectrique

Les mesures du niveau de bruit faites pendant et depuis l'AGI ont fourni un grand nombre de données, principalement sur la distribution de probabilité des amplitudes et la cadence des atmosphériques. Ces résultats ont été communiqués au CCIR et appliqués au problème de la gêne que ce bruit apporte aux télécommunications. Mais il y a encore beaucoup à faire, par exemple, pour savoir s'il est licite d'interpoler les données obtenues en des stations distantes, pour obtenir des renseignements valables dans les régions polaires, où les conditions météorologiques ne favorisent pas les observations à quelque distance de la base, ou, enfin, pour tenir compte de certains phénomènes, tels que les tornades.

Il est prévu, au cours des AISC, et en plus des enregistrements statistiques mondiaux sur 27 kHz, d'éta-

blir un réseau d'enregistrement du spectre, s'étendant de 40 Hz à 550 kHz, à bande passante étroite, d'augmenter le nombre des compteurs d'éclairs proches de façon à pouvoir tracer des cartes de bruit, de faire, enfin, de nombreuses mesures en altitude par fusées ou satellites.

L'étude de la plus basse partie du spectre, jusqu'à 1 Hz, rejoint celle des micropulsations géomagnétiques. Dans ce domaine, la détermination du spectre de résonance de la cavité Terre-Ionosphère, probablement sous l'influence des effets intégrés des atmosphériques, pourrait permettre de caractériser l'activité orageuse mondiale. R. GENDRIN et R. STÉFANT [56] ont, en effet, montré que la variation diurne d'intensité de ce spectre au cours d'une semaine s'accorde avec l'évolution correspondante de l'activité orageuse.

ANNEXE

COMMISSION IV

SOUS COMMISSION DES OBSERVATIONS SYNOPTIQUES DE SIFFLEMENTS

RECOMMANDATIONS

concernant le programme d'observation et d'enregistrement au cours des années Internationales du Soleil Calme.

1. OBSERVATIONS SYNOPTIQUES

Il est recommandé :

— d'effectuer des observations synoptiques à toutes les latitudes ;

— d'établir des stations en des points magnétiquement conjugués ;

— d'étendre la largeur du spectre enregistré de façon à y inclure la bande 15-20 kHz, afin de pouvoir utiliser les signaux des émetteurs situés dans cette bande comme marques de temps ;

— aux stations de moyenne et basse latitudes, d'étendre la largeur du spectre enregistré au-dessus de 20 kHz pour connaître la latitude des trajectoires suivies par les sifflements ;

— d'effectuer les enregistrements magnétiques de H + 50 à H + 52 mn ;

— de relire, au minimum, un enregistrement sur 3, de préférence, ceux de 0050, 0350, 0650... 1850, 2150 TU, pendant les jours ordinaires. De relire tous les enregistrements horaires pendant les jours mondiaux ou spéciaux des AISC ;

— de présenter les résultats de ces écoutes dans la forme habituelle, déjà utilisée au cours de l'AGI.

2. DONNÉES D'OCCURRENCE

Il est recommandé de signaler régulièrement aux Centres Mondiaux l'existence des données d'occurrence afin que les chercheurs puissent en être informés et les obtenir en se mettant directement en relation avec les stations d'observation.

3. DONNÉES DE DISPERSION

Il est recommandé aux stations suivantes :

Argentine Islands	Poitiers
Moscou	Stanford
Moshiri	Wellington

— de calculer la dispersion d'au moins un sifflement typique par jour, enregistré, de préférence, entre 0150 et 0350 heures locales ;

— d'informer régulièrement les Centres Mondiaux de l'existence de ces données dont les méthodes d'obtention seront communiquées, sur demande, aux chercheurs.

4. ENREGISTREMENT CONTINU DES BRUITS A BASSE FRÉQUENCE

Pour connaître les variations de ce bruit en fonction du temps, il est recommandé, principalement aux stations de moyenne et

haute latitudes, de l'enregistrer continuellement dans la bande utilisée pour les sifflements, soit de 0,3 à 30 kHz. Il serait utile que la valeur de l'amplitude soit connue.

5. OBSERVATIONS EN DES POINTS CONJUGUÉS

On s'efforcera de déterminer la relation entre les caractéristiques du bruit enregistré aux points conjugués et l'on notera l'importance des observations faites au voisinage des zones aurorales et des calottes polaires.

6. PROPAGATION MAGNÉTOSPHÉRIQUE D'IMPULSIONS SUR ONDES LONGUES

L'attention est attirée sur l'intérêt que présente l'observation des émissions faites sur ondes longues pour l'étude de l'atténuation et du fading des signaux reçus. A l'heure actuelle, il faut considérer ces observations comme complémentaires et non pas destinées à remplacer celles des sifflements naturels.

7. OBSERVATIONS AU MOYEN DE FUSÉES ET SATELLITES

Il est recommandé d'utiliser fusées et satellites pour étudier la propagation magnétosphérique et l'origine du bruit à basse fréquence. Ces expériences devront être coordonnées avec des mesures faites au sol, aux latitudes géomagnétiques survolées par les engins.

8. SUJETS CONNEXES

Chaque fois que cela sera possible il est recommandé d'enregistrer sifflements et bruit aux endroits où des mesures magnétiques ou ionosphériques sont déjà faites. On pense que les phénomènes suivants ont des rapports avec les sifflements et le bruit : fluctuations aurorales (par observation directe ou par photographie), micropulsations géomagnétiques, tempêtes magnétiques, densité électronique dans la région F et absorption ionosphérique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] KIMPARA A. — *Proc. Res. Inst. of Atmosph.*, Nagoya Univ., 9, 1962, 5.
- [2] CORCUFF Y. — *Ann. de Géophys.*, 18, 1962, 334.
- [3] CARPENTER D.L. — *J. Geophys. Res.*, 67, 1962, 3345.
- [4] RIVault R. et CORCUFF Y. — *Ann. de Géophys.*, 16, 1960, 550.
- [5] KIMPARA A. — *Nature*, 186, 1960, 230.
- [6] CROUCHLEY J. — *Aust. J. Phys.*, 14, 1961, 22.
- [7] ALLCOCK G. Mck et RODGERS M.F. — *J. Geophys. Res.*, 66, 1961, 3953.
- [8] OUTSU J. et IWAI A. — *Proc. Res. Inst. of Atmosph.*, 9, 1962, 19.
- [9] BARRINGTON R.E. et THOMPSON W.E. — *Can. J. Phys.*, 40, 1962, 775.
- [10] LAASPERE T., MORGAN M.G. et JOHNSON W.C. — *PIRE*, V 51, N° 4, 1963.
- [11] CORCUFF Y. — *Ann. de Géophys.*, 17, 1961, 374.
- [12] CARPENTER D.L. — *J. Geophys. Res.*, 67, 1962, 135.
- [13] CARPENTER D.L. — Report SEL 62-059, Stanford Univ., 1962.
- [14] CARPENTER D.L. — *J. Geophys. Res.*, 68, 1963, 1675.
- [15] SMITH R.L. — *J. Geophys. Res.*, 66, 1961, 3709.
- [16] CAIN J.C. et al. — *J. Geophys. Res.*, 66, 1961, 2677.
- [17] LEIPHART J.P. et al. — *PIRE*, 50, 1962, 6.
- [18] BARRINGTON R.E. et BELROSE J.S. — *Nature*, 198, 1963, 651.
- [19] UNGSTRUP E. — Report N° 12, Iono. Lab. Royal Tech. Univ., Denmark, 1962.
- [20] ALLCOCK G. Mck. — *Nature*, 188, 1960, 732.
- [21] MARTIN L.H. — *Nature*, 187, 1960, 1018.
- [22] MARTIN L.H. — *Nature*, 181, 1958, 1796.
- [23] UNGSTRUP E. — *Nature*, 184, 1959, 806.
- [24] CARPENTER D.L. — *J. Geophys. Res.*, 68, 1963, 3727.
- [25] HELLIWELL R.A. et GEHRELS E. — *PIRE*, 46, 1958, 785.
- [26] HELLIWELL R.A. et al. — Report SEL 62-035, Stanford Univ., 1962.
- [27] DOWDEN R.L. et GOLDSTONE G.T. — *Nature*, 183, 1959, 385.
- [28] WILLARD H.R. — *J. Geophys. Res.*, 66, 1961, 1976.

- [29] SMITH R.L. et CARPENTER D.L. — *J. Geophys. Res.*, 66, 1961, 2582.
- [30] HELLIWELL R.A. et CARPENTER D.L. — *J. Geophys. Res.*, 68, 1963, 4409.
- [31] ALLCOCK G. Mck et al. — *J. Geophys. Res.*, 68, 1963, 735.
- [32] HELLIWELL R.A. — Whistlers and related phenomena, Stanford Univ. 1956.
- [33] MAEDA K. et KIMURA I. — Report Ionosph. Res. in Japan, 10, 1956, 105.
- [34] HODARA H. — *PIRE*, 50, 1962, 2000.
- [35] ALTMAN C. et CORY H. — *J. Geophys. Res.*, 67, 1962, 4086.
- [36] CORCUFF Y. et FISSON F. — *Ann. de Géophys.*, 19, 1963, 244.
- [37] BUDDEN K. — *J. Res. Nat. Bureau of Standards*, 63D, 1959, 135.
- [38] SMITH R.L. — *J. Geophys. Res.*, 66, 1961, 3699.
- [39] CRARY J.H. — Techn. Report N° 9, Radio Science Lab., Stanford Univ., 1961.
- [40] CROUCHLEY J. et DUFF K.J. — *Aust. J. Phys.*, 15, 1962, 470.
- [41] DELLOUE J. et al. — C.R. Acad. des Sciences, 257, 1963, 1131.
- [42] DELLOUE J. et GARNIER M. — C. R. Acad. des Sciences, 257, 1963, 1327.
- [43] STOREY L.R.O. — *Can. J. Phys.*, 34, 1956, 1153.
- [44] OUTSU J. et IWAI A. — *Proc. Res. Inst. Atm.*, Nagoya Univ., 6, 1959, 44.
- [45] BARRINGTON R.E. et NISHIZAKI T. — *Can. J. Phys.*, 38, 1960, 1642.
- [46] PATTERSON T.N.L. — *Planet. Space Science*, 8, 1961, 71.
- [47] HANSON W.B. — *J. Geophys. Res.*, 67, 1962, 183.
- [48] BOURDEAU R.E. et al. — *J. Geophys. Res.*, 67, 1962, 467.
- [49] BAUER S.J. et JACKSON J.E. — *J. Geophys. Res.*, 67, 1962, 1675.
- [50] KING J.W. — *Nature*, 197, 1963, 639.
- [51] GENDRIN R. — *Ann. de géophys.*, 19, 1963, 1.
- [52] HEACOCK R.R. — *J. Geophys. Res.*, 68, 1963, 589.
- [53] ILWAIN C.E.Mc. — *J. Geophys. Res.*, 66, 1961, 3681.
- [54] Progress in Radio Science in Japan, Tokyo, 1963.
- [55] PIERCE E.T. et al. — Report AF 33(657)-7009, 1962, Stanford Res. Inst.
- [56] GENDRIN R. et STEFANT R. — *AGARD*, Munich 1962.
-

GUIDAGE DES ONDES

(Commissions II, III et IV)

PAR

F. DU CASTEL

Centre National d'Etudes des Télécommunications

Au cours de l'Assemblée Générale de Tokyo, une séance commune aux trois Commissions II (Troposphère), III (Ionosphère) et IV (Magnétosphère), organisée par la Commission IV, a été consacrée au problème du guidage des ondes. La théorie du guidage a été d'abord mise au point dans l'étude des conduits troposphériques [BOOKER et WALKINSHAW, 1946], qui joua un rôle important dans l'évolution des recherches sur la propagation troposphérique transhorizon*. Elle fut récemment étendue au cas de la magnétosphère par deux études d'ensemble [VOGE, 1961-1962 ; BOOKER, 1962], qui examinèrent les conditions de guidage d'une onde par une irrégularité d'ionisation présente le long du champ magnétique terrestre. Le spectre de fréquences intéressées s'étend alors de quelques hertz à quelques mégahertz, c'est-à-dire du domaine hydromagnétique au domaine radioélectrique. En outre la théorie du guidage fut appliquée au cas particulier de la cavité formée par l'ensemble terre-ionosphère, dont la fréquence de résonance se situe au voisinage de 8 Hz [WAIT, 1962].

La théorie du guidage fait appel à la notion de modes, et nécessite des développements mathématiques rapidement complexes, faisant intervenir les fonctions sphériques. Des travaux récents [WAIT, 1962] ont fait largement progresser l'analyse théorique du problème ; ils ont été présentés par J.R. WAIT. Il est cependant possible, dans le cas d'un guidage par une irrégularité de structure du milieu, d'avoir une vue simplifiée du problème à partir de l'approximation des rayons.

Rappelons les bases de cette théorie simplifiée, avant d'aborder quelques domaines d'application. Pour qu'un rayonnement puisse être guidé le long d'une surface courbe, deux conditions doivent être remplies. La première est une condition de réfraction, la distribution verticale de l'indice $n(z)$ devant être telle que le rayonnement qui pénètre dans le guide sous un

angle α_0 soit successivement réfracté de part et d'autre de l'irrégularité (fig. 1). Pour tenir compte de la courbure ρ supposée grande de la structure, on introduit, au lieu de l'indice n , un indice modifié $m = n(1 + z/\rho)$, auquel on applique la loi de Descartes, soit, α étant

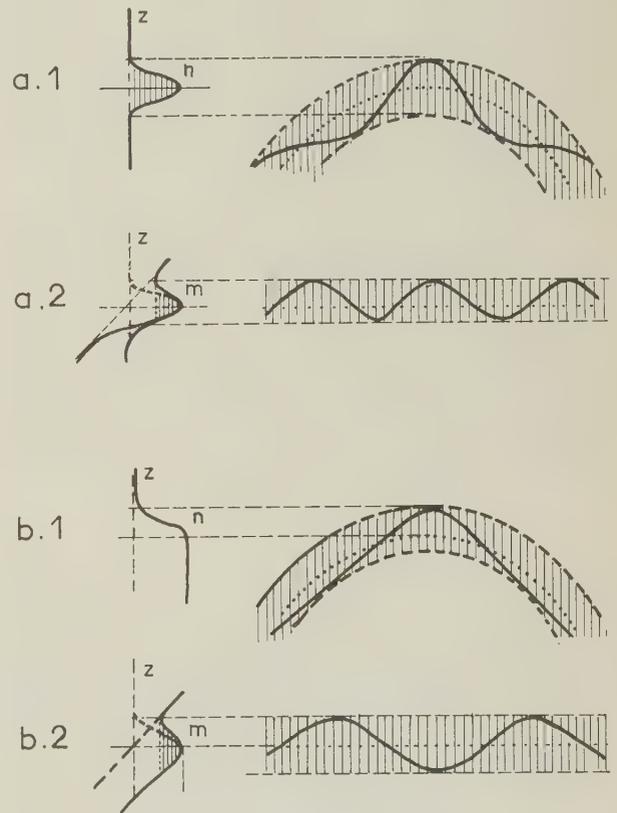


FIG. 1. — Guidage le long d'une surface courbe.

- a) cas d'un feuillet
- b) cas d'une discontinuité
- 1) courbe de l'indice de réfraction n
- 2) courbe de l'indice modifié $m = n(1 + z/\rho)$

* On trouvera un exposé historique et scientifique de cette question dans *Propagation troposphérique et faisceaux hertziens transhorizon*, Editions Chiron, Paris, [DU CASTEL, 1961 (Ch. I et Ch. IV)].

l'angle d'inclinaison en un point quelconque de la trajectoire :

$$d[m \cos \alpha] = 0 \quad (1)$$

La seconde condition concerne la cohérence de phase. Dans un plan normal à la direction de propagation, les diverses trajectoires correspondant à un angle initial α_0 donné doivent être en phase. Cette condition s'écrit :

$$2 \left[\frac{2\pi}{\lambda} \int_{-h'}^h m \sin \alpha dz + \frac{\pi}{2} \right] = 2\pi p \quad (2)$$

h et $-h'$ étant les altitudes de réflexion. Le terme $\pi/2$ correspond au déphasage d'une réflexion totale au voisinage d'une caustique. Le nombre p est un entier correspondant à l'ordre des divers modes pouvant être guidés.

Ces deux relations permettent d'en établir une nouvelle entre l'amplitude δn de l'irrégularité (et son épaisseur $2h$) et la longueur d'onde dans le milieu λ/n . Dans le cas d'une simple discontinuité δn , et pour le mode principal ($p = 1$) cette relation s'écrit :

$$\frac{\delta n}{n} = 0,54 \left(\frac{\lambda}{n\rho} \right)^{2/3} \quad (3)$$

L'application de la théorie du guidage à un milieu non ionisé, tel que la troposphère, permet de rendre compte des propagations observées à grande distance avec un faible affaiblissement. Ce problème fait l'objet de recherches nouvelles dans l'étude de la propagation sur mer. Celles-ci ont été décrites dans une communication de F. MACDONALD [RINGWALT et MACDONALD, 1961].

Le cas général de la magnétosphère a fait l'objet d'un rapport de H. BOOKER. Il convient dans ce cas de passer de l'indice n à l'ionisation N , en utilisant soit la relation d'APPLETON-HARTREE dans le domaine des fréquences radioélectriques, soit la relation plus générale du domaine des fréquences hydromagnétiques. Dans le cas d'une simple discontinuité ΔN , pour les ondes radioélectriques la relation (3) devient ainsi :

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{n^2}{1-n^2} 0,54 \left(\frac{\lambda}{n\rho} \right)^{2/3} \quad (4)$$

Dans la large gamme de fréquences couvrant les domaines de la radioélectricité et de l'hydromagnétisme, deux cas doivent être distingués, suivant qu'on se trouve au-dessus ou au-dessous de la gyrofréquence électronique. Aux fréquences supérieures on a en effet un indice inférieur et voisin de 1, aux fréquences inférieures un indice anisotrope et plus grand que 1.

Pour les fréquences supérieures on peut utiliser l'approximation radio-électrique longitudinale pour l'expression de l'indice soit :

$$n = \left[1 - \frac{f_N^2}{f(f \pm f_H)} \right]^{1/2} \quad (5)$$

(f_N fréquence de plasma électronique, f_H gyrofréquence électronique).

Le guidage peut avoir lieu au-dessous de l'irrégularité (du fait de la courbure) si la variation d'ionisation est positive, et à l'intérieur si elle est négative. Certains auteurs ont fait appel à un tel guidage pour l'interprétation d'échos à long retard observés par radar décimétrique [OBAYASHI, 1959 ; GALLET et al., 1961]. Une expérience semblable a fait l'objet d'une communication de F. DU CASTEL [1963]. Un autre cas où il est fait appel à ce même phénomène est celui d'échos anormaux observés par le satellite Alouette effectuant des sondages ionosphériques par en haut, qui ont fait l'objet d'une communication de J.H. CHAPMAN [MULDREW, 1963]. Un mode ordinaire et un mode extraordinaire peuvent d'ailleurs se propager dans ce cas.

Pour les fréquences inférieures, le problème est plus complexe du fait de l'anisotropie du milieu. Pour la partie supérieure du spectre on peut utiliser l'approximation des « sifflements » pour l'expression de l'indice, soit pour le seul mode pouvant se propager (mode extraordinaire) :

$$n = \left[\frac{f_N^2}{f(f_H \cos \alpha - f)} \right]^{1/2}$$

La propagation restant quasi-longitudinale par rapport au champ magnétique, le mode de propagation est voisin du cas précédent. Le guidage peut également avoir lieu à l'intérieur de l'irrégularité si la variation d'ionisation est positive et en-dessous si elle est négative. Il a été fait appel à ce mode de propagation pour interpréter certains résultats observés dans l'étude des sifflements naturels [HELLIWELL, 1960], notamment les observations de sifflements multiples.

Pour la partie inférieure du spectre, les fréquences ioniques (fréquence de plasma et gyrofréquence) interviennent dans l'expression de l'indice. Il peut exister un guidage du type précédent pour les deux ondes ordinaire et extraordinaire, mais la vitesse de propagation de groupe devient faible et tend vers la vitesse d'ALFVEN, pendant que l'épaisseur du guidage devient très importante. En outre l'anisotropie du milieu peut introduire certains modes de propagation à vitesse de phase non longitudinale [VOGE, 1962], et il peut être fait appel à eux pour interpréter l'origine de certains bruits naturels à extrêmement basse fréquence [GENDRIN, 1961].

L'ensemble des résultats concernant la magnétosphère peut être schématisé sur la figure 2 [BOOKER, 1962]. Pour une latitude géomagnétique de 45° on trouve la valeur de discontinuité d'ionisation $\Delta N/N$ et l'épaisseur de guidage correspondant à des fréquences comprises entre 0,1 Hz et 10 MHz. On voit que l'ampleur de la discontinuité dans le cas des hautes fréquences, et la dimension du guide dans le cas des basses fréquences limitent le spectre utile à la gamme déjà importante s'étendant de quelques Hz à quelques MHz. Dans une zone intérieure à celle-ci et couvrant près de 4 décades, il suffit d'une discontinuité très faible pour qu'un guidage existe. C'est dire

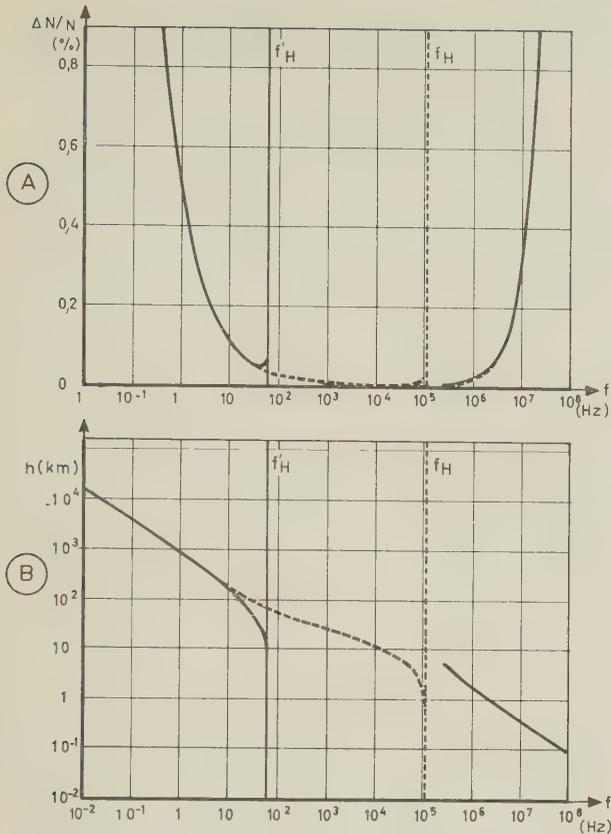


FIG. 2. — Conditions de guidage à la latitude magnétique 45°
 a) amplitude de la discontinuité $|\Delta N/N|$
 b) épaisseur de guidage

En traits pleins : mode ordinaire ; en traits pointillés : mode extraordinaire.

f_H gyrofréquence électronique, f'_H gyrofréquence ionique.

que le processus de propagation guidée peut être un phénomène assez courant dans la magnétosphère.

Il resterait encore à savoir quelles sont les discontinuités d'ionisation existant réellement dans la magnétosphère, et quelle peut être leur origine aux diverses latitudes. Ce problème est encore à peine abordé tant expérimentalement que théoriquement.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BOOKER H.G. — Guidance of radio and hydromagnetic waves in the magnetosphere. *J.G.R.*, 67, 4135-4162, 1962.
- [2] BOOKER H.G. et WALKINSHAW W. — The mode theory of tropospheric refraction in Meteorological factors in radio-wave propagation, *Phys. Soc.*, London, 1946 (80-127).
- [3] DU CASTEL F. — Propagation troposphérique et faisceaux hertziens transhorizon. Ed. Chiron, Paris, 1961.
- [4] DU CASTEL F. — Recherche expérimentale sur le guidage géomagnétique des ondes décamétriques. *Ann. Télécom.*, 18, 177-184, 1963.
- [5] GALLET R.M., UTLAUT W.F. — Evidence of the laminar nature of the exosphere obtained by means of guided HF wave propagation. *Phys. Rev. Lett.*, 6, 591-594, 1961.
- [6] GENDRIN R. — Le guidage des whistlers par le champ magnétique. *Plan. Sp. Sci.*, 5, 274-282, 1961.
- [7] MULDREW D.B. — Radio propagation along magnetic field-aligned sheets of ionisation observed by Alouette. *J.G.R.*, 68, 5355-5369, 1963.
- [8] OBAYASHI T. — A possibility of long distance HF propagation along the exospheric field-aligned ionization. *Rep. Ion. Sp. Res. Japan*, 13, 177-186, 1959.
- [9] RINGWALT D.L., MACDONALD F.C. — Elevated duct propagation in the tradewinds. *Trans. IRE*, AP9, 377-383, 1961.
- [10] SMITH R.L., HELLIWELL R.A., YABROFF I.W. — A theory of trapping of whistlers in field aligned columns of enhanced ionization. *J.G.R.*, 65, 815-823, 1960.
- [11] VOGÉ J. — Propagation guidée le long d'un feuillet atmosphérique ou (plus particulièrement) exosphérique (1 et 2). *Ann. Télécom.* 16, 288-295, 1961, et 17, 34-43, 1962.
- [12] WAIT J.R. — Electromagnetic waves in stratified media. Pergamon Pr., 1962.

RADIOASTRONOMIE

(Commission V)

PAR

J.L. STEINBERG

Observatoire de Meudon

Secrétaire de la Commission V de l'URSI

Radioastronomie (Commission V)

Les réunions de la Commission V de l'URSI à l'Assemblée générale de Tokyo ont comporté les sessions spécialisées suivantes :

- Emission Galactique ;
- Emissions des sources discrètes ;
- Emissions du Soleil calme ;
- Emissions du Soleil actif ;
- Problèmes instrumentaux ;
- Plus diverses réunions de caractère administratif.

Au cours de chaque réunion un exposé introductif a été fait par le Président désigné, exposé qui représentait une mise au point des connaissances acquises depuis la dernière Assemblée Générale (Londres 1960). Des contributions individuelles étaient présentées ensuite. Dans l'ensemble, il est clair que la décision de traiter des sujets aussi variés, en fait toute la Radioastronomie, ne pouvait aboutir qu'à une course contre la montre et c'est bien ce qui s'est produit. En particulier la session instrumentale, où les équipements existants et en projet auraient pu être étudiés, s'est révélée beaucoup trop courte. De même la session consacrée aux sources discrètes.

Les sessions administratives ont été surtout consacrées au problème des allocations de fréquence pour la Radioastronomie et à la discussion des projets de réorganisation de l'URSI. La présidence de la Commission V a été confiée au Professeur W. CHRISTIANSEN (Australie), la vice-présidence au Professeur HATANAKA (Japon), malheureusement disparu depuis, qui seront assistés de J. FINDLAY (USA) et J.-L. STEINBERG (France) comme secrétaires.

Il ne saurait être question de donner ici un aperçu même partiel de tous les sujets traités au cours de ces sessions. La Radioastronomie se développe toujours

impétueusement. Le perfectionnement incessant des instruments et des méthodes de traitement de l'information reçue a abouti à une situation où les comparaisons entre observations radioélectriques et optiques deviennent essentielles. De cette confrontation jaillissent des problèmes nouveaux, passionnants et d'une importance que l'on pressent cruciale pour notre connaissance de l'Univers.

Radioastronomie galactique

L'exposé de G. WESTERHOUT met en évidence les découvertes fondamentales faites dans les trois dernières années : la polarisation du rayonnement du fond continu et la rotation due à l'effet Faraday sur l'émission des sources discrètes. L'émission galactique sur 21 cm commence à être bien connue, les différences qui subsistent entre les observations boréales et australes étant très faibles. L'émission de l'hydrogène ionisé est étudiée avec un pouvoir séparateur croissant, permettant de fructueuses comparaisons avec l'observation optique. De nombreuses sources correspondent à des restes de supernovae. Les contributions individuelles concernent principalement les mesures australiennes (BOLTON) de la polarisation du fond continu, la polarisation instrumentale (SHAKESHAFT, MULLER et SMITH) et les mesures sur fréquences très basses (jusqu'à 750 kHz) à bord de fusées (HADDOCK et SMITH).

Sources discrètes

L'exposé introductif est fait par M. RYLE. Les observations de radiosources ont permis d'établir différents catalogues comportant plus de sources, de positions mieux connues (10 à 50" en déclinaison, 10" en ascension droite). Les désaccords entre obser-

vations faites avec des interféromètres et des appareils à faisceau unique ont été expliqués. Les structures des restes de supernovae galactiques et des radiogalaxies, leur spectre, leur polarisation ont été étudiés.

L'étude de la rotation du plan de polarisation en fonction de la fréquence fournit des indications sur le champ magnétique dans la source et sur le trajet de l'onde émise. La précision accrue des mesures de position a permis l'identification optique de 20 galaxies normales et de 50 radiogalaxies ; on a pu mesurer optiquement la distance de 47 de ces objets extragalactiques, ce qui permet d'atteindre la luminosité radioélectrique de ces objets. Certaines radiosources présentent un noyau très petit et extrêmement brillant qui les fait ressembler à des étoiles. Quelques autres, enfin, semblent variables et présentent des sursauts analogues aux plus grands sursauts solaires. Les comptages de sources semblent indiquer que la densité des sources faibles croît avec leur distance jusqu'à une certaine limite pour décroître au delà, résultats qui doivent être expliqués par tout modèle cosmologique ; 25 % des sources semblent être plus lointaines que 2 000 Mpc (soit 7 milliards d'années-lumière).

L'ensemble des observations pose de nouveaux problèmes théoriques particulièrement en ce qui concerne les radiogalaxies, par exemple pour expliquer l'origine de l'énergie fabuleuse de ces sources (10^{62} ergs pour Cyg. A et 3C 295). Parmi les mécanismes proposés, on peut noter les collisions de galaxies (hypothèse maintenant abandonnée), l'explosion d'une grande quantité de supernovae, une catastrophe à l'échelle d'une galaxie, ou l'explosion d'une super-supernova de 10^6 à 10^8 masses solaires. Une fois l'énergie « créée » le théoricien doit encore trouver un mécanisme pour la convertir en particules rapides qui pourront rayonner dans un champ magnétique par effet synchrotron.

L'étude des radiosources discrètes a progressé considérablement dans les dernières années. Nos connaissances à leur sujet ne sont pas encore suffisantes pour nous permettre un choix entre les différents modèles d'Univers, mais on sent bien que cette possibilité nous sera bientôt offerte en particulier grâce à la mise en œuvre des radiotélescopes puissants qui sont en construction et en projet. Cette session a été une des plus passionnantes de l'Assemblée. Les interventions individuelles ont apporté une grande quantité d'observations très récentes, en particulier, les mesures sur 3 cm (HADDOCK), les observations d'occultations par la Lune (BOLTON et HADDOCK) et les mesures de polarisation.

Emissions solaires

Elles ont été l'objet de deux sessions, l'une concernant le Soleil calme, (CHRISTIANSEN, Président) et l'autre le Soleil actif (HATANAKA, Président). Dans l'ensemble, les observations solaires n'ont pas apporté de résultats essentiellement nouveaux dans les dernières années, probablement à cause de la diminution de l'activité solaire, du faible nombre de groupes puissamment outillés pour cette étude et du développement des observations de radioastronomie galactique



FIG. 1. - Radiotélescope de 10 mètres de diamètre, destiné à l'observation des radiosources à 3 750 et 9 400 MHz. Institut de Recherches de Toyokawa (Japon).

et extragalactique. La plupart des communications avaient trait à l'émission du Soleil calme et à ses variations au voisinage du minimum du cycle (variation lente du diamètre apparent et de la forme du Soleil observé sur 3 et 4 cm, variation du flux global, faible sur 3 cm mais plus grande sur 10 cm), à l'étude de la couronne par occultation des radiosources, aux variations d'intensité et d'altitude des centres d'orages radioélectriques avec leur longitude, enfin aux théories des sursauts. En ce qui concerne ce dernier sujet, on est encore loin d'obtenir un accord sérieux sur les différentes théories proposées. L'analyse statistique des observations faites pendant la dernière période d'activité solaire se poursuit (Mise en évidence de plusieurs phases dans les sursauts de type IV, de plusieurs genres de spectres, étude de la largeur de bande des types IV, de la polarisation et de la directivité de ces émissions).

Il faudra probablement attendre la mise en service des nouveaux instruments en projet en Australie, en France et au Japon pour que certains problèmes de radioastronomie solaire soient résolus au cours du prochain cycle d'activité.

Problèmes instrumentaux

Les progrès réalisés depuis 3 ans ont été exposés par E.J. BLUM. Les récepteurs ont été améliorés par l'emploi d'amplificateurs à faible bruit (masers et surtout amplificateurs paramétriques, diodes tunnel aussi), par l'introduction des transistors (qui permettent de répartir un grand nombre d'amplificateurs sur d'énormes surfaces collectrices) des dispositifs à corrélation (qui diminuent ou éliminent complètement l'effet des variations de gain). Dans le domaine des antennes on note la construction de réflecteurs de plus en plus grands (100 m de diamètre à Greenbank, 200 m de large à Nançay, 300 m de diamètre à Puerto-Rico) l'abaissement du niveau de rayonnement reçu du sol (antennes froides), la conception de réseaux de plus en plus complexes et de mieux en mieux adaptés aux observations à faire (Héliographe circulaire de Wild, réseaux de Blum à Nançay, Croix du Bénélux).

Il semble que l'on ait atteint les dimensions maxi-



FIG. 2 - Interféromètre à 9 400 MHz utilisant 18 antennes (dont 16 identiques), destiné à la localisation des centres d'activité solaire. Institut de Recherches de Toyokawa (Japon).

males pour les réflecteurs uniques. La plupart des aériens en cours d'étude comporteront des ensembles de réflecteurs reliés entre eux par amplificateurs et lignes, des calculateurs électroniques combinant ensemble l'information reçue par toutes les paires d'antennes élémentaires pour réaliser une véritable synthèse d'un aérien unique. Au cours du traitement de l'information, on peut introduire des corrections

qui donnent à l'instrument synthétisé des performances supérieures à tout instrument réel.

Plusieurs radioastronomes ont donné des descriptions intéressantes d'instruments récemment mis en service ou en projet. Notons que le coût des instruments en construction atteint déjà 10 millions de francs par unité et que certains projets déjà avancés dépassent 50 millions. Devant cette situation la Commission V a décidé de créer une sous-commission chargée d'étudier la possibilité de construire un instrument dont le financement exigerait une coopération à l'échelle mondiale.

Les radioastronomes français ont profité de leur séjour au Japon pour visiter les Observatoires radio-astronomiques japonais dans le voisinage de Tokyo (Tokyo Observatory) et à Toyokawa près de Nagoya (Research Institute of Atmospheric). Dans ces deux centres, nos collègues obtiennent d'importants résultats : en particulier à Toyokawa où une spécialisation poussée vers les études solaires a permis la construction d'appareils remarquables (pouvoir résolvant de 30" sur 3 cm) sans équivalent ailleurs.

L'Assemblée Générale de Tokyo a été remarquablement organisée. Après avoir résumé ce qui s'est discuté dans les sessions, il est juste de dire qu'autant d'information s'est échangée dans les conversations privées que dans les réunions officielles, ce qui n'est pas l'un des moindres avantages de ces Assemblées.

ONDES ET OSCILLATIONS

(Commission VI)

PAR

E. MOURIER,

Professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers

C. BERGE,

Directeur de recherches au C.N.R.S.

A. BLAQUIÈRE,

Professeur à l'Institut d'Electronique, Faculté des Sciences d'Orsay

M. BOUIX,

Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier

J. LOCHARD,

Président de la Commission VI du Comité national Français de Radioélectricité Scientifique

1. Introduction

La Commission VI a tenu à Tokyo, à l'occasion de l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I., sept séances de travail dont les sujets sont donnés par les titres des paragraphes suivants, qui sont suivis des titres et auteurs des communications présentées à chaque séance. Chaque sujet a fait l'objet d'un ou deux exposés de synthèse sur les différentes méthodes utilisables pour son étude et les principaux résultats obtenus par les différents chercheurs. Des exposés particuliers traitaient ensuite de recherches portant sur des problèmes limités et mieux précisés.

La Commission VI a discuté de son organisation et de ses attributions en deux séances administratives, qui n'ont pas abouti à des conclusions définitives. Un projet de division du travail entre les Commissions VI et VII a été néanmoins établi et est actuellement soumis aux Comités Nationaux.

L'Assemblée Générale a élu le Docteur F.H. STUMPERS, des Laboratoires Philips à Eindhoven, comme Président de la Commission VI pour la période de 1963 à 1966.

L'Assemblée Générale a également approuvé une proposition de la Commission pour la tenue d'un symposium sur la Théorie Electromagnétique en 1965 à DELFT, sur l'invitation du Comité National Néerlandais.

2. Théorie électromagnétique : aspects stochastiques du rayonnement

Synthèses

V. TWERSKY. — Théories des éléments diffuseurs discrets (Discrete Scatterer Theories).

H. BREMMER. — Théories du milieu continu perturbé (Perturbed Continuum Theories).

Exposés

A. BLANC-LAPIERRE. — Remarques sur la diffusion et la propagation des ondes dans les milieux aléatoires.

A. KARBOWIAK. — Ondes guidées dans les milieux aléatoires (Guided Waves in Statistically Random Media).

J.-Cl. SIMON. — Prodiffusion troposphérique à fréquence optimale.

K. FURUTSU. — Analogies entre la théorie quantique du champ et la théorie statistique des ondes (Analogies between Quantum Field Theory and the Statistical Theory of Waves).

T. SKINNER. — Les questions de cohérence dans la diffusion par un plasma turbulent (Coherence Aspects of Turbulent Plasma Scattering).

Le sujet est celui de la propagation dans les milieux à propriétés variables. Les préoccupations générales

des auteurs sont de nature probabiliste et relatives à la diffraction par des obstacles placés au hasard, qu'il s'agisse de la diffraction d'ondes électromagnétiques ou de particules ; on peut ne faire aucune hypothèse particulière sur les obstacles ou bien supposer que le milieu est faiblement aléatoire.

Dans les deux synthèses les auteurs ont confronté les différentes méthodes utilisables pour traiter ces problèmes. TWERSKY a surtout employé une méthode qu'il qualifie d'« heuristique » et d'empirique, où, sans vérifier ni démontrer l'ergodisme, on traite la moyenne sur l'ensemble des éléments diffuseurs comme une moyenne temporelle. Il mentionne d'autres méthodes qui ont été jusqu'ici peu abordées. BREMMER appelle « méthode honnête » celle où l'on essaye de traiter aussi loin que possible le problème électromagnétique dans le milieu fluctuant et où l'on introduit aussi tard que possible les éléments aléatoires. C'est la seule méthode permettant d'obtenir des résultats généraux. Dans la « méthode malhonnête » on introduit des statistiques dès le début.

Les méthodes « honnêtes » ou « exactes » donnent lieu à des calculs trop compliqués. Les autres donnent des résultats plus simplement, mais il est souvent difficile de discuter la validité des approximations ; la représentation électromagnétique des particules ou des obstacles laisse alors à désirer.

A. BLANC-LAPIERRE a traité de la propagation de grandeurs scalaires dans les milieux faiblement aléatoires : sa méthode est applicable à l'étude de la propagation des vibrations sonores ou ultrasonores dans l'eau.

L'étude de KARBOWIAK sur les ondes guidées sera publiée dans les Proceedings de l'I.E.E.E. ; le Professeur BLANC-LAPIERRE l'a aidé à traiter son problème.

J.-Cl. SIMON a cherché à interpréter, par une méthode qu'il qualifie lui-même de « malhonnête » les résultats de ses expériences de propagation à fréquence variable entre 3 300 et 3 500 MHz ; les méthodes de calcul utilisées sont, dans un tel cas, justifiables par une comparaison immédiate des résultats avec ceux de l'expérience.

Les discussions qui ont eu lieu à l'occasion de chaque exposé ont montré qu'il y avait beaucoup à faire pour l'étude de la propagation dans les milieux à propriétés variables. Des mises au point d'ensemble sur la théorie électromagnétique, en vue de l'introduction mathématique de celle-ci dans les modèles de milieux aléatoires, devraient faire l'objet d'exposés plus complets dans les prochaines réunions.

3. Théorie électromagnétique. Diffraction. Méthodes mathématiques

Synthèse :

J. KELLER. — Théorie de la diffraction aux courtes longueurs d'onde (Short wavelength diffraction theory).

A.E. KARBOWIAK. — Ondes guidées. Valeur de la méthode des quasi-modes (Review of guided waves. An appraisal of quasi-modes).

K. MORITA. — Problèmes de diffraction d'ondes traités au Japon (Problems of Wave Diffraction in Japan).

Exposés :

K. AOKI. — Diffraction d'une onde électromagnétique plane par une tige conductrice circulaire de longueur finie (Diffraction of plane electromagnetic wave by a conductive circular rod of finite length).

A. IGARASHI. — Equations de Wiener-Hopf simultanées et leur application aux problèmes de diffraction de la théorie électromagnétique : diffraction d'ondes électromagnétiques par des demi-plans parallèles (Simultaneous Wiener-Hopf equations and their application to diffraction problems in electromagnetic theory. Diffraction of electromagnetic waves by semi-infinite parallel planes).

K. TAKAHASHI. — Diffraction d'ondes électromagnétiques par des cylindres coaxiaux semi-infinis de longueurs inégales, à extrémité concave (Diffraction of Electromagnetic Wave by semi-infinite Coaxial Cylinders of Inequal Length, concave end type).

L. ROBIN. — Diffraction par un obstacle s'étendant à l'infini. Etude de l'existence et de l'unicité de la solution.

M. BOUX. — Application des distributions aux problèmes du rayonnement électromagnétique.

Dans sa synthèse, KELLER a passé en revue les méthodes de calcul de la diffraction depuis la méthode géométrique de LUNEBERG jusqu'à celle de FOCK qui se sert de l'équation de la diffusion ; ces méthodes permettent d'étudier le champ électromagnétique dans la zone qui serait optiquement dans l'ombre de l'obstacle. La discussion a montré que, si les résultats sont précisés, aucune nouveauté révolutionnaire n'est apparue.

KARBOWIAK a exposé la théorie des quasi-modes, soutenu par OLINER (Les « quasi-modes » sont à peu près les « leaky-waves » employés par certains auteurs aux Etats-Unis). La discussion a montré qu'il existe encore, dans cette méthode, des points mathématiques délicats à traiter.

MORITA a traité en général des problèmes liés à la diffraction d'une onde plane, et plus particulièrement des questions qui font l'objet des trois premiers exposés cités : c'est-à-dire la diffraction par l'extrémité d'un guide d'onde circulaire, par celle d'un coaxial, et par celle d'une ligne à bandes parallèles.

ROBIN a étudié les points qui restent à démontrer sur l'existence et l'unicité d'une solution de l'équation de HELMOLTZ en présence d'un obstacle infini.

BOUX a exposé les avantages de l'introduction des distributions dans les équations aux dérivées partielles de la Physique et indiqué qu'il a obtenu les expressions des sources électromagnétiques ponctuelles d'ordre quelconque.

4. Théorie électromagnétique : antennes

Synthèses :

V.H. RUMSEY. — Antennes indépendantes de la fréquence (Frequency Independent Antennas).

A. ISHIMARU. — Réseaux d'antennes inégalement espacées (Unequally Spaced Arrays).

T. SOEJIMA. — Synthèse historique des définitions et du calcul du gain, dans la zone proche des antennes définies par une ouverture. (Historical Survey on the Definitions and Computations for Fresnel Gain of Aperture Antenna).

Exposés :

Y. OHBA. — Le diagramme du rayonnement latéral et arrière d'une antenne à réflecteur parabolique (The Radiation Pattern of a Parabolic Reflector Antenna in the Lateral and Backward Directions).

O. EINARSON. — La répartition du courant sur les antennes cylindriques de longueur arbitraire (The Current Distribution on Cylindrical Antennas of Arbitrary Length).

BARLOW. — Relation entre la pression de radiation et l'effet Hall.

MOTZ. — Effet de la température sur la propagation dans les plasmas.

KUSIMIU. — Généralisation des équations de MAXWELL dans les milieux anisotropes.

E. ROUBINE. — Le principe de HUYGHENS et les problèmes de propagation.

RUMSEY est parti du fait que les antennes indépendantes de la fréquence doivent avoir théoriquement une longueur infinie. Pour qu'on puisse les tronquer en conservant leurs propriétés, il faut que le courant décroisse comme l'inverse du carré de la distance dans la direction de la surface géométrique qui porte la structure de l'antenne ; ainsi pour une antenne en forme de spirale conique, cette décroissance doit se produire dans la direction des nappes du cône, mais pas forcément à l'intérieur de celui-ci. On remarque que, pour une antenne en spirale, la polarisation est sensiblement circulaire dans toutes les directions.

ISHIMARU a étudié des réseaux d'antennes à petit nombre d'éléments répartis sur une large surface.

SOEJIMA a mis en évidence un facteur inférieur à l'unité qu'il faut introduire pour obtenir le gain d'une antenne dans la région proche de l'antenne (appelée « Fresnel Region ») par certains auteurs de langue anglaise) où les ondes ne peuvent pas être considérées comme planes.

Pour calculer le rayonnement arrière et latéral d'une antenne à réflecteur parabolique de révolution, OHBA a remplacé la surface du paraboloïde par des sources discrètes.

EINARSON a exposé une modification de la méthode de HALLÉN ; en particulier, la pointe de courant dans un dipôle excité en son milieu y est représentée par une distribution.

BARLOW a montré la relation entre la pression de radiation et l'effet HALL.

MOTZ a étudié comment varie l'indice d'un plasma en fonction de la température.

KUSIMIU a écrit les équations de MAXWELL relativistes pour les milieux anisotropes.

ROUBINE a exposé les travaux de JESSEL sur une méthode mathématique qui permet d'étudier le champ électromagnétique dans un dioptre généralisé où le milieu moyen est arbitraire et peut être irrégulier.

En conclusion des trois séances sur l'électromagnétisme, on peut dire que dans l'ensemble la théorie électromagnétique a fait des progrès ces dernières années, dans la ligne de ce qui a été fait jusqu'ici. Il semble que des progrès plus importants pourraient résulter :

a) d'une étude mathématique plus poussée des problèmes de rayonnement proprement dits.

b) peut être de l'introduction des résultats de cette étude dans des modèles convenables, en vue de traiter les problèmes statistiques de diffraction.

c) de la recherche de méthodes d'analyse numérique relatives aux problèmes de rayonnement, en vue de leur traitement par des calculateurs puissants pour fournir les résultats sous forme de tableaux numériques ou de réseaux de courbes.

5. Théorie des circuits : applications de la théorie des graphes

Synthèse :

L. WEINBERG. — Synthèse sur les graphes : bases fondamentales et applications (A Survey on Linear Graphs).

Exposés :

M. IRI. — Application des graphes aux réseaux de commutation (Application of Linear Graphs to Switching Networks).

W. MAYEDA. — L'application des graphes aux réseaux de transport (The Application of Linear Graphs to Communication Nets).

WEINBERG a rappelé les notions fondamentales de la Théorie des graphes et mentionné différentes applications à la théorie des réseaux.

Puis IRI a présenté un travail sur l'utilisation de la théorie des graphes pour traiter des problèmes de synthèse de réseaux de commutation ; il introduit une formule booléenne associée au réseau, et l'utilise pour construire un graphe orienté ou non orienté, connaissant sa matrice cocyclomatique (« cut set matrix »).

Enfin, MAYEDA a présenté un exposé sur les applications de la théorie des graphes aux réseaux de transport ; il rappelle les problèmes classiques de HARRIS, de GOMORY et HU, etc., en indiquant les derniers développements.

Les discussions ont porté principalement sur l'exposé d'IRI.

J. LOEB souhaite l'unification des signes utilisés en algèbre booléenne, en logique et en théorie des ensembles.

IRI a précisé qu'il avait seulement essayé de traiter sur une machine, avec son programme, une matrice de dimensions 20×40 , et que le calcul avait duré quelques secondes sur une calculatrice IBM 7090. Le programme est disponible pour des matrices de dimensions inférieures à 100×200 .

Peut-on comparer cette méthode à d'autres méthodes existantes pour la réalisabilité d'une matrice cocyclomatique ? WEINBERG pense que la méthode la plus simple est celle de BOESCH.

C. BERGE a rappelé que le théorème de TUTTE donnant une condition nécessaire et suffisante de réalisabilité, a été donné avec une preuve longue et compliquée, et que ceci peut être exposé d'une façon beaucoup plus courte (Thèse de A. GHOUILA-HOURI, non encore parue). WEINBERG a ajouté que c'était aussi l'opinion de BELEVITCH.

BERGE regrette également que les mêmes concepts aient été étudiés, d'une façon complètement séparée, par les spécialistes des communications et de l'électricité d'une part, et par ceux de la Recherche Opérationnelle d'autre part ; ceci est particulièrement regrettable pour un certain type de matrice, mentionné au cours des exposés, qui a suscité une grande somme d'effort en électricité (CEDERBAUM, SESHU, REED) et, indépendamment, dans les programmes linéaires (DANTZIG, HELLER, HOFFMAN, etc.) sous le nom de « matrices de Dantzig ». (Voir à ce sujet un article de P. CAMION à paraître dans le bulletin de la Société belge de Recherche Opérationnelle).

S.W. GOLOMB a rappelé que le véritable inventeur de la théorie des graphes est G. KIRCHHOFF, et s'élève contre l'idée du premier conférencier, suivant laquelle la théorie des graphes est une partie de la topologie. Seule la théorie des graphes planaires (ou de genre p) relève de la topologie ; tout le reste relève de l'analyse combinatoire.

6. Théorie des circuits : circuits non linéaires

Exposés :

A. BLAQUIÈRE. — Les circuits non linéaires en présence de signaux aléatoires.

R. BELLMAN. — Nouvelles méthodes d'analyse et de calcul appliquées aux réseaux non linéaires. (New Analytic and Computational Methods for treating Non-Linear Circuits).

J. LUBBOCK. — Filtres non linéaires (Non-linear Filters).

A.G. BOSE. — Un système de modulation bivalent et ses applications (A Two-state Modulation System with Applications).

BLAQUIÈRE a traité de certaines applications de l'équation de FOKKER-PLANCK aux systèmes non linéaires excités par des signaux aléatoires. L'équation de FOKKER-PLANCK est introduite et établie en se plaçant du point de vue du physicien, puis est utilisée pour étudier le comportement du système, en régime stationnaire.

Dans le cas où le système n'est plus nécessairement en régime stationnaire, une nouvelle méthode de résolution de l'équation au moyen des théorèmes de CAMPBELL est indiquée ; elle conduit à la solution sous forme intégrale dont le noyau est une distribution normale centrée.

Enfin l'emploi de la transformation de LAPLACE conduit à une détermination simple des paramètres du noyau intégral et relie la théorie actuelle à la méthode de la fonction caractéristique utilisée de façon spécifique dans le domaine des réacteurs nucléaires. La méthode permet le calcul des moments des différents ordres de la distribution de probabilité

sans qu'il soit nécessaire de résoudre effectivement l'équation de FOKKER-PLANCK.

Dans la discussion à laquelle ont pris part STUMPERS et DARLINGTON, il a été précisé que la validité de l'approximation constituée par l'équation de FOKKER-PLANCK est subordonnée à des conditions concernant la grandeur de l'intervalle de temps élémentaire employé : on suppose au moins que cet intervalle est grand par rapport à la durée des fluctuations microscopiques, et petit par rapport à celle des fluctuations macroscopiques. La méthode est plus générale que celle d'UHLENBECK, en ce sens qu'elle s'applique aussi bien aux systèmes linéaires qu'à une grande variété de types de systèmes non linéaires. Récemment, l'équation de FOKKER-PLANCK a été appliquée par TICHNOV en U.R.S.S. et VITERSI aux Etats-Unis à l'étude des récepteurs asservis en phase recevant un signal affecté de bruit.

KAILATH a signalé un excellent ouvrage en Russe par STATANOVITCH, récemment traduit en Anglais, sur l'équation de FOKKER-PLANCK.

BLAQUIÈRE, enfin, a ajouté les références suivantes :

a) CHANDRASEKHAR, Review of Modern Physics, (1943), 15, 1.

b) P. GRIVET, A. BLAQUIÈRE. — Le bruit de fond (MASSON, Ed.). (1958).

c) A. BLAQUIÈRE. — Rapport n° 2275 (1963) du Commissariat à l'Energie Atomique.

BELLMAN a traité du problème relatif à la détermination des solutions numériques de problèmes non-linéaires. Les calculatrices numériques sont bien adaptées aux méthodes d'itération, et, de ce fait, à la résolution des équations linéaires ; par contre elles sont mal adaptées à la résolution des systèmes d'équations algébriques quand le déterminant est voisin de zéro.

Un grand nombre de problèmes pratiques comportent deux conditions aux limites. L'auteur a examiné quelques problèmes de ce type.

Il montre comment un problème de Programmation Dynamique peut être formulé de façon à en permettre l'étude par une méthode d'itération, avec l'introduction du concept de « stratégie ».

Un second exemple est celui où un flux incident rencontre une plaque diffusante et absorbante, et où on se propose d'analyser les propriétés du milieu constitutif. Dans la méthode classique, on écrit une équation aux dérivées partielles, linéaire, déduite de la théorie du transport, et on introduit deux conditions aux limites. Mais pour mettre en application la méthode de la Programmation Dynamique, le milieu est subdivisé en tranches minces, ce qui permet d'introduire la méthode d'itération. L'auteur observe que, quand l'épaisseur x est égale à zéro, la réflexion est aussi nulle, et ceci tient lieu de condition initiale. Puis il considère une lame d'épaisseur $x = \Delta$, ce qui conduit à une équation intégral-différentielle avec une valeur initiale, bien adaptée à la méthode préconisée. Ce type de calcul qui aurait paru difficile quelques années auparavant, est maintenant facile et courant.

BELLMAN a appliqué la méthode de quasi-linéarisation à l'équation de DUFFING, à titre d'exemple. Cette équation est décomposée en un système linéaire bien adapté à la méthode de calcul.

Dans le même ordre d'idées il a considéré aussi une application à un problème de commande optimale, avec un paramètre qui dépend de la structure du système envisagé.

Il a considéré aussi le problème inverse de l'un des problèmes précédemment étudiés : étant donnés le flux incident et le flux réfléchi, comment peut-on en déduire des informations en ce qui concerne le milieu réfléchissant ?

Tous ces problèmes physiques sont d'une grande actualité ; ce sont les inverses de certains problèmes qui ont suscité l'intérêt des physiciens il y a encore quelques années.

LUBBOCK a traité, dans son exposé, de l'approche fonctionnelle des systèmes non-linéaires en indiquant brièvement les principes de l'analyse, de l'optimisation et de la synthèse des systèmes non-linéaires sur la base de la méthode de VOLTERRA.

Il a rappelé l'algèbre attachée aux représentations fonctionnelles introduites par cette méthode, et utilisé un développement pour décrire l'opérateur inverse d'un opérateur donné.

La discussion qui a suivi a montré qu'il restait à estimer l'erreur introduite par l'utilisation de fonctionnelles de ce type, remplacées en pratique par des développements limités.

Le « système de modulation » décrit par BOSE convertit un signal continu en un signal quantifié, à deux états, le signal modulant pouvant être restitué par un filtrage basse fréquence. La modulation associe la modulation de fréquence et la modulation d'impulsions en durée, et peut être réalisée en associant une voie d'entrée non-linéaire et une voie de retour linéaire, passive, de façon à former une boucle fermée.

L'auteur a étudié les propriétés et des limitations de ce dispositif et des applications à l'amplification de puissance, à la commande non-linéaire, et à l'enregistrement en basse fréquence.

Au cours de la discussion il a été précisé que le système n'exige pas la réalisation d'un signal dont l'amplitude soit une fonction linéaire du temps, pour obtenir un haut degré de linéarité. Mais la linéarité est obtenue au détriment de la largeur de bande.

7. Théorie de l'information : voies dont les propriétés varient dans le temps

Synthèses :

F.H. STUMPERS. — Compte-rendu du Symposium de Bruxelles (Exposés publiés in extenso dans I.E.E.E. Transactions on Information Theory. September 1963)

T. KAILATH. — Voies à propriétés variables dans le temps. (Time-variant Communications Channels ; Communication publiée in extenso dans I.E.E.E. Transactions on Information Theory, October 1963, p. 233-237).

Exposés :

G.L. TURIN. — Théorie de la radiodétection et des télécommunications : quelques problèmes non résolus. (Radar and Communication Theory : Some unsolved problems. Voir I.E.E.E. Transactions on Information Theory, October 1963, p. 240-246).

E. MOURIER. — Tests de l'hypothèse qu'un processus aléatoire est stationnaire.

V.I. SIFOROV. — Recherches sur les voies à paramètres variables. (Investigations of Channels with Variable Parameters).

S. OSHIMA, H. ENOMOTO. — Quelques considérations sur les télécommunications dans les voies variables. (Some Considerations on Communication in Variable Channels).

En guise d'introduction à cette séance, F.H. STUMPERS a rendu compte sommairement du Symposium sur la théorie de l'information, tenu à Bruxelles en Septembre 1962.

Suivant KAILATH, les travaux relatifs à l'étude des voies variables peuvent être partagés en cinq classes :

- a) la représentation de la voie,
- b) la mesure des caractéristiques instantanées et moyennes de la voie,
- c) la détermination des structures convenables de récepteurs,
- d) l'évaluation des caractéristiques de fonctionnement de ces récepteurs et la détermination des meilleurs récepteurs,
- e) la détermination des techniques optimales de sélection du signal et de codage.

D'une façon générale on suppose que l'on transmet un message choisi dans une classe de K messages connus, en présence de bruit additif. On considère des voies variables linéaires et on utilise la transformée de FOURIER de la réponse à l'impulsion unité émise avec un certain décalage de temps, en fonction de ce décalage.

Beaucoup de travail reste à faire sur la mesure des caractéristiques des voies, sur la détermination du meilleur code et on ne possède que peu de résultats sur la structure des récepteurs à employer.

Parmi les problèmes non résolus, G.L. TURIN en a choisi trois, particulièrement importants, et qui suscitent actuellement de nombreuses études.

Problème n° 1 : Le cas singulier, au sens de GRENNANDER, c'est-à-dire celui de la discrimination entre deux processus aléatoires avec une probabilité nulle d'erreur.

Pour la détection d'un signal connu en présence de bruit Gaussien, on connaît une condition nécessaire et suffisante pour être dans le cas singulier ; elle s'exprime en fonction du spectre d'un certain opérateur de FREDHOLM ; cette forme étant peu maniable, on l'a exprimée de façon différente, au moins dans certains cas.

La détermination d'une condition de détection singulière dans le cas de deux processus quelconques, ou même d'un signal aléatoire en présence de bruit,

est beaucoup plus difficile et on n'a de résultats que dans le cas Gaussien ou dans le cas de processus stationnaires ayant des densités spectrales très particulières.

Problème n° 2 : La détection séquentielle ; l'auteur expose le principe de la détection séquentielle et le rapproche de la notion d'information au sens de Shannon.

Problème n° 3 : le choix de la modulation optimale dans une voie donnée.

Mademoiselle MOURIER a considéré d'abord le test d'hypothèse sur la stationnarité d'un processus de MARKOV. Il faut distinguer plusieurs cas selon que le processus est discret ou permanent, selon que l'ensemble des états est fini ou non, enfin selon que l'on dispose de plusieurs réalisations ou au contraire d'une seule réalisation. Lorsque le nombre des états est fini, on construit des statistiques dont la loi asymptotique est une loi de Chi au carré, d'où le test.

Lorsque le processus est discret et l'ensemble des états quelconque, on indique une quantité dont la loi asymptotique est normale, d'où le test.

Actuellement, le problème du test de stationnarité n'est pas résolu pour un processus de MARKOV permanent, l'ensemble des états étant quelconque.

On considère ensuite le cas d'un processus Laplacien et discret. L'étude de la distribution approchée de certaine forme quadratique permet de construire un test de l'hypothèse que ce processus est stationnaire et ergodique.

SIFOROV a continué son étude de la capacité des voies dont les paramètres varient aléatoirement, laquelle a déjà fait l'objet d'une communication à une Assemblée Générale précédente.

Si la largeur de bande du spectre de tous les paramètres à variation aléatoire d'une voie à plusieurs sous-voies est inférieure à la largeur de bande de la voie, la capacité de celle-ci augmente indéfiniment quand le niveau du bruit, supposé additif, tend vers zéro ; dans le cas contraire, la capacité tend vers une valeur finie.

8. Théorie de l'information : codage, reconnaissance des formes

Synthèse :

W.W. PETERSON. — Codes à correction d'erreurs : état de la question (Error-Correcting Codes : a Discussion of Status).

Exposés :

J.M. WOZENCRAFT ; R.S. KENNEDY. — Codage et télécommunication. (Coding and Communication).

C. BERGE. — Sur une conjecture relative au problème des Codes Optimaux de SHANNON.

N. ABRAMSON. — Théorie de la reconnaissance des formes et de l'« éducation » des machines (Theory of Pattern Recognition and Machine Learning).

R. FORTET. — Application de l'analyse fonctionnelle en théorie de l'information et du codage.

Dans sa synthèse, PETERSON a donné :

a) une brève discussion de quelques-uns des codes à correction d'erreurs les plus importants, en insistant sur les codes cycliques.

Un bon exemple de code à correction d'erreurs pratique est donné par les codes de BOSE-CHAUDHURI-HOCQUENGHEM qui permettent d'obtenir un résultat satisfaisant à partir d'une longueur de code d'une centaine de symboles.

b) une comparaison des meilleurs codes actuellement connus pour des voies binaires symétriques.

c) des commentaires sur des cas plus généraux.

Il a été établi que l'intérêt des voies de retour utilisées pour la correction des erreurs est de permettre l'emploi de codes de longueur acceptable.

L'exposé de WOZENCRAFT et KENNEDY traite de la manière de concevoir un code en fonction de la probabilité d'erreur au décodage ; l'intérêt du décodage séquentiel a été montré et deux applications, l'une aux communications spatiales, l'autre à la transmission de données à grande distance ont été discutées.

BERGE a montré comment le problème de la théorie des codes, posé par SHANNON, peut se réduire à un problème combinatoire : on considère un émetteur qui peut émettre un ensemble de signaux ; par suite du bruit, chaque signal peut donner lieu à plusieurs interprétations à la réception.

On trace le graphe dont les joints, ou sommets, représentent les différents signaux, deux joints étant liés par une arête si les signaux correspondants peuvent être confondus à la réception.

Le problème est de caractériser les graphes de signaux pour lesquels il est possible d'améliorer le code. L'auteur a abouti à une conjecture, qu'il a vérifiée pour certains graphes particuliers.

L'exposé écrit d'ABRAMSON comporte une importante bibliographie et résume utilement l'état de la théorie de la reconnaissance des formes et de la théorie du processus d'« éducation » d'une machine. Dans son exposé verbal, l'auteur formula le problème de la reconnaissance des formes sous son aspect statistique et montra son analogie avec les problèmes statistiques de décision qui se posent à la réception d'un message.

Le but de l'exposé de FORTET était de justifier l'utilisation de l'analyse fonctionnelle dans la théorie des signaux. Pour cela trois exemples concrets ont été successivement étudiés :

a) Le premier problème traité est celui de la détection d'un signal connu en présence de bruit additif. Il est fondamental de prouver que le rapport de vraisemblance est un résumé exhaustif, et pour cela il faut d'abord montrer l'existence de probabilités conditionnelles dans des espaces de Hilbert.

b) Le second problème est celui de l'estimation d'un retard en présence de bruit gaussien. Une méthode du maximum de vraisemblance conduit à rendre minimale une distance dans un espace de Hilbert ; elle est asymptotiquement exhaustive, donc asymptotiquement la meilleure.

c) Le troisième exemple est celui de l'oscillation d'un système non linéaire ; il conduit à la résolution d'un système linéaire à une infinité d'équations à une infinité d'inconnues. Là encore, l'analyse fonctionnelle est un outil puissant.

RADIOÉLECTRONIQUE

(Commission VII)

PAR

M.Y. BERNARD

*Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers
Secrétaire de la Commission VII de l'U.R.S.I.*

1. Electronique quantique

L'Electronique quantique est un des sujets de pointe de la radioélectricité moderne ; il était donc normal que la Commission VII y consacre une partie de son activité, ce qu'elle a fait lors de deux séances qui ont eu lieu le mercredi 11 septembre, dans la matinée et dans l'après-midi. On sait que l'Electronique quantique rassemble tous les appareils mettant en application le principe de l'émission stimulée dans un montage d'électronique ; il est coutume de baptiser MASER un tel appareil lorsqu'il fonctionne dans la zone hertzienne du spectre, là où l'on sait produire des ondes cohérentes par d'autres procédés ; au contraire, on baptisera LASER un appareil d'électronique quantique fonctionnant sur des fréquences plus élevées, des fréquences du spectre « visible » par exemple ; dans ce domaine, les lasers sont actuellement les seuls appareils susceptibles de fournir des ondes cohérentes, différant donc profondément des sources de lumière qui fonctionnent sur les mêmes longueurs d'ondes. Il a été surtout question de « lasers » au cours des séances de travail de la Commission VII ; la Commission I, à laquelle nous renvoyons, a étudié les masers oscillateurs, c'est-à-dire la variété la plus fine des horloges atomiques.

La séance du mercredi matin 11 septembre, organisée par K. SHIMODA, était consacrée à *quelques aspects fondamentaux des lasers*. A. JAVAN y a fait un remarquable exposé inaugural sur les lasers à gaz, qui utilisent le mélange d'hélium et de néon ; on a découvert un très grand nombre de raies sur lesquelles l'effet laser se manifeste, mais ce sont toujours sur l'une des trois raies « classiques » de 3,39 μ , 1,15 μ et 6 328 Å que fonctionnent la plupart des lasers à gaz. L'ensemble de l'exposé de JAVAN a porté sur la forme de la raie émise ; on sait qu'un laser est un oscillateur à réaction, que la largeur de raie est d'autant plus faible que la puissance P que l'on extrait de l'appareil est plus importante ; la largeur limite est donnée par :

$$\Delta\nu \simeq \frac{h\nu}{P} (\Delta\nu_0)^2$$

$\Delta\nu_0$ étant la largeur naturelle de la raie spectrale, supposée plus grande que la largeur de la courbe de résonance de la cavité. On obtient des largeurs relatives de l'ordre de 10^{-17} . Or, si l'on examine les variations de longueur de l'interféromètre dues aux fluctuations thermiques de l'appareil, on obtient couramment des variations relatives de 10^{-14} , donc 1 000 fois plus importantes. De ce fait, un laser constitue un outil assez « puissant » pour mettre en évidence des très légères modifications de longueur, et, par suite, des causes de variation de longueur ; on peut penser par exemple à fabriquer des sismographes très précis à l'aide de lasers.

Les études actuelles sont assez développées pour obtenir d'autres caractéristiques que la largeur de la raie ; on peut obtenir, en particulier, des renseignements sur la forme de la raie. Un calcul complet de la susceptibilité d'un milieu montre que la partie complexe, qui est à l'origine des propriétés amplificatrices, est donnée par une expression de la forme :

$$\chi'' = \frac{\mu^2(n_2 - n_1)}{h\Delta\omega} e^{-\left(\frac{\omega - \omega_0}{\Delta\omega}\right)^2}$$
$$\left[1 - \frac{\mu^2 E^2 T}{2h^2} \left(1 + \frac{1}{1 + (\omega - \omega_0)^2 T^2} \right) \right]$$

$n_2 - n_1$ représente l'inversion de population entre les deux niveaux, ω_0 est la pulsation de résonance, $\Delta\omega$ la largeur de la raie, et E l'amplitude de champ hyperfréquence et T le temps de relaxation. Si E est important, $\Delta\omega$ diminue et cela d'autant plus que l'on est proche de la fréquence de résonance. Cette saturation inégale du centre et des ailes de la raie fait que le milieu peut amplifier davantage pour des fréquences ω voisines de ω_0 que pour ω_0 lui-même. Dans ce cas, la raie a une forme compliquée avec deux maximums séparés par un creux situé à la résonance ; des mesures effectuées dans des mélanges d'isotopes ont montré que la raie avait même une forme dissymétrique et que l'on pouvait déduire la composition isotopique du milieu de la déformation

de la raie. Ces mesures ont confirmé les prévisions très détaillées de la théorie de LAMB.

I.J. HAISMA a présenté ensuite le laser à gaz entièrement scellé, mis au point au laboratoire d'Eindhoven ; il délivre un faisceau de lumière dont l'ouverture est de l'ordre d'une seconde d'arc. Le laser a 10 cm de long, contrairement à la plupart des autres ; de ce fait, la séparation des modes est plus aisée, et l'on ne trouve qu'un seul mode dans la largeur Doppler de la raie. Le fonctionnement de la décharge modifie la température du laser, donc ses caractéristiques, et les modes défilent les uns après les autres. Un film retraçant cette évolution a été présenté.

Les lasers à semiconducteurs ont fait l'objet de deux communications. M. BERNARD a exposé l'établissement de la condition d'auto-oscillation dont il est le co-auteur avec G. DURRAFOURG ; elle s'exprime non plus à l'aide d'une inversion de population entre niveaux, mais d'une inversion des énergies des pseudo-niveaux de Fermi. Puis REDIKKER a présenté des travaux américains ; les lasers à semiconducteurs peuvent émettre sur 3,15 microns avec une largeur de raie de l'ordre de 50 Å. La présence d'un champ magnétique, qui agit sur le mouvement des porteurs de charge, joue un grand rôle ; il modifie le seuil d'excitation et le spectre d'émission. La cavité, constituée par la zone de jonction (p, n) de quelques centaines de microns de large, est malheureusement assez mal définie, ce qui agit sur la cohérence de la lumière, qui ne peut concurrencer celle émise par les lasers à gaz ; par contre, le rendement énergétique de la transformation est très important, et c'est là que réside l'intérêt des lasers à semiconducteurs.

La séance du mercredi après-midi avait été organisée par R. OLIVER ; elle était consacrée aux applications des lasers dont E.M. SCOVIL a tout d'abord dressé un tableau. En général, les lasers peuvent donner des étalons de fréquence actuellement sans concurrent (on verra plus loin qu'une communication leur a été consacrée) et aussi des amplificateurs à faible bruit ; dans la bande de fréquence où fonctionnent les masers, c'est principalement le bruit thermique qui joue un rôle, alors que dans les fréquences optiques où fonctionnent les lasers, le bruit est essentiellement décrit par le processus quantique. Les lasers conduisent à des sources lumineuses de très grande brillance que l'on peut utiliser en spectroscopie ; l'intensité élevée du champ électromagnétique ainsi créé permet d'étudier la matière dans des conditions qui étaient irréalisables il y a quelques années. En terminant, l'auteur insista sur les utilisations qui correspondent à la transposition de la radioélectricité vers les fréquences du spectre optique ; on utilise aujourd'hui des lasers comme émetteurs de radar, pour explorer la lune, ou suivre des satellites ; il est vraisemblable que l'on pourra bientôt utiliser ces faisceaux pour transmettre une information plus fine, grâce au développement des techniques de modulation.

C'est de l'utilisation d'un laser à la façon d'un radar qu'a parlé ensuite BEKEFI, présentant une communication de L. SMULLIN et E. FIOCCO ; ces auteurs envoient un faisceau laser vers l'ionosphère et examinent la lumière réfléchie avec un photomultiplicateur. Ils comparent cette réflexion avec celle donnée par un

tube à décharge où le plasma a une densité connue, de façon à obtenir des renseignements sur les couches ionisées. Des échos ont été observés sur des couches situées à des altitudes de 65 km, 85 km, 115 km et 122 km.

Puis G. HELLWARTH a fait une brève revue des problèmes d'optique non linéaire ; on sait que l'amplitude du champ électro-magnétique d'un faisceau laser est trop importante pour que l'on puisse conserver les lois linéaires qui décrivent le comportement de la matière dans les faibles champs (par exemple, la proportionnalité entre la polarisation et le champ). On peut ainsi transposer dans le domaine optique toutes les expériences qui fonctionnent correctement dans la gamme hertzienne (multiplication de fréquences, redressement, amplification paramétrique...) avec des circuits non linéaires.

N.F. RAMSEY présenta ensuite un remarquable exposé sur les horloges atomiques utilisant des masers oscillateurs ; il utilise la transition de l'hydrogène, dont la fréquence est de l'ordre de 1420 MHz (raie de 21 cm). Une source débite un faisceau d'hydrogène atomique dans une enceinte où règne un vide de 10^{-8} mm de mercure. Un système de lentilles magnétiques hexapolaires sépare les trajectoires des atomes qui se trouvent dans l'état d'énergie supérieur ou celles des atomes qui sont dans l'état d'énergie inférieur ; une cavité résonnante accueille seulement les atomes dans l'état d'énergie supérieur ; la durée du séjour dans la cavité est de l'ordre d'une seconde, ce qui entraîne, pour l'horloge, une largeur de raie de l'ordre de 1 Hz. La comparaison de fonctionnement de deux horloges permet d'évaluer la stabilité de ce maser oscillateur ; elle est de l'ordre de 10^{-13} sur une heure de fonctionnement. A l'occasion de son exposé, N.F. RAMSEY a donné des chiffres qui méritent d'être reproduits, car ils montrent bien le degré de précision que l'on peut obtenir actuellement ; il s'agit des fréquences associées aux transitions de structure fine des atomes d'hydrogène, de deutérium et de césium ; on a :

1 420 405 751,800	$\pm 0,02$ Hz (H)
327 384 359,5	± 1 Hz (D)
9 192 631 770,0	$\pm 0,5$ Hz (Cs)

La séance s'est terminée par un exposé de S. SAITO qui présenta les résultats obtenus dans la réception hétérodyne d'un signal lumineux grâce à un tube à propagation d'ondes à photocathode, et par une intervention de OLIVER qui parle des gyromètres basés sur l'effet Sagnac, et utilisant un laser.

2. La physique des plasmas

C'est un sujet très vaste dont les relations avec la radioélectricité sont nombreuses, mais pas toujours nettement définies. Pour tenter de circonscrire le problème, M.P. BACHINSKY avait organisé deux séances de travail, qui ont eu lieu le vendredi 13 septembre, dans la matinée et dans l'après-midi.

La séance du matin était consacrée à l'étude des plasmas à l'échelle du laboratoire ; l'exposé introductif

a été fait par B. LEHNERT. L'auteur a passé en revue le développement de la théorie des plasmas, en tentant de définir, à chaque étape, les principaux problèmes sur lesquels il importe de faire un effort de compréhension. Le tableau donné par LEHNERT est le suivant :

<i>aspect théorique</i>	<i>aspect qu'il convient d'approfondir</i>
Description du mouvement par l'étude du comportement des particules individuelles	— invariant adiabatique
phénomènes de transport	— influence d'un champ magnétique
production du plasma ; chauffage du plasma	— interaction d'un plasma avec les parois du récipient ou avec un gaz neutre
oscillations linéaires	
phénomènes non linéaires	— instabilités d'origine non linéaires — ondes de grande amplitude
phénomènes de turbulence	— étude complète à faire
rayonnement des plasmas	— radiation cyclotronique — étude du rayonnement en dehors de l'équilibre thermique

L'auteur cherche ensuite à faire le bilan des recherches actuelles dont les résultats sont approximativement vérifiés par l'expérience ; il faut, pour cela, disposer de méthodes de diagnostics bien adaptées à chaque problème. Les méthodes de diagnostics actuellement utilisables sont :

— mesures globales électriques et magnétiques, sur la décharge

— mesures par sondes (sondes électriques de Langmuir, sondes magnétiques, sondes par faisceaux électroniques...).

— mesures interférométriques, en ondes hertziennes ou en ondes optiques

— études de la lumière émise par le plasma ; étude, en spectroscopie de masse et de vitesse, des particules fuyant le plasma.

Il n'en reste pas moins vrai que, malgré l'abondance

des méthodes, les mesures, mêmes les plus élémentaires (température d'un plasma, p. ex.) sont très délicates et que les résultats obtenus avec les diverses techniques ne se recoupent que fort médiocrement. Les théories se développent à partir de modèles, souvent sujets à caution, que l'absence de test expérimental valable empêche d'infirmes ou de confirmer... Il y a surabondance de développements théoriques qu'aucune expérience ne vient étayer.

C'est ce qu'a montré W.B. THOMSON, dont la communication a été présentée par O. BUNEMAN ; lorsque l'on désire obtenir des relations aussi essentielles que la loi d'Ohm, on dispose de plusieurs méthodes théoriques, dans lesquelles on doit injecter des modèles (fonction décrivant la section efficace d'interaction entre particules, par exemple) ; si l'on adopte des modèles simples, on se heurte souvent à des divergences d'intégrales, qu'il faut supprimer par des coupures mal définies dans le domaine d'intégration (on peut supposer par exemple, que l'interaction est coulombienne jusqu'à la longueur de Debye, et nulle ensuite...). Tout cet ensemble de recettes conduit à une formule, qu'il est malheureusement impossible de justifier, étant donné la défaillance des méthodes expérimentales.

P.A. STURROCK (Grande-Bretagne) a présenté ensuite une étude théorique sur les instabilités que l'on observe dans les décharges et qui sont fatales à la survie du plasma. Dans un plasma homogène, les micro-instabilités peuvent prendre naissance si la fonction de distribution des vitesses n'est pas isotrope ou si elle n'est pas monotone (décroissante avec la vitesse) ; la présence de faisceaux d'électrons se propagent dans le plasma est aussi fatale à la stabilité. Si le plasma n'est pas homogène, les causes d'instabilité sont nombreuses (gradient de pression, gradient de température, etc.), parfois contrebalancées fort heureusement par l'action d'un champ magnétique. Cette communication théorique était remarquablement claire, mais malheureusement les résultats expérimentaux sont encore bien en retard sur les développements théoriques.

G. BEKEFI a présenté ensuite un ensemble de résultats expérimentaux sur l'étude des radiations d'un plasma placé dans un champ magnétique ; on mesure la température de radiation d'un tube à décharge, placé dans un guide d'onde, avec diverses orientations possibles de champ magnétique. On observe des résonances pour la fréquence « cyclotron », ou parfois pour des harmoniques. P. MEDICUS a rendu compte ensuite de mesures très précises faites à l'aide de sondes de Langmuir ; enfin, le dernier exposé de la matinée, présenté par T. CONSOLI, décrivait les nombreux dispositifs interférométriques réalisés au laboratoire de Physique Appliquée du Commissariat à l'Energie Atomique pour le diagnostic hyperfréquence des plasmas.

La séance de l'après-midi a été consacrée *aux plasmas à l'échelle géophysique et astrophysique*. R. LUST avait envoyé un exposé introductif fort intéressant, dont le texte a été distribué, l'auteur n'ayant pu se rendre à Tokyo. R. LUST passe en revue les principales caractéristiques des plasmas que l'on trouve dans

l'ionosphère, la magnétosphère, les étoiles et le milieu interstellaire ; elles sont fort utilement résumées dans le tableau comparatif ci-contre :

	Ionosphère à 160 km	Milieu inter- planétaire	Couronne solaire	Photosphère solaire	Milieu inter- stellaire
Densité des charges (cm ⁻³)	10 ⁵	10	10 ⁷	10 ¹²	10 ⁻³
Densité des neutres (cm ⁻³)	10 ¹²	0	0	10 ¹⁶	0
Température (°K)	300	10 ⁵	10 ⁶	4 500	100
Champ magnétique moyen (gauss) . . .	0,1	10 ⁻⁵	1	1	10 ⁻⁵
Fréquence de plasma (Hz)	1,8.10 ⁷	1,8.10 ⁵	5,6.10 ⁸	5,6.10 ¹⁰	1,8.10 ³
Longueur de Debye (cm)	1,3.10 ⁻²	6,9.10 ²	0,7	3,3.10 ⁻⁴	2 300
Gyrofréquence des électrons (Hz)	1,8.10 ⁶	180	1,8.10 ⁷	1,8.10 ⁷	180
Gyrofréquence des ions (Hz)	960	9,6.10 ⁻²	9 600	9 600	9,6.10 ⁻²
Fréquence de collision (Hz)	700	1,4.10 ⁻⁵	3,7	8.10 ⁸	5,5.10 ⁻⁵
Conductivité électrique (mho/cm)	3.10 ¹⁰	1,8.10 ¹⁴	7.10 ¹⁵	3.10 ¹¹	4,5.10 ⁹
Libre parcours moyen (cm)	7 000	6,3.10 ¹²	8.10 ⁷	0,4	7,4.10 ¹¹
Vitesse des ondes d'Alfven (cm/s)	6,6.10 ⁸	6,9.10 ⁵	2,2.10 ⁸	2,2.10 ³	6,6.10 ⁸
Vitesse du son (cm/s)	3.10 ⁵	5,3.10 ⁶	1,7.10 ⁷	6,5.10 ⁵	1,3.10 ⁵

Une des principales caractéristiques de la physique du plasma à l'échelle géophysique et astrophysique est la grande valeur de la conductivité électrique ; de ce fait, le temps de décroissance du champ magnétique par perte ohmique est toujours très grand par rapport à la durée des autres phénomènes qui permettent de fixer une échelle des temps. L'auteur passe ensuite en revue les phénomènes créés par l'émission de rayonnement par les masses de plasma, en équilibre thermique et surtout par les masses hors d'équilibre, qui engendrent des émissions de rayonnement dont le spectre s'étend de l'ultra-violet aux fréquences hertziennes. En outre, les masses de plasma en fusion donnent naissance à des jets de particules (vent solaire) qui, capturés par le champ magnétique terrestre, donnent naissance à la magnétosphère. Pour terminer, R. LUST examine l'influence des rayons cosmiques sur le plasma interstellaire.

C.P. SONETT et C.O. HINES ont décrit ensuite les mesures faites, avec la sonde spatiale « Pioneer », sur les caractéristiques du plasma interplanétaire ; on a trouvé une corrélation entre l'intensité du champ magnétique mesuré par le satellite et l'intensité du vent solaire. Les auteurs décrivent alors les divers modèles permettant de rendre compte de l'interaction du jet de particules constituant le vent solaire avec le champ magnétique terrestre, dans le but de décrire les orages magnétiques. Il semble qu'il y ait sept modèles différents, mais le physicien de laboratoire est étonné de constater que l'on ne donne aucun ordre de grandeur permettant de faire prévaloir l'un ou l'autre de ces modèles. Il semble que la théorie du plasma, à l'échelle géophysique, encore à ses débuts, ait déjà des résultats notables mais que le couplage entre théorie et expérience ne soit pas beaucoup plus fort que dans le plasma « à l'échelle du laboratoire ».

A.J. DESSLER a ensuite présenté une théorie originale décrivant l'interaction d'un vent solaire avec le champ magnétique terrestre ; cette théorie est basée sur une analogie avec l'onde de choc qui se crée au voisinage d'un obstacle frappé par un jet de fluide à grande vitesse. Les mesures semblent confirmer ce modèle ;

elles montrent que le champ magnétique décroît de façon régulière, lorsque l'on s'écarte de la terre jusqu'à ce que l'on atteigne une distance de l'ordre de 10 rayons terrestres. On observe alors des discontinuités importantes, dans une zone comprise entre 10 et 15 rayons terrestres. La vitesse des vents solaires serait de l'ordre de 300 km/s.

Puis P. B. BAGHINSKI a décrit de curieuses expériences de simulation d'interaction de vents solaires avec le champ magnétique ; la terre est représentée par un petit aimant de ferrite et le soleil par un canon à plasma. Les photographies sont assez frappantes, et montrent bien l'existence de la zone de « magnétosphère ». Mais il ne sera sans doute pas facile de développer ces premiers résultats, étant donné la petite échelle de ces expériences, et les conditions très délicates qu'il faut imposer au plasma « terrestre » pour qu'il puisse simuler, dans de bonnes conditions, le plasma solaire.

La séance s'est terminée par trois courtes communications. M.E. TIURI a parlé des perturbations introduites dans le plasma interplanétaire par le mouvement du véhicule spatial chargé de mesurer les caractéristiques de ce plasma. O. BUNEMAN a décrit des expériences destinées à étudier la propagation du mode des sifflements, c'est-à-dire des ondes de basses fréquences qui se propagent dans la direction du champ magnétique, pourvu qu'elles aient une polarisation circulaire dans le sens convenable. Enfin, T.E. VAN ZANDT a parlé des résonances observées dans les plasmas naturels de la très haute atmosphère.

3. Satellites pour les télécommunications

L'U.R.S.I. a formé un comité pour les problèmes communs à la radioélectricité et aux sciences spatiales. Ce groupe a organisé une séance spéciale le mardi 10 septembre, et il en est rendu compte par ailleurs. Mais diverses commissions ont cependant tenu à examiner la répercussion du développement des sciences et des techniques spatiales sur leurs sujets

d'études, et la Commission VII avait demandé à J.R. PIERCE de parler *des satellites de télécommunication*.

L'auteur a passé en revue le domaine des satellites, qui comprend les sphères passives (Echo I), les dipôles sur orbites (Westford) et les satellites actifs à défilement, à faible puissance (Telstar I et II et Relay). Seuls les satellites actifs conviennent pour les communications commercialement rentables. Il est hautement désirable d'obtenir un gain d'antenne substantiel et cela peut être essentiel pour le succès commercial. Cela pourrait être atteint par un répéteur à auto-commande, dans lequel le déphasage entre les excitations des antennes multiples sur le satellite serait obtenu à partir de rayons dirigés émis par les stations au sol, ou par la commande d'orientation du satellite. Il subsiste des doutes sur le procédé ayant le plus de chance de succès. De tous les moyens de commande d'orientation, le plus intéressant pour les satellites d'altitude intermédiaire est le gradient de gravité, qui peut être utile pour les satellites de 24 heures. Les problèmes principaux sont posés par le degré de précision de l'orientation et la rapidité de l'amortissement des oscillations. On peut atteindre le même degré d'amortissement soit à l'aide de petits gyroscopes, soit à l'aide de dispositifs à charnière ou à ressort de très faible amortissement. Si un satellite actif doit fonctionner pendant une longue période utile, il convient d'utiliser seulement des organes qui ont été soumis à des épreuves très sérieuses, et qui ont été calculés pour présenter la plus grande sécurité possible. On dispose d'organes passifs, de transistors et de tubes à ondes progressives de sécurité suffisante. Les cellules solaires n sur p sont beaucoup plus résistantes au rayonnement que les cellules p sur n , et elles donnent satisfaction si elles sont suffisamment protégées contre les radiations électroniques. La sécurité des batteries chimiques n'est pas bien établie et il vaudrait mieux s'en passer ; un procédé simple pour atteindre ce but consiste à ne faire fonctionner le satellite que lorsqu'il se trouve dans la lumière solaire.

L. JAFFE a repris divers aspects soulevés par J.R. PIERCE en donnant divers exemples extraits des « mésaventures » de Relay 1 ; H.A. ROSEN a décrit la constitution et le lancement du satellite SYNCOM 2 qui a déjà donné quelques résultats intéressants et conduit à définir un projet plus ambitieux, baptisé « ADVANCED SYNCOM ». Il semble que la stabilisation par gradient de gravitation constitue le procédé de stabilisation d'avenir ; E.F. O'NEIL a parlé de cette technique, profitant de l'occasion pour discuter des incidents relevés lors du fonctionnement de Telstar 1 et Telstar 2. Dans le même ordre d'idée, J.C. SIMON a montré que l'on pouvait songer à stabiliser la direction du rayonnement sans organe mobile, en agissant essentiellement sur l'électronique.

Le projet Westford est connu du grand public à cause de ses premières incidences politiques ; en terminant la séance, W.E. MORROW a décrit les grandes lignes de cette expérience (réalisation de la ceinture de dipôles et premiers résultats obtenus en ce qui concerne la structure de cette ceinture et son utilisation pour les télécommunications).

4. Aspect administratif des travaux de la commission VII

P. GRIVET a été élu Président, en remplacement de W.G. SHEPHERD qui était parvenu à la fin de son mandat ; R.E. BURGESS et M. CHODOROW ont été élus Vice-Présidents, tandis que M.Y. BERNARD et M. VEITH sont respectivement secrétaire de langue française et secrétaire de langue anglaise.

On sait qu'un comité de réforme de l'U.R.S.I. a été nommé lors de l'Assemblée de Tokyo ; cette décision a eu des répercussions au sein de chaque Commission, et, lors de la réunion administrative finale, plusieurs questions relatives au programme de la Commission VII ont été évoquées. Il est tout d'abord indispensable d'harmoniser la répartition des sujets d'étude entre les Commissions VI et VII ; il semblerait par exemple, raisonnable que les questions concernant les antennes fassent partie des attributions de la Commission VII.

Mais le point le plus essentiel consiste à éviter que lors des Assemblées Générales de l'U.R.S.I., la Commission VII se borne seulement à organiser des « micro-congrès » qui sont évidemment des copies succinctes des congrès spécialisés récents, qui n'intéressent que fort peu de monde... Il est incontestable qu'à l'Assemblée de Tokyo, la plus grande partie des communications de la Commission VII provenaient des Congrès d'Electronique Quantique de Paris (février 1963) et de Brooklyn (avril 1963) ainsi que du congrès de Physique des Milieux ionisés de Paris (juillet 1963)... Une telle répétition n'est pas d'un grand intérêt ; au contraire, une mise en forme pédagogique de ces mêmes résultats constituerait un apport de valeur. Il est indispensable que la Commission VII reconsidère sa mission qui doit être très différente de celle des autres commissions ; il semble que le rôle de la Commission VII devrait consister à organiser, lors de chaque Assemblée Générale, des exposés de *mise au point*, portant sur les aspects de la radioélectronique qui ont beaucoup progressé depuis trois ans ; *ces séances seraient destinées à tous les membres de l'U.R.S.I. qui n'ont pas eu le loisir de s'informer de ces travaux assez éloignés de leur spécialité*. Ainsi la Commission VII organiserait à chaque Assemblée Générale un « cours de recyclage » sur les outils du radioélectricien, à l'intention des membres des commissions spécialisées qui utilisent les outils.

RECHERCHE SPATIALE (COMITÉ S. R. R.)

PAR

M. THUE

Centre National d'Etudes des Télécommunications

1. Introduction

Lors de sa XIII^e Assemblée Générale (Londres, 1960) l'U.R.S.I. avait créé un « Comité pour les recherches radioélectriques dans l'espace » (Space Radio Research Committee, en abrégé S.R.R.) chargé de faire la liaison d'une part entre les Commissions de l'U.R.S.I., d'autre part avec les autres unions scientifiques, par l'intermédiaire du COSPAR (Committee for Space Research, Comité pour les recherches spatiales), pour tout ce qui concerne la recherche spatiale par des moyens radioélectriques. Lors des séances administratives tenues par le Comité pendant la XIV^e Assemblée Générale, le Professeur S. SILVER (Etats-Unis) a été réélu président et le Professeur W.J.G. BEYNON (Royaume-Uni) secrétaire. Les membres du Comité sont les présidents des sept commissions de l'U.R.S.I. et des représentants des comités nationaux engagés dans la recherche spatiale (Etats-Unis, U.R.S.S., Japon, Royaume Uni, Allemagne, Inde, France) ainsi que d'organismes internationaux (COSPAR, C.C.I.R.). Le Comité a examiné la participation de l'U.R.S.I. aux colloques concernant les recherches spatiales, en particulier à celui organisé en mai 1964 par le COSPAR sur l'interaction des particules de grande énergie avec l'atmosphère. Il a également approuvé une résolution du Comité interunion pour l'ionosphère (I.U.C.I.) sur la priorité à donner, dans les mesures effectuées à bord des satellites artificiels, à celles concernant le rayonnement X et extrême ultra-violet du soleil, et une résolution du Comité interunion pour les attributions de fréquences (IUCAF) sur les bandes de fréquences nécessaires pour la recherche spatiale.

Le Comité a organisé une séance scientifique destinée à faire le point de l'apport des recherches spatiales dans le domaine des travaux de l'U.R.S.I., et comprenant des exposés de synthèse sur la recherche ionosphérique au moyen de fusées et de satellites, les

recherches sur les planètes en ondes millimétriques et infrarouges, les télécommunications spatiales et les problèmes de transformation des données, en particulier pour la recherche dans l'espace lointain. On trouvera ci-après quelques indications sur le contenu de ces exposés.

D'autre part, le Comité a participé à l'organisation de certaines séances scientifiques des Commissions : influence de la propagation troposphérique sur les télécommunications spatiales (Commission II), résultats obtenus dans la recherche ionosphérique au moyen de fusées et de satellites (Commissions III et IV), techniques d'observation et mesures en radio-astronomie (Commission V) systèmes de télécommunications par satellites et étude des plasmas à l'échelle géophysique et astrophysique (Commission VII).

2. Recherche ionosphérique au moyen de fusées et de satellites

Les résultats obtenus sont exposés dans le compte rendu de la Commission III, on se bornera ici à faire le point des méthodes nouvelles mises au service de la recherche ionosphérique par les fusées et les satellites, d'après le remarquable exposé de synthèse présenté par R.E. BOURDEAU (NASA, Etats-Unis), J.H. CHAPMAN (DRTE, Canada) et K. MAEDA (Univ. de Kyoto, Japon). Ces méthodes nouvelles peuvent être classées en trois catégories : celles qui consistent à effectuer des mesures directes à bord d'un engin se déplaçant dans l'ionosphère, celles qui étudient la propagation d'ondes entre la Terre et un engin spatial, à travers l'ionosphère ou une partie de celle-ci, enfin celles, plus récentes, qui consistent à effectuer, à partir d'un engin situé au-dessus de la partie principale de l'ionosphère, des mesures sur la face supérieure de celle-ci, analogues aux mesures classiques faites à partir du sol sur la face inférieure (sondages par en haut).

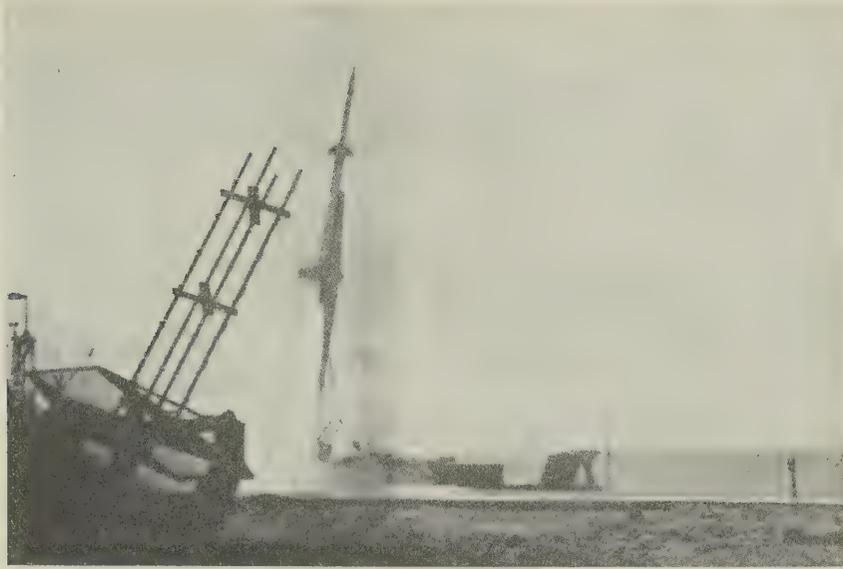


FIG. 1. — Lancement d'une fusée japonaise KAPPA pour la recherche ionosphérique (Photo RRL).

2.1. MESURES DIRECTES [15]

Le dispositif le plus anciennement utilisé sur les fusées et les satellites pour mesurer directement les caractéristiques de l'ionosphère est la *sonde de Langmuir* [1]. Rappelons qu'en faisant varier le potentiel d'une telle sonde par rapport à celui du corps de l'engin, et en mesurant le courant I recueilli par la sonde en fonction de cette différence de potentiel V on obtient la densité électronique et la température électronique d'après la forme de la courbe $I(V)$.

Cependant la précision des mesures absolues est limitée, en particulier pour les raisons suivantes :

a) la différence de potentiel entre l'engin et le plasma qui l'entoure peut atteindre quelques volts, mais n'est pas connue, et cela peut entraîner une erreur de l'ordre de 10 % sur la valeur absolue de la densité électronique [2].

b) la détermination de la valeur absolue des paramètres suppose la connaissance de la surface apparente de la sonde ; cette surface apparente diffère de la surface réelle calculée, d'une quantité difficile à déterminer expérimentalement [3].

c) les ions captés par la sonde provoquent le passage d'un courant qui modifie la valeur du courant électronique ; la forme de la courbe $I(V)$ pour les valeurs de V négatives permet de déterminer le courant ionique [3].

d) la photoémission d'électrons de la sonde, causée par le rayonnement solaire, provoque également le passage d'un courant parasite ; en prenant des précautions dans la réalisation des sondes, on peut réduire la perturbation, mais ce phénomène empêche de faire des mesures précises de densité inférieure à 10^3 cm^{-3} [4].

e) la mesure n'est significative que si le libre parcours moyen des électrons est nettement supérieur à l'épaisseur de la gaine de plasma qui entoure l'engin ; cette limitation se fait sentir au-dessous de 85 à 90 km d'altitude [3].

En polarisant une sonde par un fort potentiel négatif, on réalise un *détecteur d'ions* dont de nombreux modèles ont été utilisés sur fusée ou sur satellite ; en particulier la sonde à potentiel retardateur, ou *piège à ions* (ion trap) utilise une grille à potentiel variable au voisinage de celui de l'engin, ce qui permet de déterminer la nature et la concentration des ions [5].

En appliquant à une sonde, en plus de la tension continue de polarisation, une tension à fréquence radioélectrique variable, on obtient une résonance lorsque cette fréquence est égale à la fréquence de plasma du milieu dans lequel est plongée la sonde, et on en déduit la densité électronique. La variation de la caractéristique $I(V)$ en fonction de la fréquence permet également de déterminer la température électronique [6]. Une telle *sonde à résonance* permet d'effectuer des mesures plus précises que la sonde de Langmuir, mais cependant on ne peut obtenir de résonance si la fréquence de collision est trop élevée (en-dessous de 95 km environ) ou si la densité électronique est trop faible (moins de 10^3 cm^{-3}).

On peut aussi mesurer l'impédance d'une antenne capacitive, à une fréquence nettement supérieure à la fréquence de plasma pour éviter une résonance dans la gaine de plasma, et on en déduit la densité électronique [7]. Dans le fonctionnement d'une telle *sonde à impédance*, on doit tenir compte de l'effet perturbateur de la gaine de plasma qui entoure l'engin. Une variante de la méthode consiste à mesurer le rapport d'ondes stationnaires et la position du minimum sur la ligne d'alimentation de l'antenne, ce qui réduit l'effet des perturbations [8] ; cependant cette méthode est actuellement limitée aux altitudes supérieures à 65 km et aux densités électroniques supérieures à 10^3 cm^{-3} .

Des sondes ionosphériques ont été embarquées sur de nombreuses fusées et sur des satellites, en particulier SPUTNIK 3, EXPLORER 8 et ARIEL.

2.2. PROPAGATION D'ONDES [15]

Il s'agit de méthodes indirectes qui, à partir des conditions de propagation d'ondes entre un engin spatial et une station à terre, permet de déterminer les caractéristiques du milieu traversé par les ondes ; on obtient des caractéristiques intégrées sur tout le trajet des ondes.

On connaît bien la méthode qui consiste à mesurer l'*effet Doppler* subi à la traversée de l'ionosphère par les ondes émises à bord d'un engin spatial, en le séparant de l'effet Doppler dû au mouvement de l'engin [1] ; les perturbations principales sont dues au roulis de l'engin, à la réfraction subie par les ondes et éventuellement à l'instabilité de fréquence de l'émetteur. La méthode la plus généralement employée dite de SEDDON-JACKSON, consiste à émettre à bord de l'engin deux fréquences harmoniquement liées obtenues à partir d'un pilote très stable [9]. On a également utilisé la méthode « inversée », où les récepteurs sont situés sur la fusée [10].

La mesure de la rotation due à l'*effet Faraday* à la traversée de l'ionosphère a également été souvent utilisée pour déterminer la densité électronique intégrée entre l'engin où est situé l'émetteur et la station à terre où sont effectuées les mesures, par l'observation des évanouissements du signal reçu sur une antenne à polarisation rectiligne. On améliore la précision de la détermination en effectuant la mesure à deux fréquences harmoniquement liées, ou bien, dans le cas d'une fréquence modulée, à la fréquence porteuse et sur une bande latérale.

Le projet de satellite BEACON (S-66 de la NASA) est particulièrement destiné aux mesures d'effet Doppler et d'effet Faraday ; ce satellite doit émettre sur des fréquences précises voisines de 20, 40, 41 et 360 MHz [11].

On a également mesuré le *temps de propagation* d'impulsions émises à terre et reçues à bord d'une fusée [12] ; la méthode est analogue à celle qui utilise l'effet Doppler.

Enfin, on doit signaler les méthodes qui consistent à mesurer à bord d'un engin les caractéristiques du *champ produit par un émetteur* situé à terre, et en particulier celle qui comporte la mesure des composantes électriques et magnétiques d'un champ à très basse fréquence, méthode utilisée sur les satellites de la série LOFTI, et prévue sur le projet de satellite FR 1.

Toutes ces méthodes indirectes permettent d'obtenir avec une bonne précision la densité électronique, intégrée mais au prix de calculs assez compliqués, nécessitant l'emploi d'un calculateur numérique.

2.3. SONDAGES PAR EN HAUT

L'utilisation la plus originale des fusées et satellites est certainement celle qui consiste à effectuer, à partir d'un engin situé nettement au-dessus de la partie principale de l'ionosphère, soit vers 1000 km d'altitude, des sondages de la partie supérieure, c'est-à-dire de la partie située au-dessus du maximum d'ionisation.

Le niveau de bruit et les brouillages étant plus faibles qu'à terre, on peut émettre une puissance relativement réduite, de l'ordre d'une dizaine de watts, ce qui permet de n'utiliser que des transistors. Le problème délicat consiste à rayonner cette puissance, en particulier aux fréquences les plus basses, ce qui nécessite des antennes de 10 à 50 mètres de longueur. On doit également prévoir pour le récepteur une commande automatique de gain à grande dynamique, car le niveau de bruit galactique est très variable avec la fréquence. Les signaux sortant du récepteur sont transmis par télémesure, ainsi que des indications sur la fréquence émise, et l'affichage des résultats est effectué par la station à terre. On doit tenir compte du fait que l'engin qui porte le sondeur se déplace, et que les échos successifs sont reçus de régions différentes de l'ionosphère.

De tels « sondeurs par en haut » ont d'abord été embarqués sur des fusées ; le satellite canadien ALOUETTE [13] comporte un sondeur à fréquence variable entre 1,5 et 12 MHz, qui rayonne une puissance de 10 watts grâce à deux antennes orthogonales de longueurs respectives 25 et 50 mètres ; la fréquence de répétition des impulsions est 67 Hz, et on peut effectuer un balayage toutes les 18 secondes ; ALOUETTE a fourni depuis son lancement de très bons ionogrammes ; un sondeur à 6 fréquences fixes sur satellite (S-48 de la NASA) doit également être lancé.

3. Recherches sur les planètes, en ondes millimétriques et infrarouges

W. WEAVER et S. SILVER ont présenté un exposé très documenté sur les possibilités de recherches concernant la surface et l'atmosphère des planètes, au moyen de l'observation d'ondes électromagnétiques de très courte longueur : ondes millimétriques et submillimétriques, infrarouges et même optiques. Après avoir rappelé comment se présentait dans ces gammes d'ondes le rayonnement émis par le soleil et celui réfléchi, émis ou réémis par les planètes et leur atmosphère, on a montré que l'observation de ces rayonnements gagne à être effectuée au-dessus de la plus grande partie de l'atmosphère terrestre, sur des avions ou des ballons, ou encore à bord de fusées ou de satellites.

Ces observations permettront d'étudier d'une part les atmosphères planétaires, en identifiant les gaz qui les composent, en mesurant leur abondance, la structure de l'atmosphère et les émissions en haute altitude (luminescence, aurores) ; d'autre part la surface des planètes, sa constitution, ses irrégularités. Des résultats ont déjà été obtenus en ce qui concerne la Lune, Vénus (en particulier au moyen de l'engin spatial Mariner 2), et Jupiter, mais de nombreux sujets d'étude n'ont pas encore été abordés, et il y a là des travaux intéressants l'U.R.S.I., dans le cadre de la Commission V (Radioastronomie) et de la Commission II (propagation dans les milieux non ionisés). Cette dernière Commission a par ailleurs fait le point de nos connaissances en ce qui concerne l'influence de l'atmosphère terrestre sur les liaisons entre une station à terre et un engin spatial (réfraction, absorption, bruit).

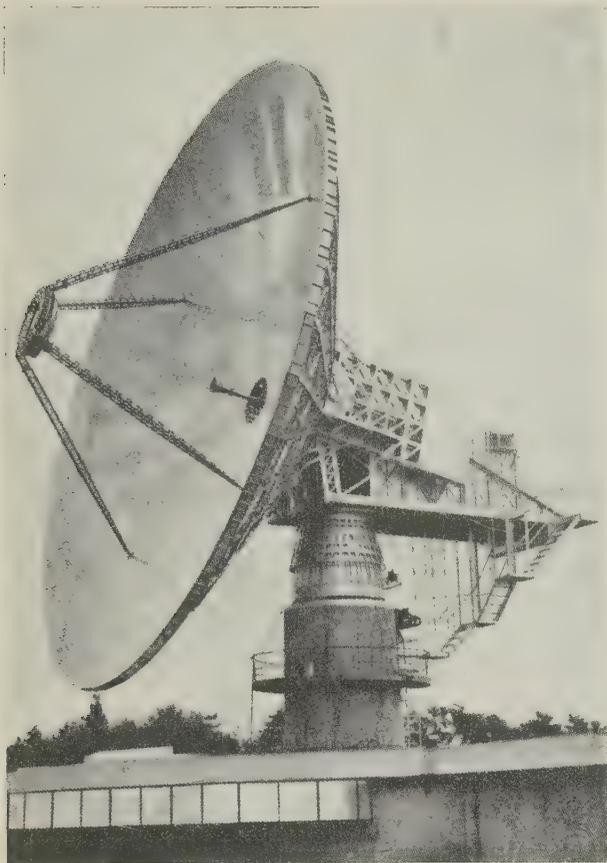


FIG. 2. — Antenne de la station de télécommunications par satellites de Juo, avant qu'elle ne soit recouverte par un radôme (Photo KDD).

4. Problèmes de transformation d'information en recherches spatiales

S.W. GOLOMB a présenté les problèmes particuliers de transformation de l'information, posés par la recherche dans l'espace lointain ; de ce point de vue, l'espace lointain peut être défini comme la région de l'espace pour l'exploration de laquelle il est plus facile d'ajouter un ordinateur dans la station à terre pour l'extraction des données que d'ajouter une source de puissance supplémentaire sur l'engin spatial pour augmenter la puissance de son émetteur (donc sa capacité de transmission d'information).

Un des problèmes les plus importants est de décider si l'on doit, sur une voie à niveau de bruit élevé, transmettre un petit nombre d'échantillons avec un code très élaboré pour avoir une bonne protection contre le bruit, ou bien transmettre sans protection spéciale le plus grand nombre possible d'échantillons, la redondance compensant les défauts de transmission.

Le choix du type de code dépend de ce qu'on sait a priori sur les valeurs à mesurer : on s'attend généralement à mesurer pour les différents paramètres des valeurs proches de celles calculées théoriquement, mais quelquefois l'ordre de grandeur n'est pas prévisible, ce qui complique le dispositif de télémessure.

La recherche d'un système optimal pour la télémessure d'une expérience spatiale, en particulier dans l'exploration de l'espace lointain, pose ainsi de nombreux problèmes de théorie de l'information, qui sont du ressort de la Commission VI de l'U.R.S.I.

5. Systèmes de télécommunications spatiales

E.F. O'NEIL (Bell Telephone Laboratories) a passé en revue les principaux résultats obtenus et les problèmes les plus importants restant à résoudre dans le domaine des télécommunications spatiales, et plus particulièrement des télécommunications par satellites entre points fixes à la surface de la Terre, sujet auquel était consacrée par ailleurs une séance de la Commission VII.

Pour accroître la puissance apparente rayonnée dans la direction de la Terre, on envisage d'augmenter le gain des antennes dans cette direction, ce qui est plus facile à réaliser si on stabilise l'orientation du satellite ; le système d'orientation par gravité semble actuellement le plus intéressant pour les satellites à altitude pas trop élevée (afin que la force de gravitation soit suffisante) car il ne consomme pas d'énergie [14].

La fiabilité des satellites doit être obtenue d'une part en utilisant des composants dont la fiabilité a été éprouvée à tous points de vue, en particulier dans l'environnement spatial, d'autre part en réduisant autant que possible le nombre des composants, par une simplification des schémas utilisés.

Dans le domaine des satellites passifs, W.E. MORROW (Lincoln Lab. M.I.T.) a donné quelques informations sur l'expérience WESTFORD : un mois après leur dispersion sur une orbite à 3000 km d'altitude, les « aiguilles » étaient distribuées à peu près uniformément sur cette orbite, et permettaient des transmissions de messages codés à la vitesse de 1000 éléments binaires par seconde. La durée de vie de la ceinture d'aiguilles a été calculée : la ceinture devrait disparaître au début de 1965.

Parmi les visites organisées pendant la XIV^e Assemblée Générale de l'U.R.S.I. figuraient celles des deux stations japonaises de télécommunications spatiales : la station de télécommunications par satellites construite par la Compagnie K.D.D. à Juo, entre Hitachi et Takahagi, sur la côte est de Hondo, qui a commencé à participer fin novembre 1963 au programme expérimental avec les satellites RELAY et TELSTAR ; la station expérimentale de Kashima, construite par le service de recherche du ministère des P.T.T. (R.R.L.) pour participer à divers essais de télécommunications spatiales.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ALPERT Ya L. — The study of the ionosphere and interplanetary gas employing artificial earth satellites and space rockets. *Planetary and Space Science*, 9, 391-433 (1962)
- [2] BOURDEAU R.E. and DONLEY J.L. — Explorer 8 satellite measurements in the upper atmosphere. *Proc. Roy. Soc. Conf.*, London, May 1963.

- [3] SMITH L.G. — A DC probe for rocket measurements in the ionosphere. *Geoph. Corp of Am*, techn rep. 63-19 N, June 1963.
- [4] ICHIMIYA T., DOTE T. and TAKAMAYA K. — Ionospheric observation by means of probes. *Journ. of Phys. Soc. of Japan*, 17, 384-400 (1962).
- [5] GRINGAUZ K.L., BEZRUKIKH V.V. and OZEROV V.O. — Results of measurements of the concentration of positive ions in the atmosphere, using ion traps... *Artificial Earth Satellite*, 6, 77-121 (1961).
- [6] AZAKI S.M. and al. — Resonance probe... *Rep. Ionosph. and Space Res, Jap*, 14, 148-159 (1960).
- [7] KAISER T.R. — The admittance of an electric dipole in a magnetoionic environment. *Plan. and Space Science*, 9, 639, (1962).
- [8] PFISTER W., ULWICK J.C. and VANCOUR R.P. — Some results of direct probing in the ionosphere. *Journ. of Geophys. Res.*, 66, 1293, (1961).
- [9] BAUER S. J. and JACKSON J.E. — A small multi-purpose rocket payload for ionospheric studies. *Space Res. IV*, 1963.
- [10] JESPERSEN M. and al. — Electron density and collision frequency observations. *Norw. Space Res. Com. Rep. N° 3*, 1963.
- [11] SWENSON G.W. Jr. — The utilization of ionospheric beacon satellites. *COSPAR Inf. Bul.* N° 15, 20-44 (May 1963).
- [12] PFISTER W. and ULWICK J.C. — Analysis of pulse delay data from rockets for the determination of electron density. *Journ. of atm. and terr. phys.*, 15, 161 (1959).
- [13] MOLOZZI A.R. — Instrumentation of the ionospheric sounder contained in the satellite Alouette. *Space Res. IV* (1963).
- [14] PAUL B., WEST J.W. and YU E.Y. — A passive gravitational attitude control system for satellite. *Bell Syst. Tech. Journ.*, 42, 2195-2238 (sept. 1963).
- [15] On pourra également consulter : *COSPAR Inf. Bul.* N° 17 (Fév. 1964), consacré aux mesures de température et de densité électronique dans l'ionosphère.
-

L'U.R.S.I. ET LES ANNÉES INTERNATIONALES DU SOLEIL CALME

(Comité U.R.S.I. - C.I.G.)

PAR

G. PILLET et F. DU CASTEL

Centre National d'Etudes des Télécommunications

1^{re} Partie : l'Organisation Internationale des A.I.S.C. et l'U.R.S.I.

Les initiales « A.G.I. » (Année Géophysique Internationale) sont devenues familières à un grand nombre de personnes et il est inutile de rappeler que l'A.G.I. fut l'une des plus grandes manifestations de recherches géophysiques coordonnées à l'échelle mondiale. L'A.G.I. a coïncidé avec une période d'activité solaire exceptionnellement élevée. Il était évident que, pour les disciplines géophysiques qui sont affectées par les variations de cette activité solaire, les résultats obtenus pendant l'A.G.I. (1957-1958) et la Coopération Géophysique Internationale (C.G.I., 1959) auraient une valeur considérablement accrue s'ils pouvaient être complétés par un programme d'observations similaires effectuées pendant une période de faible activité solaire (voir fig. 1).

Dès 1958, l'intérêt d'une telle entreprise a déjà été discuté à une réunion du Comité de l'U.R.S.I. pour l'A.G.I. et, en août 1960, à une réunion du Comité International de Géophysique (C.I.G.), un Groupe de Travail a été constitué pour commencer à étudier les programmes d'observations pour la période du minimum d'activité solaire (1964-1965). Le C.I.G. a succédé au Comité Spécial pour l'A.G.I. (C.S.A.G.I.) pour coordonner les recherches géophysiques à l'échelle mondiale. C'est un Comité Inter-Unions comprenant des représentants de quatre Unions Scientifiques (Union de Géodésie et de Géophysique Internationale. U.G.G.I., U.R.S.I., Union Astronomique Internationale. U.A.I. et Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, I.U.P.A.P.), ainsi que d'autres Comités Spéciaux du Conseil International des Unions Scientifiques (I.C.S.U.) comme le Comité Scientifique pour les Recherches Antarctiques, S.C.A.R., le Comité pour les Recher-

ches Spatiales, le COSPAR et le Service International des Ursigrammes et Jours Mondiaux (I.U.W.D.S.) et de certains organismes internationaux comme l'Organisation Météorologique Mondiale (O.M.M.).

Le programme présenté par le Groupe de Travail ci-dessus mentionné a été accepté à la 3^e Réunion du C.I.G. à Paris en 1961 et il a été décidé que le projet serait nommé « Années Internationales du Soleil Calme », A.I.S.C. (en anglais « International Quiet Sun Years » I.Q.S.Y.) et qu'il aurait lieu en 1964 et 1965.

Les propositions faites à ce sujet par le C.I.G. ont été approuvées à la IX^e Assemblée Générale de l'I.S.C.U. à Londres en septembre 1961. Les pro-

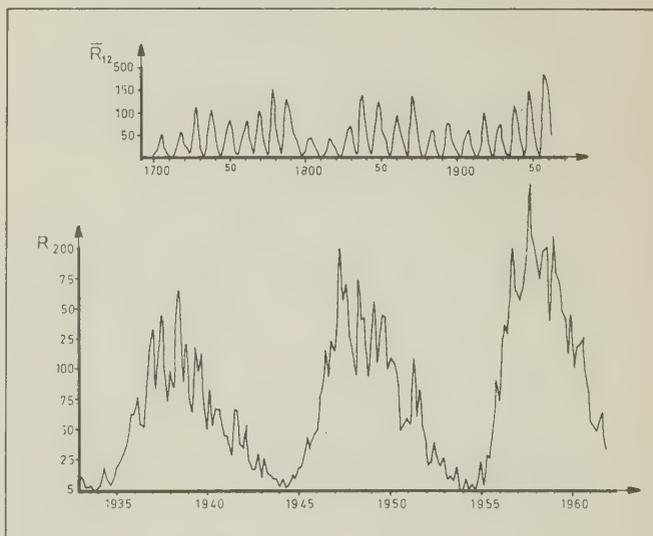


Fig. 1. — Variation de l'indice d'activité solaire. En haut, moyenne glissante de l'indice depuis 1700, en bas, variation de l'indice annuel depuis 1933.

grammes scientifiques préliminaires ont été discutés en détail à la 4^e réunion du C.I.G. à Paris en mars 1962 et un Comité IQSY-CIG a été formé, à qui a été confiée la responsabilité de l'organisation générale de l'entreprise.

L'ensemble du projet est très vaste et il n'est besoin pour s'en rendre compte que de nommer les Groupes de Travail formés à la 2^e Assemblée Plénière du Comité IQSY-CIG qui s'est tenu à Rome en mars 1963 :

- | | |
|--------------------|----------------------|
| — Météorologie | — Rayons Cosmiques |
| — Géomagnétisme | — Aéronomie |
| — Ciel nocturne | — Recherche Spatiale |
| — Aurores | — Echange de Données |
| — Ionosphère | — Jours Mondiaux |
| — Activité Solaire | — Publications |

L'U.R.S.I. est directement intéressée aux programmes des A.I.S.C. et, à sa XIII^e Assemblée Générale, à Londres en Septembre 1960, son Comité Exécutif a décidé de remplacer le Comité de l'U.R.S.I. pour l'A.G.I. par un nouveau Comité de l'U.R.S.I. pour la Coopération Internationale en Géophysique (Comité U.R.S.I.-C.I.G.), nanti du mandat suivant :

« 1) Coopérer avec le Comité International de Géophysique pour toutes les questions se rapportant à l'U.R.S.I. dans le domaine de la Géophysique,

2) Coordonner les activités des Commissions de l'U.R.S.I. qui sont particulièrement intéressées au domaine de la Géophysique,

3) Traiter de toutes les questions se rapportant à l'A.G.I. et étudiées précédemment par le Comité de l'U.R.S.I. pour l'A.G.I., y compris la fourniture de données de l'A.G.I. et de la C.G.I. entrant dans le domaine de la radioélectricité.

4) Intégrer les programmes spéciaux de recherches de l'U.R.S.I. à établir par le C.I.G., et organiser, dans le cadre de ces programmes, des réunions et des symposiums conjointement avec les Commissions pour faire progresser la science ».

Il a été décidé que le Comité des Sondages Ionosphériques à l'échelle mondiale (W.W.S.C.) adhérerait au Comité U.R.S.I.-C.I.G. et le Professeur W.J.G. BEYNON a été désigné pour présider ce Comité U.R.S.I.-C.I.G. et représenter l'U.R.S.I. au Bureau du C.I.G. Le professeur W. DIEMINGER a été désigné comme Rapporteur de l'Ionosphère au C.I.G.

La liaison entre le Comité du C.I.G. pour l'I.Q.S.Y. et le Comité U.R.S.I.-C.I.G. est extrêmement étroite puisque le Professeur BEYNON assure la Présidence de ces deux Comités et que certains membres des Groupes de Travail du Comité I.Q.S.Y.-C.I.G. sont des membres actifs de l'U.R.S.I.

À sa première réunion à Londres, en 1960, le Comité U.R.S.I.-C.I.G. a étudié un certain nombre de questions, dont la publication des données de l'A.G.I. et l'activité des Centres Mondiaux de Données et il a décidé, d'organiser un Symposium sur les résultats des sondages ionosphériques obtenus pendant l'A.G.I. (1957-58) et la Coopération Géophysique Internationale (1959). Ce symposium s'est tenu à Nice en décembre

1961 et a réuni une soixantaine de participants représentant 19 pays, en vue de faire une synthèse des résultats obtenus pendant une période de forte activité solaire et concernant le comportement de la région F à l'échelle régionale et mondiale, les méthodes de détermination des profils d'ionisation en fonction des hauteurs réelles, l'étude des différents types de couches E sporadiques, etc. Ces discussions ont servi de base à l'élaboration des programmes ionosphériques à entreprendre au cours des A.I.S.C.

Comme pour l'A.G.I., le programme ionosphérique pour les A.I.S.C. a été subdivisé et le Comité U.R.S.I.-C.I.G. a désigné des rapporteurs adjoints pour chacune des subdivisions des disciplines. L'essentiel des objectifs et des programmes ionosphériques proposés pour les A.I.S.C. est exposé ci-après. On peut y distinguer les études synoptiques et les études particulières.

SONDAGES IONOSPHERIQUE EN INCIDENCE VERTICALE

Les buts principaux sont les suivants :

a) Etude des variations géographiques, saisonnières et diurnes des principaux paramètres ionosphériques déduits des données obtenues par sondages verticaux.

b) Etude des variations au cours du cycle solaire des principaux paramètres ionosphériques en comparant les résultats obtenus pour les périodes de l'A.G.I. et des A.I.S.C.

c) Comparaison des observations en incidence verticale avec les données obtenues à l'aide de fusées et de satellites.

Les programmes de sondages ont été définis selon la latitude des stations et des programmes spéciaux plus complets sont demandés lors des Jours Mondiaux, des Eclipses et pendant les périodes d'Alertes Géophysiques, en particulier celles correspondant à des événements cosmiques et à des orages magnétiques.

En plus de ces études synoptiques, des études particulières seront entreprises avec des programmes spéciaux pour des études régionales (par exemple en des points magnétiquement conjugués), pour l'enregistrement continu de certains paramètres ionosphériques, pour le contrôle d'autres études ionosphériques comme celles des vents et de l'absorption et celles effectuées par fusées et satellites.

Dans le cadre des A.I.S.C. une importance particulière sera donnée à la détermination des profils de densité électronique tant à l'échelle individuelle qu'à l'échelle régionale et mondiale et les sondages verticaux classiques seront un complément indispensable aux autres méthodes utilisées, comme celles des réflexions partielles, de l'intermodulation, des sondages par diffusion incohérente ou des techniques utilisant des riomètres sur plusieurs fréquences.

ABSORPTION IONOSPHERIQUE

Les buts principaux du programme d'absorption des A.I.S.C. sont :

a) d'étudier les variations diurne et saisonnière

de l'absorption, les variations en fonction de l'activité solaire, et leurs relations avec l'activité magnétique locale et mondiale ;

b) de comparer l'absorption à différentes latitudes et longitudes et de déterminer les zones où l'absorption présente les mêmes caractéristiques ;

c) de comparer les variations de l'absorption en fonction de la fréquence et du temps, avec celles de l'ionisation.

Les mesures de l'absorption ionosphérique se divisent en trois catégories principales :

A_1 : mesure de l'amplitude de signaux réfléchis par l'ionosphère.

A_2 : mesure de l'absorption par l'ionosphère du bruit radioélectrique extraterrestre (au moyen de riomètres*).

A_3 : mesure de l'intensité du champ de signaux émis à courte distance en incidence oblique.

Ces trois méthodes ne fournissent pas des données directement comparables, l'une (A_2) mesurant principalement l'absorption au-dessous de 70 km environ, tandis que les deux autres mesurent l'absorption au-dessus de ce niveau. Il est donc fortement recommandé d'utiliser simultanément plusieurs de ces méthodes en une même station.

Des programmes spéciaux sont recommandés dans le but d'étudier la structure des régions *D* et *E* inférieure en combinant des mesures sur plusieurs fréquences par les méthodes ci-dessus énumérées, avec des mesures de réflexions partielles, des expériences d'intermodulation, des mesures en TBF et des mesures par fusées.

VENTS IONOSPHERIQUES

Pendant les A.I.S.C. les buts principaux sont :

a) d'étudier les variations diurne et saisonnière des vents, les variations en fonction de l'activité solaire, et leurs relations avec l'activité magnétique locale et mondiale ;

b) d'interpréter les données de vents obtenues par des méthodes différentes pour arriver à une représentation plus claire des phénomènes atmosphériques qui s'y rapportent.

Les mesures peuvent être effectuées suivant les méthodes suivantes :

D_1 : Comparaison des évanouissements sur trois antennes ou plus, distantes de moins de quelques longueurs d'onde ;

D_2 : Observations radioélectriques du déplacement des traînées météoriques ;

D_3 : Etude de la scintillation des étoiles radioélectriques avec trois antennes ou plus ;

D_4 : Observations de réflexions caractéristiques en des stations largement espacées.

(*) Riomètre : appareil de mesure de l'« opacité » radioélectrique de l'ionosphère (Relative Ionospheric Opacity) ; on mesure le bruit galactique affaibli à la traversée de l'ionosphère, d'où l'on déduit l'absorption ionosphérique.

L'interprétation des mesures de vents ionosphériques n'est pas encore bien établie et il est nécessaire de faire une comparaison détaillée des résultats obtenus par plusieurs méthodes au même endroit.

La mesure des vents par la méthode D_1 utilisée avec plusieurs fréquences permettrait d'étudier les vents à des altitudes déterminées. D'autre part, la comparaison des mouvements de nuages artificiels (par exemple nuages de sodium) dans l'ionosphère, observés par des techniques optiques, avec les vents obtenus par les méthodes D_1 ou D_3 serait extrêmement fructueuse, ainsi que la comparaison des résultats de la méthode D_2 avec des observations optiques ou de traînées météoriques.

BRUIT RADIOÉLECTRIQUE ATMOSPHERIQUE

Les buts des travaux proposés par les A.I.S.C. sont :

a) d'expliquer l'origine du bruit et d'évaluer l'énergie émise par les décharges orageuses sur toutes les fréquences ;

b) de décrire quantitativement la distribution mondiale de l'apparition des décharges orageuses, sous forme statistique ;

c) de comparer les intensités du bruit en un certain nombre de stations de réception avec celles trouvées pendant le maximum d'activité solaire.

SIFFLEMENTS ET BRUITS IONOSPHERIQUES EN TBF (ET EBF)

Pendant les A.I.S.C. des observations synoptiques similaires à celles effectuées pendant l'A.G.I. pour l'enregistrement des sifflements et des bruits TBF sont indispensables pour déterminer l'effet de l'activité solaire sur les propriétés des sifflements et des bruits TBF.

De plus, il est recommandé de mettre en œuvre des programmes spéciaux d'enregistrement continu du bruit TBF, en particulier en des stations de moyenne et haute latitude, et d'étendre la gamme de fréquences généralement étudiée afin d'enregistrer également le bruit à extrêmement basse fréquence (EBF) dans la gamme 10-300 Hz. Des études spéciales seront également poursuivies pour déterminer les relations entre le bruit enregistré en des points géomagnétiquement conjugués.

Enfin les propriétés de la propagation suivant le mode des sifflements et l'origine du bruit ionosphérique TBF seront étudiées au moyen de fusées et de satellites.

En plus des études particulières déjà signalées ci-dessus pour compléter les programmes d'observations synoptiques de l'ionosphère, et en plus des mesures effectuées par fusées et satellites que nous ne citerons que pour mémoire, de nombreuses expériences permettront de compléter nos connaissances sur la haute atmosphère :

— Les sondages par diffusion incohérente qui se sont développés depuis l'A.G.I. et constituent un

moyen très important pour l'étude de l'ionosphère et de l'exosphère car ils permettent de déterminer les profils de densité électronique au-dessus du niveau du maximum d'ionisation de la région *F* et de compléter ainsi, avec les « sondages par en haut » obtenus par certains satellites, les profils obtenus par les sondages verticaux effectués au sol.

— L'étude des aurores par la technique des échos radar.

— La diffusion vers l'avant (forward-scatter) qui a déjà fourni de précieux résultats sur l'apparition d'absorptions anormales dues à des arrivées de corpuscules (Polar Cap Absorption) aux latitudes élevées et, aux latitudes moyennes, des informations sur les traînées ionisées produites par les météores, l'appa-

LES STATIONS D'OBSERVATIONS IONOSPHÉRIQUES

Une partie importante des connaissances sur l'ionosphère repose sur l'exploitation de stations ionosphériques fixes. Aussi, les organismes des A.I.S.C. ont-ils insisté sur la coordination des mesures en des stations formant un réseau mondial aussi serré que possible tant en latitude qu'en longitude. La France détient à cet égard des positions géographiques fort importantes tant à cause de la situation des territoires sous souveraineté française que de l'accueil cordial des pays d'expression française.

Les stations ionosphériques fixes françaises pendant les A.I.S.C. sont récapitulées dans le tableau ci-dessous, qui précise la nature des observations effectuées.

Stations	Organisme responsable	Observations
Garchy (Nièvre)	G.R.I. (1)	Sondages verticaux, absorption, riomètre, vents
Tamanrasset (Algérie) (2)	—	— — —
Bangui (République Centrafricaine)	—	— — — —
Port-aux-Français (Kerguelen)	—	— — — —
Dumont d'Urville (Terre Adélie).....	—	— — — —
Saclay (Seine-et-Oise)	D.P.I. (3)	— — —
Dakar (Sénégal)	—	— — —
Djibouti (Côte Française des Somalis)	—	— — —
Tananarive (Madagascar)	—	— — —
Tahiti (Polynésie française).....	—	— — —
Poitiers (Vienne)	Fac. Sciences	— — —

(1) Groupe de Recherches Ionosphériques (C.N.E.T. - C.N.R.S. - I.P.G.) (A. Lebeau).

(2) Pour la station de Tamanrasset, le G.R.I. se borne à effectuer le dépouillement et la publication des données, le fonctionnement de la station étant assuré par l'Institut de Météorologie et de Physique du Globe d'Alger.

(3) Division des Prévisions Ionosphériques (C.N.E.T.) (C. Halley).

rition de *E* sporadique et les mouvements dans la basse ionosphère. .

— Des études d'émissions d'impulsions HF en incidence oblique et des expériences de diffusion vers l'arrière (back-scatter).

Si l'on ajoute à ces quelques remarques, que plus de 60 nations vont joindre leurs efforts pour mettre en œuvre les programmes dont on vient de faire une revue rapide, on peut se faire une idée de l'ampleur des recherches qui sont entreprises depuis le 1^{er} janvier 1964 et vont se poursuivre jusqu'à la fin de 1965, pendant les Années Internationales du Soleil Calme.

II^e Partie : La participation française aux A.I.S.C.

La participation française au programme international des A.I.S.C. a été exposée au Comité U.R.S.I.-C.I.G. lors de la 14^e Assemblée Générale, pour la partie intéressant l'U.R.S.I., c'est-à-dire essentiellement le domaine des recherches sur l'ionosphère et la magnétosphère. Dans ce domaine, le Comité français des A.I.S.C. apporte une aide permettant le développement des observations dans les stations fixes et la mise en œuvre d'expériences nouvelles.

La carte de la figure 2 indique l'emplacement des stations et montre notamment l'importance des positions françaises pour la couverture des méridiens Europe-Afrique. On notera également la situation privilégiée de la station de Terre-Adélie au voisinage du Pôle Sud magnétique. Les observations effectuées dans les stations s'inscrivent dans le programme des A.I.S.C. et concernent les sondages verticaux de l'ionosphère inférieure (sondages quadrihoraires réguliers et sondages toutes les 5 mn pendant les jours mondiaux), les mesures d'absorption (soit par sondeur d'absorption à 4 fréquences, soit par riomètres sur 4 fréquences), et les mesures de vents (par la méthode des évanouissements).

Une station fixe d'observation des sifflements naturels fonctionne également pendant les A.I.S.C. à la Faculté des Sciences de Poitiers (R. RIVAULT).

En outre, une station fixe de sondage par diffusion électronique incohérente réalisée par le C.N.E.T. (F. DU CASTEL) pour le C.N.E.S., fonctionnera dans le Cantal en liaison avec la grande antenne de radio-astronomie de Nançay (Cher). Ce sera la première fois que la technique récente de la diffusion incohérente par l'ionosphère sera utilisée par plusieurs

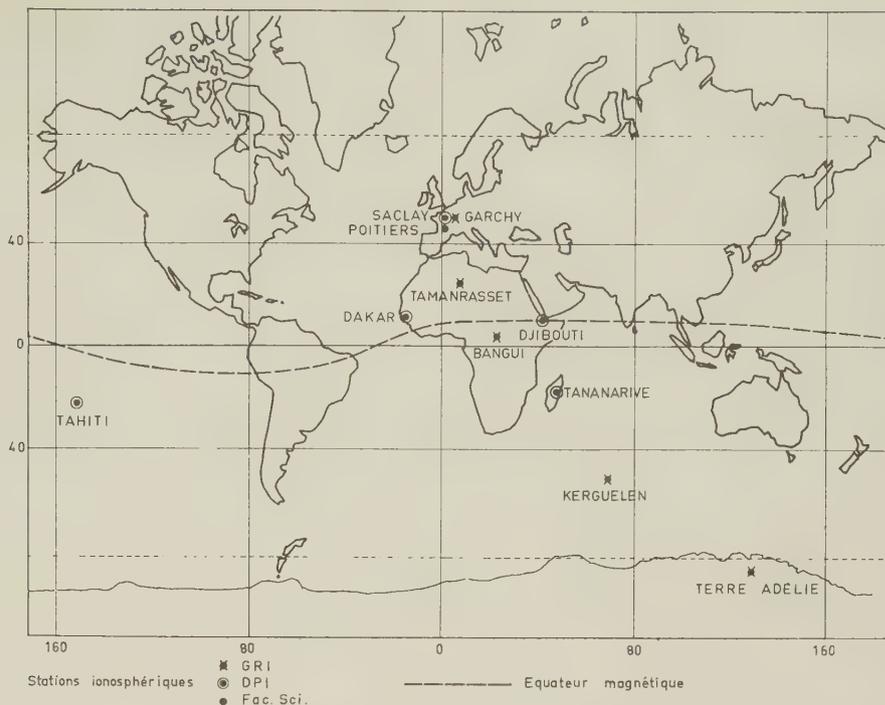


FIG. 2. — Emplacement des stations ionosphériques à responsabilité française pendant les AISC.

pays dans le cadre d'une coopération internationale. On sait que cette technique permet, au prix d'un important matériel, de mesurer la densité électronique dans l'ionosphère inférieure et supérieure, et de déduire du spectre des signaux diffusés la composition ionique du milieu et les températures électronique et ionique.

Enfin, on espère qu'avant la fin des A.I.S.C. la station des satellites du C.N.E.S., qui doit être installée à OUAGADOUGOU (République Voltaïque), aura pu être équipée pour la réception des signaux des satellites effectuant des sondages ionosphériques par en haut tels que l'actuel satellite américano-canadien Alouette et le futur satellite américain S. 48. On sait que cette technique nouvelle représente, avec la diffusion incohérente, l'important apport nouveau par la connaissance de l'ionosphère supérieure. Une station africaine équatoriale complétera utilement le réseau d'observation actuel.

LES EXPÉRIENCES PARTICULIÈRES

La coopération des A.I.S.C. est aussi l'occasion d'expériences particulières intéressant souvent plusieurs pays. Parmi celles effectuées par la FRANCE, certaines mettent à profit la conjugaison magnétique de zones émergées en hémisphère Nord et hémisphère Sud pour l'étude des phénomènes géophysiques liés au champ terrestre. Ainsi, les Iles KERGUELEN se trouvent conjuguées de la région de IAROSLAV en U.R.S.S.. Une étude effectuée en collaboration entre le G.R.I. (R. GENDRIN) et l'Institut de Géophysique de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. concerne l'étude des bruits naturels à extrêmement basse fréquence et vise à connaître leur origine probablement exosphérique.

De même, à plus basse latitude, la conjugaison magnétique entre la France et l'Afrique du Sud est à l'origine d'une étude concernant la propagation exosphérique des ondes très basse fréquence, effectuée par la Faculté des Sciences de Paris (J. DELLOUE)



FIG. 3. — Installation d'une antenne de riomètre aux îles Kerguelen, pour les observations pendant les AISC (Photo Dassonville).

et d'une étude concernant une éventuelle propagation guidée des ondes haute fréquence, effectuée par le C.N.E.T. (F. DU CASTEL).

A plus basse latitude encore, autour de l'équateur magnétique, une étude de l'anomalie ionosphérique équatoriale est effectuée par le G.R.I. (P. VILA), à partir de sondages ionosphériques aéroportés. Elle bénéficie de l'accueil des pays africains. Elle est faite en coordination avec une étude magnétique de l'électrojet équatorial effectuée au sol dans les mêmes régions d'Afrique, et avec des études ionosphériques entreprises à l'occasion des A.I.S.C. à bord d'un bateau géophysique allemand.

Il faut encore ranger parmi les expériences particulières intéressant le programme des A.I.S.C. les études spatiales effectuées en fusée ou en satellite sous la

direction du C.N.E.S. Le C.N.E.T. et le G.R.I. (O. STOREY et A. SPIZZICHINO et C. TAIEB) ont ainsi à leur programme des expériences en fusée concernant l'étude de la couche E sporadique. C'est aussi pendant les A.I.S.C. que doit être lancé le premier satellite français FR.1 réalisé en collaboration par le C.N.E.S. et le C.N.E.T. (O. STOREY, C. FAYARD) et destiné à l'étude de la structure de l'ionosphère supérieure à partir de la propagation d'ondes très basse fréquence.

Ces quelques têtes de chapitre donnent une idée de l'importance des travaux que l'existence des A.I.S.C. a permis de mettre en œuvre pour une meilleure connaissance de l'environnement terrestre. Les aspects radioscientifiques du programme des A.I.S.C. ne pouvaient que trouver leur place au sein des préoccupations naturelles de l'U.R.S.I.

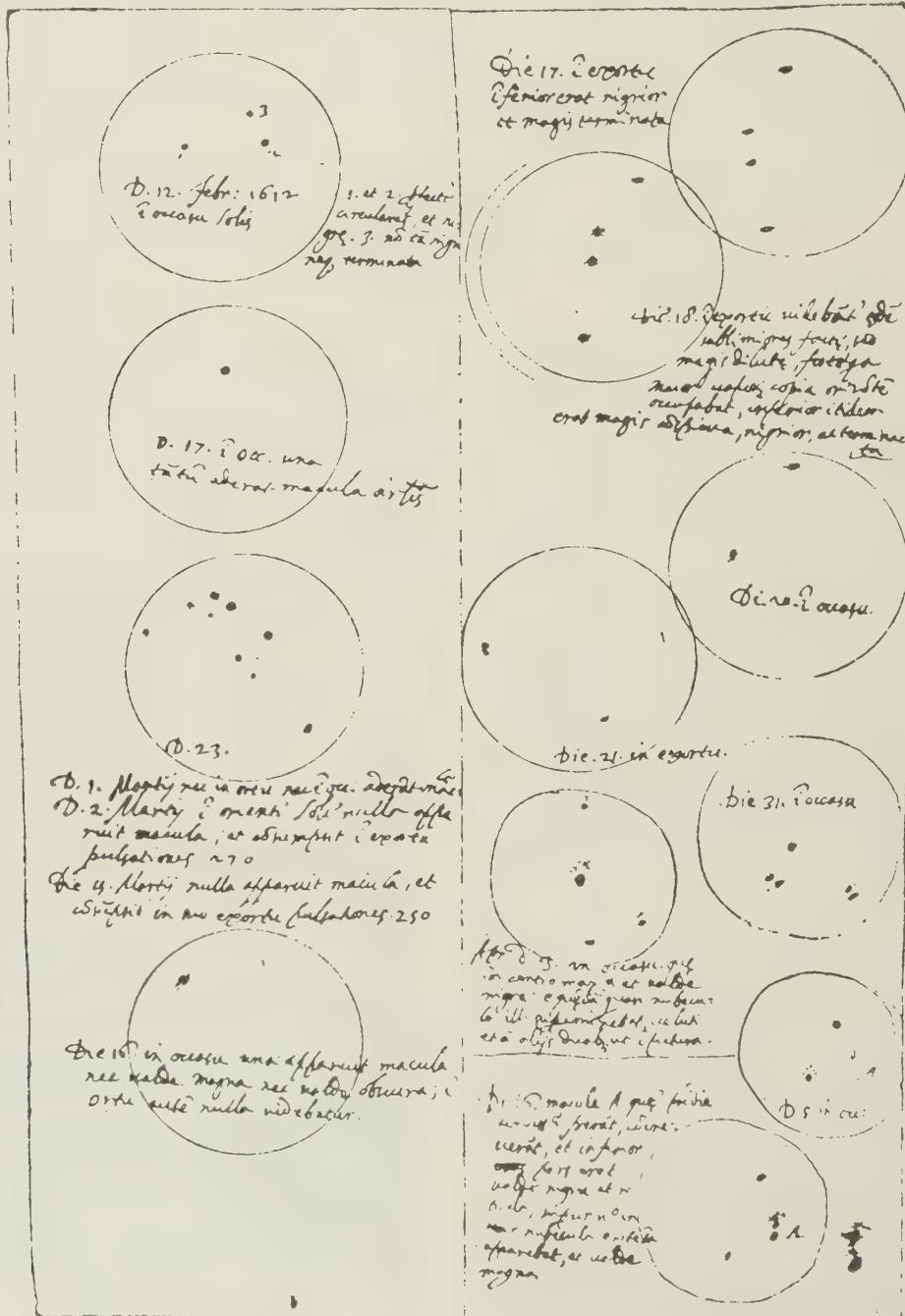


FIG. 4. — Observations des taches solaires par Galilée en 1612 (reproduction des notes de Galilée, présentée par le professeur G. RIGHINI à la réunion CIG-IQSY, Rome, mars 1963).

VISITES DE LABORATOIRES JAPONAIS ORGANISÉES A L'OCCASION DE LA XIV^e ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'U.R.S.I.

PAR

M. THUE

Secrétaire Général Adjoint du C.N.F.R.S.

Introduction

Les laboratoires de recherche japonais sont généralement mal connus en France ; on avait demandé aux membres de la délégation française à l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I. de participer autant que possible aux visites prévues à cette occasion, dans la limite du temps laissé disponible par les nombreuses séances scientifiques. On trouvera ci-après les principales caractéristiques des laboratoires et des stations expérimentales dont la visite avait été organisée à l'intention des participants à l'Assemblée Générale.

Ces visites ont eu lieu pendant la semaine pour les laboratoires situés dans la banlieue de TOKYO, pendant le week-end pour les stations ou observatoires situés à plus grande distance de la capitale (deux circuits étaient prévus, l'un vers l'observatoire de TOYOKAWA près de NAGOYA, l'autre vers l'observatoire de HIRAISSO et les stations de télécommunications spatiales, sur la côte est de l'île de HONDO).

L'organisation des visites s'est révélée généralement excellente, des accompagnateurs parlant l'anglais, et quelquefois le français, avaient la charge de groupes comprenant chacun une dizaine de personnes. Dans certains laboratoires, la présentation était faite au moyen d'un texte enregistré par une personne parlant bien l'anglais (ce qui n'est pas le cas de la plupart des japonais). A l'observatoire de Mitaka était organisée une « visite libre » : on remettait à chaque visiteur la liste des appareils présentés et un plan indiquant leur emplacement, et chacun était libre d'examiner les appareils de son choix ; on trouvait près de chaque appareil ou groupe d'appareils des ingénieurs et chercheurs compétents pour en expliquer le fonctionnement et commenter les résultats obtenus.

1. Radio Research Laboratories (R.R.L.)

a) LABORATOIRE DE KOKUBUNJI

Il s'agit du principal laboratoire de recherche dépendant du Ministère des Postes et Télécommunications ; il possède trois annexes, notamment à Koganei (émetteur de fréquence étalon et de signaux horaires) et à Kashima (station expérimentale de télécommunications spatiales). Cinq observatoires radioélectriques lui sont rattachés, en particulier celui de Hiraiso (voir ci-après).

Les laboratoires visités et les études présentées donnent une idée de l'activité de cet organisme dans le domaine de la propagation ionosphérique et troposphérique :

— Station de sondage ionosphérique (ionosonde type 6, avec émetteur 10 kW, antennes en delta, récepteur non sélectif) utilisée pour les mesures de routine : sondages quadrihoraires, et, pendant les périodes d'observation spéciale, sondages toutes les 5 mn ; enregistrement permanent de la hauteur virtuelle et de la fréquence critique des couches *E* et *F*. Ensemble semi-automatique de dépouillement des ionogrammes. Mesures systématiques d'absorption ionosphérique par analyse des échos d'impulsions émises localement.

— Station d'émission des URSIGRAMMES (World Data Center C), en liaison étroite avec le centre d'alerte radioélectrique de l'observatoire de Hiraiso.

— Laboratoire de recherche ionosphérique, disposant d'un sondeur vertical expérimental, et où sont mises au point les méthodes nouvelles utilisées ensuite à la station de sondage — par exemple enregistrement $h'(t)$ et $f_0(t)$. Mise au point de la méthode de calcul

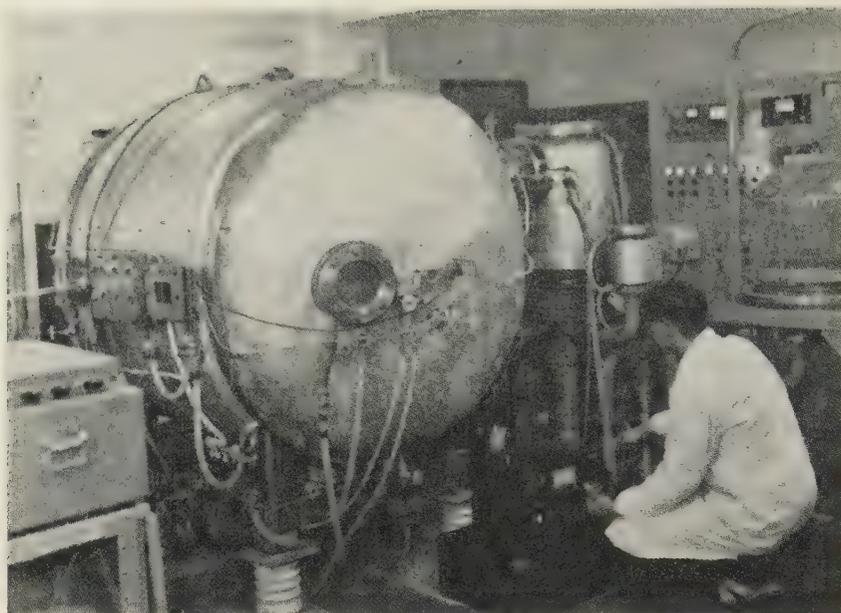


FIG. 1. — Simulateur d'environnement spatial destiné à essayer les sondes ionosphériques. Laboratoire de Kokubunji (Photo RRL).

du profil $N(h)$ à partir des ionogrammes $h'(f)$, au moyen d'un ordinateur numérique type NEAC 2203.

— Réception des signaux émis par des satellites, mesure de la dérive de fréquence due à l'effet Doppler et de la rotation de polarisation due à l'effet Faraday, avec enregistrement simultané des signaux de télémesure provenant des satellites ; à signaler un dispositif de mesure directe de la dérive de fréquence, et le tracé instantané de la courbe $f(t)$.

— Laboratoire d'étude des sondes à plasma de faible densité, pour équipement de fusées et satellites. On y met au point les sondes à résonance, utilisées sur les fusées Kappa concurremment avec des spectromètres de masse ioniques, ainsi que sur des fusées Nike Cajun tirées par la NASA. Le laboratoire possède différents tubes à plasmas et une chambre de simulation (diamètre 1,20 m, longueur 1 m) destinée à réaliser des plasmas équivalents à ceux des régions D et E .

— Etude de la diffusion ionosphérique et des couches E sporadiques par liaison de 1 000 km à environ 50 MHz, avec sondages verticaux au point médian de la liaison.

— Etude de la propagation troposphérique trans-horizon, en particulier sur une liaison de 300 km à 2 GHz, séparation des ondes provenant d'une part de la réflexion sur des couches troposphériques, d'autre part de la diffusion turbulente.

b) LABORATOIRE DE KOGANEI

C'est dans ce laboratoire que sont étudiés les étalons de fréquence (étalons à quartz, étalons atomiques et moléculaires) et mises au point les méthodes de mesure des fréquences.

C'est également à KOGANEI que se trouve la station JJY d'émission de fréquences étalon et de signaux horaires ; les émissions sont effectuées en permanence

sur les fréquences 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz et 15 MHz avec une puissance de 2 kW ; la précision de fréquence est $\pm 5 \cdot 10^{-10}$.

c) STATION EXPÉRIMENTALE DE TÉLÉCOMMUNICATIONS SPATIALES DES R.R.L. A KASHIMA

Cette station, en cours de réalisation, est destinée à participer aux expériences de télécommunications par satellites, ainsi qu'à des expériences de recherche spatiale, en particulier pour l'espace lointain ; elle n'est pas destinée à participer ultérieurement à un service régulier.

Elle est actuellement équipée d'une antenne parabolique de 30 m de diamètre excitée en son foyer par 4 sources primaires pour la bande 136-137 MHz, et d'un dispositif associé d'acquisition et de poursuite ; elle doit être complétée avant le début de 1964 pour fonctionner dans les bandes des 4 GHz (réception) et 6 GHz (émission) ; il est prévu d'utiliser ultérieurement un dispositif d'excitation de type Cassegrain pour ces deux bandes.

Au cours de la visite, une démonstration de poursuite du satellite TIROS 6 a été effectuée : l'acquisition s'est révélée assez difficile, et le niveau reçu ensuite très fluctuant, peut-être à cause des interférences avec les ondes réfléchies sur la mer (la station est située à environ 1 km de la mer, et en vue directe).

d) OBSERVATOIRE RADIOÉLECTRIQUE DE HIRAISSO

Cet observatoire effectue des mesures magnétiques, ionosphériques, et de radioastronomie, et étudie en particulier les relations soleil-terre. Il dépend des Radio Research Laboratories du Ministère des Postes et Télécommunications. Le service le plus important de l'observatoire est le *centre d'alerte radioélectrique*, qui rassemble les observations magnétiques, radio-

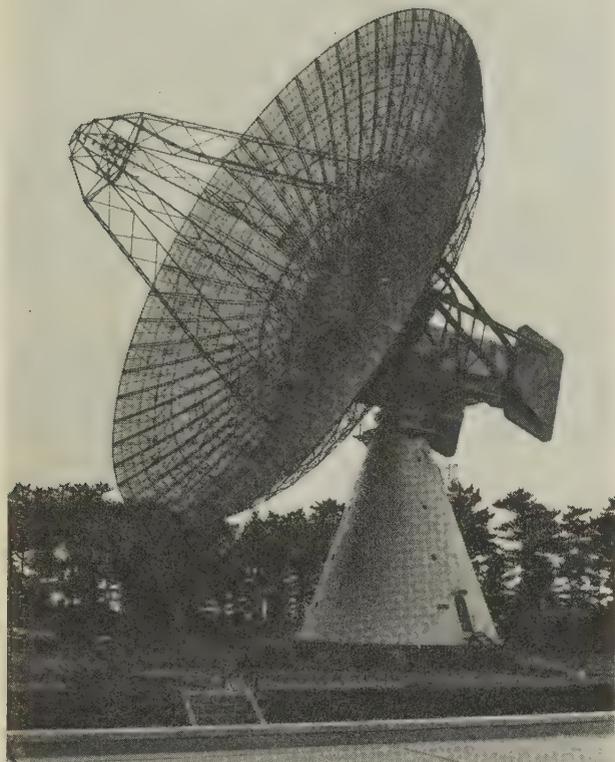


FIG. 2. — Antenne de la station expérimentale de télécommunications spatiales de Kashima (Photo RRL).

électriques et optiques (taches solaires, ondes radio-électriques d'origine solaire, paramètres de l'ionosphère, propagation en haute fréquence, perturbations géomagnétiques, rayons cosmiques) et prépare les prévisions à courte et moyenne échéances. Les enregistrements provenant des observations mentionnées ci-dessus sont rassemblés dans une même pièce où se réunissent les ingénieurs et chercheurs pour prendre les décisions concernant les prévisions et les alertes. La visite de l'observatoire a eu lieu le 15 septembre pendant une perturbation d'origine solaire, qui avait commencé le 14 septembre au matin, ce qui a permis de voir le fonctionnement du centre d'alerte les 14 et 15 septembre. Les prévisions sont diffusées par le « World Data Center C » situé à Kokubunji.

2. Electrotechnical Laboratory

a) LABORATOIRE DE NAGATA-CHO

Ce laboratoire dépend du Ministère du Commerce et de l'Industrie ; on y étudie les problèmes liés aux calculateurs numériques et l'électronique rapide, l'application aux calculateurs des dispositifs à semi-conducteurs et des techniques hyperfréquences.

b) LABORATOIRE DE TANASHI

Ce laboratoire, qui dépend également du Ministère du Commerce et de l'Industrie, a des activités voisines de celles du National Bureau of Standards aux Etats-

Unis : définition et réalisation des étalons de mesure, recherches fondamentales dans le domaine radio-électrique. A ce titre, on y a en particulier étudié et réalisé des étalons d'affaiblissement et de puissance dans les différentes gammes d'ondes en hyperfréquences, y compris les ondes millimétriques, et effectué des comparaisons avec le N.B.S. (E.U.A.) et les laboratoires britanniques.

En outre, le laboratoire étudie les systèmes de production d'énergie, y compris au moyen de générateurs magnétohydrodynamiques, les problèmes de transformation de données numériques, les problèmes fondamentaux de la physique du solide, le diagnostic des plasmas en hyperfréquence.

3. Université de Tokyo

a) OBSERVATOIRE D'ASTRONOMIE DE MITAKA

Cet observatoire, situé dans la banlieue de Tokyo, effectue, en plus de nombreuses observations classiques d'astronomie, des mesures de radioastronomie, en utilisant en particulier un radiotélescope à 1 420 MHz avec miroir sphérique fixe de 24 mètres de diamètre, un radio-interféromètre à 20 0MHz, des radiopolarimètres et radiospectromètres en ondes centimétriques.

b) INSTITUT POUR LA PHYSIQUE DE L'ÉTAT SOLIDE

Cet Institut se consacre à des recherches de base dans le domaine de la physique du solide, ainsi que dans les techniques associées : basse température, cristallographie, analyse chimique.

c) INSTITUT DE LA SCIENCE INDUSTRIELLE

Cet Institut effectue des recherches scientifiques dans des domaines susceptibles d'applications industrielles : physique appliquée, électricité et électronique, mécanique et constructions navales, chimie industrielle et génie civil.

4. Université de Nagoya

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LES ATMOSPHÉRIQUES DE TOYOKAWA

Cet Institut effectue des recherches sur les atmosphériques, leur intensité, leur localisation, leur spectre, les brouillages qu'ils apportent aux radiocommunications. On y étudie également le mécanisme des décharges orageuses qui donnent naissance aux atmosphériques, la propagation des atmosphériques, en particulier les sifflements et les sujets connexes : structure de la magnétosphère, émissions TBF, propagation TBF et EBF. En outre, une section se consacre à la radioastronomie dans le domaine des hyperfréquences ; elle étudie en particulier la localisation des sources radioélectriques sur le soleil, et a réalisé à cet effet un ensemble d'appareils fort intéressant, des radiopolarimètres à 1 GHz, 2 GHz, 3,75 GHz et 9,4 GHz, utilisant des commutateurs rapides à ferrite pour l'observation des polarisations circulaires inverses ; deux interféromètres à antennes multiples, l'un à 4 GHz avec 8 éléments, l'autre à 9,4 GHz avec

18 éléments ; un spectromètre pour la bande 2 à 4 GHz.

5. Nippon Telegraph and Telephone Public Corp.

ELECTRICAL COMMUNICATION LABORATORY A
MUSASHINO

La compagnie N.T.T.P.C. a le monopole des télécommunications métropolitaines au Japon, les laboratoires E.C.L. effectuent l'étude et le développement des nouveaux systèmes de télécommunication de cette compagnie : faisceaux hertziens à 2, 4, 6 et 11 GHz, amplificateurs paramétriques, amplificateurs à diodes ESAKI, systèmes d'aiguillage, guides d'ondes circulaires utilisés en ondes millimétriques. On y étudie également les problèmes de diffraction par les sommets munis de diffracteurs, et de propagation transhorizon (liaison Kyushu-Okinawa).

6. Kokusai Denshi Denwa (K.D.D.)

a) LABORATOIRE DE RECHERCHES

La Compagnie K.D.D. a pour le Japon le monopole des télécommunications internationales. Le Laboratoire de Recherches étudie les systèmes de radiocommunication en haute fréquence (ondes décimétriques), les systèmes de câbles sous-marins (en particulier câbles coaxiaux) et les systèmes de télécommunication par satellites.

b) STATION DE TÉLÉCOMMUNICATIONS PAR SATELLITES DE LA K.D.D.

Cette station est située à Juo, près de Takahagi, non loin de Hitachi, à environ 150 km au nord-est de Tokyo, à proximité de la mer et en vue directe, protégée par des collines vers l'intérieur. Elle est équipée :

— d'une antenne parabolique de 6 m de diamètre et d'un dispositif associé de poursuite fonctionnant à 4 080 MHz.

— d'une antenne parabolique de 20 m de diamètre, excitée par un dispositif de type Cassegrain fonctionnant dans les bandes des 4 et 6 GHz.

— d'un récepteur à 4 GHz comprenant un amplificateur paramétrique refroidi, un amplificateur paramétrique à température ordinaire, deux tubes à ondes progressives à 4 GHz, un convertisseur élevant le signal à 7 GHz, deux tubes à ondes progressives à 7 GHz, un démodulateur à verrouillage de phase (température de bruit : 85 °K, bande à 3 dB : \pm 50 MHz).

Elle a été complétée en octobre 1963 par un émetteur dans la bande des 6 GHz (puissance : 3 kW, bande à 3 dB : 25 MHz), et est entrée en service fin novembre 1963, dans le cadre des expériences utilisant les satellites RELAY et TELSTAR.

7. Laboratoires de Recherche Technique de la Compagnie de Radiodiffusion Japonaise « Nippon Hoso Kyokai » (N.H.K.) à Setagaya

Les laboratoires, qui emploient plus de deux cents ingénieurs et chercheurs, effectuent des recherches appliquées pour l'amélioration des techniques actuelles de radiodiffusion et la mise au point de techniques nouvelles (recherches en acoustique, optique, radio-électricité, électronique) ainsi que des recherches fondamentales en vue des techniques futures de radiodiffusion.

On y étudie en particulier les circuits et les antennes en ondes décimétriques, certains dispositifs à l'état solide (photodiodes, cristaux photoluminescents, laser à rubis), ainsi que les bruits naturels et les conditions de propagation en ondes métriques et décimétriques. Ces laboratoires possèdent une chambre anéchoïque de grandes dimensions pour l'étude des antennes.

LA CONFÉRENCE DES RADIOCOMMUNICATIONS SPATIALES

PAR

Y. PLACE

*Ingénieur en chef des Télécommunications
Secrétaire Général du Comité de Coordination des
Télécommunications*

Le Règlement des radiocommunications avait été révisé en totalité en 1959 par la dernière Conférence administrative des radiocommunications ; les renseignements alors disponibles au sujet des radiocommunications spatiales étaient trop peu nombreux et trop imprécis pour que la Conférence puisse fixer valablement les bandes de fréquences à attribuer à ce type de radiocommunications. Aussi adopta-t-elle une Recommandation en vue de réunir, vers la fin de 1963, une Conférence administrative extraordinaire chargée d'attribuer des bandes de fréquences pour les radiocommunications spatiales.

C'est cette dernière Conférence administrative extraordinaire, appelée Conférence des radiocommunications spatiales, qui s'est tenue à Genève du 7 octobre au 8 novembre 1963.

Sur les 122 membres que comptait alors l'Union Internationale des Télécommunications, 67 étaient présents à la Conférence ; le nombre de délégués inscrits était de l'ordre de 350.

1. Mandat de la conférence

L'ordre du jour était le suivant :

« 1) examiner les progrès de la technique réalisés dans l'utilisation des radiocommunications dans les services espace et terre-espace et dans le service de radioastronomie ; examiner les résultats des études techniques faites par le C.C.I.R.* et d'autres organismes, ainsi que les propositions des administrations concernant ces services ;

2) à la suite de cet examen :

a) décider des bandes de fréquences qu'il est essentiel d'attribuer aux diverses catégories de radiocommunications spatiales et à la radioastronomie ;

b) examiner s'il est toujours nécessaire de réserver chacune des bandes attribuées à la recherche spatiale et prendre les mesures appropriées à cet égard ;

3) conformément aux numéros 61 et 249 de la Convention internationale des télécommunications de Genève (1959), réviser seulement celles des dispositions du Règlement des radiocommunications de Genève (1959) qui sont essentielles à la mise en application effective des décisions de la Conférence relatives à l'attribution de bandes de fréquences, à la notification, à l'inscription et à l'utilisation des fréquences pour les services espace et terre-espace et pour le service de radioastronomie ;

4) conformément aux numéros 61 et 249 de la Convention internationale des télécommunications de Genève (1959), adopter les dispositions supplémentaires au Règlement des radiocommunications de Genève (1959) qui seront essentielles à la mise en application effective des décisions de la conférence portant sur les caractéristiques techniques des services espace et terre-espace et du service de radioastronomie ;

5) formuler les recommandations et adopter les résolutions nécessaires en la matière. »

2. Organisation de la conférence

Monsieur Gunnar PEDERSEN, Chef de la délégation du Danemark, fut élu Président de la Conférence ; il était assisté de deux Vice-Présidents : Monsieur l'Ambassadeur Joseph McCONNEL, Chef de la délégation des E.U.A. et Monsieur Ashot BADALOV, Vice-Ministre des Télécommunications, Chef de la délégation de l'U.R.S.S.

Sur proposition des chefs de délégation, les sept commissions suivantes ont été créées sans discussion.

Commission 1 - Commission de direction

Président	: M. PEDERSEN (Danemark)
Vice-Présidents	: M. BADALOV (U.R.S.S.) : M. McCONNEL (E.U.A.)

* Rappelons que le Comité Consultatif International des Radiocommunications (C.C.I.R.) et le Bureau international d'enregistrement des fréquences (I.F.R.B.) sont des organismes techniques de l'Union Internationale des Télécommunications (U.I.T.).

- Commission 2* - Commission des pouvoirs
Président : Dr NICOTERA (Italie)
Vice-Président : M. HARRIS (Australie)
- Commission 3* - Commission de contrôle budgétaire
Président : M. IONITA (Roumanie)
Vice-Président : M. BUTLER (Libéria)
- Commission 4* - Commission technique
Président : M. ESPING (Suède)
Vice-Président : M. ZAHRADNICEK (Tchécoslovaquie)
- Commission 5* - Commission des attributions
Président : M. KLEIN (Suisse)
Vice-Président : M. FUJIKI (Japon)
- Commission 6* - Commission du règlement
Président : M. AUTELLI (Argentine)
Vice-Président : M. EID (R.A.U.)
- Commission 7* - Commission de rédaction
Président : M. PLACE (France)
Vice-Présidents : Captain BOOTH (Royaume-Uni)
M. GARRIDO-MORENO (Espagne)
- L'étude de la révision des différents articles du Règlement était répartie comme suit, entre les trois Commissions 4, 5 et 6 :
- Commission 4* - Article 1, Article 7, calcul de la distance de coordination ;
- Commission 5* - Tableau de répartition des bandes de fréquences (Article 5) ;
- Commission 6* - Article 3, Article 9, Article 14, Article 15, Article 19, Article 26, Appendice 1, Appendice 9, Appendice 10.

3. Résultats obtenus

Les Actes finals de la Conférence se composent :

- d'un préambule à la révision du Règlement des radiocommunications ; ce préambule constitue l'Accord entre les parties signataires ;
- de 14 annexes traitant chacune de la révision d'un article ou d'un appendice donné du Règlement des radiocommunications, ou de l'adjonction d'un nouvel article ou d'un nouvel appendice ;
- de 4 Résolutions ;
- de 11 Recommandations ;
- du Protocole Additionnel où figurent les réserves de certains pays.

Préambule

Le préambule comporte un historique très court suivi du dispositif classique de l'Accord ; il y est spécifié que « les dispositions du Règlement des radiocommunications de Genève (1959) ainsi révisées font partie intégrante du Règlement des radiocommunications ». Ce préambule précise que les dispositions annexées entrèrent en vigueur le 1^{er} janvier 1965.

Annexes

a) Article 1 (Termes et définitions)

Les définitions adoptées sont peu différentes de celles qu'avaient adoptées le C.C.I.R. au cours de sa X^e Assemblée plénière ; un certain nombre d'améliorations ont été apportées. Une tentative de rationalisation plus poussée des définitions, faite au cours de la Conférence, n'a pu être menée à bonne fin par suite du manque de temps disponible.

Citons les définitions suivantes :

« Service de terre :

Tout service radioélectrique défini dans le présent Règlement, autre qu'un service spatial ou que le service de radioastronomie.

Service spatial :

Service de radiocommunications :

- entre stations terriennes et stations spatiales,
- ou entre stations spatiales,
- ou entre stations terriennes lorsque les signaux sont retransmis par des stations spatiales, ou transmis par réflexion sur des objets situés dans l'espace, à l'exclusion de la réflexion ou la diffusion par l'ionosphère ou dans l'atmosphère terrestre.

Station terrienne :

Station du service spatial située soit sur la surface de la terre, y compris à bord d'un navire, soit à bord d'un aéronef.

Station spatiale :

Station du service spatial située sur un objet qui se trouve, est destiné à aller ou est allé au delà de la partie principale de l'atmosphère terrestre.

Service de télécommunication par satellites :

Service spatial :

- entre stations terriennes, lorsqu'il est fait usage de satellites actifs ou passifs pour l'échange de communications du service fixe ou du service mobile,
- ou entre une station terrienne et des stations situées sur des satellites actifs, pour l'échange de communications du service mobile, en vue de leur retransmission vers des stations du service mobile ou à partir de celles-ci ».

b) Article 3

Signalons une modification de détail du numéro 114 et l'adjonction d'un nouveau numéro 116 A précisant que pour le règlement des cas de brouillages nuisibles, le service de radioastronomie est traité comme un service de radiocommunications.

c) Article 5

Le tableau de répartition des bandes de fréquences a fait l'objet de discussions longues et laborieuses, tout particulièrement au sujet des télécommunications par satellites. Les difficultés essentielles provenaient, d'une part du manque de concordance entre les différentes propositions, d'autre part des réticences de certains pays, non engagés dans les radiocommunications spatiales, à partager, avec ces dernières, des bandes de fréquences déjà attribuées à d'autres services.

Les attributions faites aux différents services spatiaux sont résumées dans le tableau suivant.

Bandes de fréquences	Service	Bandes de fréquences	Service
15 762 - 15 768 kHz	Recherche spatiale, en partage.	2 690 - 2 700 MHz	Radioastronomie, en exclusivité.
18 030 - 18 036 kHz	Recherche spatiale, en partage.	3 400 - 4 200 MHz	Télécommunication satellite-Terre, en partage.
30,005 - 30,010 MHz	Recherche spatiale et identification des satellites, en partage.	4 400 - 4 700 MHz	Télécommunication satellite-Terre, en partage.
37,75 - 38,25 MHz	Radioastronomie, en partage.	4 990 - 5 000 MHz	Radioastronomie, en partage dans les Régions 1 et 3 ; en exclusivité dans la Région 2.
136 - 137 MHz	Recherche spatiale (télémesure et poursuite) en partage dans les Régions 1 et 3 ; en exclusivité dans la Région 2.	5 250 - 5 255 MHz	Recherche spatiale, en partage.
137 - 138 MHz	Satellites de météorologie, recherche spatiale (télémesure et poursuite), télémesure et poursuites spatiales, en partage.	5 670 - 5 725 MHz	Recherche dans l'espace lointain, en partage.
143,6 - 143,65 MHz	Recherche spatiale (télémesure et poursuite), en partage.	5 725 - 5 850 MHz	Télécommunication Terre-satellite, en partage et seulement dans la Région 1.
149,9 - 150,05 MHz	Radionavigation par satellites en exclusivité.	5 850 - 5 925 MHz	Télécommunication Terre-satellite, en partage et seulement dans les Régions 1 et 3.
267 - 273 MHz	Télémesure spatiale, en partage.	5 925 - 6 425 MHz	Télécommunication Terre-satellite, en partage dans toutes les Régions.
399,9 - 400,05 MHz	Radionavigation par satellites en exclusivité.	7 250 - 7 300 MHz	Télécommunication satellite-Terre, en exclusivité.
400,05 - 401 MHz	Satellites de météorologie (télémesure de maintenance) recherche spatiale (télémesure et poursuite), en partage.	7 300 - 7 750 MHz	Télécommunication par satellites, en partage.
401 - 402 MHz	Télémesure spatiale, en partage.	7 900 - 7 975 MHz	Télécommunication Terre-satellite, en partage.
460 - 470 MHz	Satellites de météorologie, en partage.	7 975 - 8 025 MHz	Télécommunication Terre-satellite, en exclusivité.
1 400 - 1 427 MHz	Radioastronomie, en exclusivité.	8 025 - 8 400 MHz	Télécommunication Terre-satellite, en partage.
1 427 - 1 429 MHz	Télécommande spatiale, en partage.	8 400 - 8 500 MHz	Recherche spatiale, en partage dans les Régions 1 et 3 ; en exclusivité dans la Région 2.
1 525 - 1 535 MHz	Télémesure spatiale, en partage.	10,68 - 10,7 GHz	Radioastronomie, en exclusivité.
1 535 - 1 540 MHz	Télémesure spatiale, en exclusivité.	14,3 - 14,4 GHz	Radionavigation par satellites en exclusivité.
1 660 - 1 670 MHz	Satellites de météorologie, en partage.	15,25 - 15,35 GHz	Recherche spatiale, en exclusivité.
1 664,4 - 1 668,4 MHz*	Radioastronomie, en partage.	15,35 - 15,4 GHz	Radioastronomie, en exclusivité.
1 690 - 1 700 MHz	Satellites de météorologie, en partage.	19,3 - 19,4 GHz	Radioastronomie, en exclusivité.
1 700 - 1 710 MHz	Recherche spatiale (télémesure et poursuite), en partage.	31 - 31,3 GHz	Recherche spatiale, en partage
1 770 - 1 790 MHz	Satellites de météorologie, en partage.	31,3 - 31,5 GHz	Radioastronomie, en exclusivité.
2 290 - 2 300 MHz	Recherche spatiale (télémesure et poursuite dans l'espace lointain), en partage.	31,5 - 31,8 GHz	Recherche spatiale, en partage dans les Régions 1 et 3 ; en exclusivité dans la Région 2.
		31,8 - 32,3 GHz	Recherche spatiale, en partage.
		33 - 33,4 GHz	Radioastronomie, en partage et seulement dans la Région 1.
		34,2 - 35,2 GHz	Recherche spatiale, en partage

* Au cours de la Conférence, la délégation des Etats-Unis a fait état de la toute récente mise en évidence des raies d'absorption de l'oxydrique interstellaire sur 1665,40 et 1667,35 MHz, justifiant l'attribution de cette bande à la radioastronomie.

D'autre part, des renvois au tableau d'attribution des bandes de fréquences, prévoient le fonctionnement des services spatiaux dans d'autres bandes (en partage) :

— télécommande spatiale à $148,250 \pm 0,015$ MHz, à $154,200 \pm 0,015$ MHz, dans 449,75 - 450,25 MHz, dans 2 110 - 2 120 MHz pour l'espace lointain, et dans 7 120 - 7 130 MHz ;

— recherche spatiale dans 10,003 - 10,005 MHz, 19,990 - 20,010 MHz, 39,986 - 40,002 MHz, 183,1 - 184,1 MHz et 900 - 960 MHz ;

— satellites de météorologie dans une largeur de bande de 100 MHz comprise dans les bandes 7 200 - 7 250 et 7 300 - 7 750 MHz ;

— radiolocalisation pour satellites de météorologie dans 9 975 - 10 025 MHz et 34 400 - 34 500 MHz ;

— radioastronomie dans les bandes de garde des fréquences étalon à 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz, et 25 MHz, dans 79,75 - 80,25 MHz en région 1 (73 - 74,6 MHz en région 2), dans 150,5 - 153 MHz, dans 406 - 410 MHz en régions 1 et 3 (404 - 410 MHz en région 2) et dans 606 - 614 MHz en région 1 (608 - 614 en région 2, 610 - 614 MHz en région 3).

En outre, certains services classiques de radiocommunications ont été autorisés à utiliser dans certaines bandes des techniques de télécommunications spatiales :

— service mobile aéronautique dans 117,965 - 132 MHz et 132 - 136 MHz en région 1, dans 1 540 - 1 660 MHz, 5 000 - 5 250 MHz et 15,4 - 15,7 GHz (en partage).

— radionavigation aéronautique dans 1 540 - 1 660 MHz, 4 200 - 4 400 MHz, 500 - 5 250 MHz et 15,4 - 15,7 GHz.

— amateurs dans 144 - 146 MHz.

d) Article 7

La Conférence a repris ici les limites de puissance spécifiées par le C.C.I.R. dans les bandes partagées, d'une part pour la puissance apparente rayonnée (+ 55 dBW) et la puissance émise (+ 13 dBW) par les faisceaux hertziens, d'autre part pour le flux de puissance produit à la surface de la Terre par les satellites de télécommunication (— 149 dBW/m² par 4 kHz) ; cette dernière limite a été étendue aux satellites de météorologie.

L'angle minimal de site pour l'émission par les stations terriennes est limité à 3°. D'autre part, une limite de la puissance apparente rayonnée dans le plan horizontal par les stations terriennes a été fixée (+ 55 dBW par 4 kHz) ; cette limite peut être augmentée soit par accord mutuel, soit dans les cas où la station terrienne est à plus de 400 km des frontières. Il est également possible de tenir compte d'un « facteur d'écran du terrain ».

L'article 7 ainsi modifié précise dans quelles bandes sont applicables ces limitations.

e) Articles 9 et 9 A

La procédure de notification et d'inscription des assignations de fréquence a fait l'objet :

— d'un amendement de l'article 9 en ce qui concerne les assignations de fréquence aux stations des services de Terre dans les bandes de fréquences partagées avec le service spatial ;

— d'un nouvel article 9 A, en ce qui concerne les assignations de fréquence aux stations du service spatial et du service de radioastronomie ;

— d'une Résolution numéro 1 A, en ce qui concerne la coordination des systèmes à satellites.

L'ensemble de la procédure peut se résumer comme suit :

— tout système à satellites fait l'objet d'une coordination mondiale effectuée par l'intermédiaire de la circulaire hebdomadaire de l'I.F.R.B. (Résolution 1 A) ;

— avant de notifier à l'I.F.R.B. ou de mettre en service une assignation de fréquence d'émission ou de réception à une station du service fixe ou du service mobile dans une bande déterminée attribuée, avec égalité des droits, à ce service et au service spatial dans la gamme de fréquences comprise entre 1 GHz et 10 GHz, toute administration coordonne l'utilisation de cette assignation avec toute autre administration qui a antérieurement effectué la coordination aux fins de l'établissement d'une station terrienne (Article 9 A), si la station en projet est située, par rapport à la station terrienne, en deçà de la distance de coordination et si les bandes nécessaires des émissions de la station intéressée du service spatial d'une part, et de la station intéressée du service fixe ou du service mobile d'autre part, sont écartées de moins de 6 MHz ;

— avant de notifier à l'I.F.R.B. ou de mettre en service une assignation de fréquence d'émission ou de réception à une station terrienne dans une bande déterminée attribuée, avec égalité des droits, au service spatial et au service fixe ou au service mobile dans la gamme de fréquences comprise entre 1 et 10 GHz, toute administration coordonne l'utilisation de cette assignation, mais uniquement en ce qui concerne le service fixe ou le service mobile, avec l'administration de tout autre pays dont le territoire est situé, par rapport à la station terrienne en projet, en tout ou en partie, en deçà de la distance de coordination.

Toutefois, dans les deux derniers cas précédents, aucune coordination n'est requise lorsqu'il s'agit des bandes de fréquences 4 400 - 4 700 ou 8 100 - 8 400 MHz.

Dans les trois types de procédure qui viennent d'être cités, l'administration qui cherche la coordination peut demander l'aide de l'I.F.R.B. lorsqu'elle ne réussit pas à obtenir directement un accord.

Le calcul de la distance de coordination, dont il a été question plus haut, se fait sur des bases définies dans la Recommandation 1 A.

f) *Articles 14 et 15*

Les deux amendements essentiels apportés au Règlement des radiocommunications sont les suivants :

— afin d'éviter les brouillages, les stations spatiales doivent être équipées de dispositifs appropriés leur permettant de cesser rapidement leurs émissions lorsqu'elles en sont requises aux termes du Règlement (N° 695 modifié) ;

— lorsqu'un brouillage est causé au service assuré par une station terrienne, l'administration dont dépend la station de réception qui a constaté le brouillage peut également intervenir directement auprès de l'administration dont dépend la station brouilleuse (nouveau numéro 711 A).

g) *Article 19*

Deux idées nouvelles apparaissent :

— dans le cas où la transmission des signaux d'identification par une station spatiale n'est pas possible, cette station est identifiée par les caractéristiques de sa trajectoire (nouveau numéro 737 A) ;

— lorsque des indicatifs d'appel sont employés par des stations du service spatial, il est recommandé qu'ils soient composés de deux lettres suivies de deux ou trois chiffres (nouveau numéro 773 A).

h) *Article 20*

Outre les documents publiés jusqu'à présent par le Secrétariat Général, l'Article 20 prévoit la publication d'une nomenclature des stations du service spatial et des stations de radioastronomie.

i) *Appendices*

Les appendices 1, 9 et 10 au Règlement des radiocommunications ont été amendés pour tenir compte des modifications apportées au Règlement lui-même.

D'autre part, un nouvel appendice a été ajouté, l'Appendice 1 A, relatif aux fiches de notification concernant les stations du service spatial et du service de radioastronomie.

Après des instructions générales sur les fiches de notification relatives à ces stations, ce nouvel appendice donne les caractéristiques fondamentales à fournir dans le cas de la notification :

— d'une fréquence d'émission d'une station terrienne ;

— d'une fréquence de réception d'une station terrienne ;

— d'une fréquence d'émission de stations spatiales ;

— d'une fréquence de réception de stations spatiales ;

— d'une fréquence de réception de stations de radioastronomie.

j) *Résolutions*

Les Résolutions adoptées par la Conférence des radiocommunications spatiales sont au nombre de 4.

Comme nous l'avons dit plus haut au sujet des articles 9 et 9 A, la Résolution 1 A est relative à la coordination des systèmes complets à satellites.

La Résolution 2 A décide que, jusqu'à nouvel ordre, les dispositions des chapitres VII et VIII du Règlement, qui sont relatives aux cas de détresse et aux situations critiques, sont considérées comme s'appliquant également aux cosmonautes et aux engins spatiaux.

La Résolution 3 A invite les administrations exploitant des stations des services fixe et mobile à titre primaire dans la bande 1 525 - 1 540 MHz, à rechercher s'il leur est possible d'accepter le déclassement de ces services à la catégorie secondaire.

La Résolution 4 A est relative à la coopération internationale et à l'assistance technique dans le domaine des radiocommunications spatiales.

k) *Recommandations*

Les Recommandations adoptées par la Conférence sont au nombre de 11.

La Recommandation 1 A, comme nous l'avons dit plus haut au sujet des articles 9 et 9 A, est relative au calcul de la distance de coordination pour les stations terriennes ; une annexe à cette Recommandation donne la méthode de calcul de cette distance de coordination.

Les quatre Recommandations suivantes sont adressées au C.C.I.R. La Recommandation 2 A est relative au calcul des probabilités de brouillage entre stations situées l'une par rapport à l'autre en deçà de la distance de coordination. La Recommandation 3 A est relative aux bandes de fréquences partagées entre le service spatial et les services de Terre en vue de l'étude des critères de brouillage pour les divers services spatiaux et services de Terre partageant des bandes de fréquences attribuées par la Conférence. La Recommandation 4 A est relative à l'étude des méthodes de modulation pour les faisceaux hertziens du point de vue du partage des bandes de fréquences avec les systèmes de télécommunications par satellites. La Recommandation 5 A demande au C.C.I.R. d'étudier la possibilité technique de réaliser des émissions de radiodiffusion à partir des satellites.

La Recommandation 6 A est adressée à la Conférence administrative extraordinaire des radiocommunications appelée à réviser l'appendice 26 du Règlement des radiocommunications (Plan d'allotissement de fréquences pour le service mobile aéronautique) en vue de réserver des canaux en ondes décimétriques aux véhicules de transport aéro-spatiaux.

La Recommandation 7 A invite les administrations, utilisant ou ayant l'intention d'utiliser des stations des services fixe et mobile dans la bande 136 - 137 MHz, à prendre toutes dispositions pour faire cesser dès que possible le fonctionnement de ces stations.

La Recommandation 8 A invite les administrations à mettre, dès que possible, un terme au fonctionnement des stations des services fixe et mobile dans les bandes 149,9 - 150,05 MHz et 399,9 - 400,05 MHz, notamment dans les régions côtières.

La Recommandation 9 A demande aux Membres de l'Union de fournir des données et au Conseil d'administration d'examiner chaque année les progrès correspondants, dans le domaine des radiocommuni-

cations spatiales, en vue de la convocation ultérieure éventuelle d'une nouvelle Conférence chargée d'élaborer de nouveaux accords.

La Recommandation 10 A, adressée aux Membres de l'Union, demande que l'utilisation et l'exploitation des bandes de fréquences attribuées pour les radiocommunications spatiales soient soumises à des accords respectant les intérêts mutuels de toutes les nations.

La Recommandation 11 A, relative à l'attribution de nouvelles bandes de fréquences pour le service de Radioastronomie et à la protection de ce service, complète la Recommandation n° 32 de la Conférence administrative des radiocommunications de 1959.

4. Conclusion

La Conférence des radiocommunications spatiales a attribué aux différents services spatiaux et à la Radioastronomie, en exclusivité ou en partage avec d'autres services, des bandes de fréquences dont le total est supérieur à 6 000 MHz ; sur ce total, 2 800 MHz ont été attribués au service de télécommunication par satellites.

Certes, certains problèmes furent difficiles à résoudre notamment celui de l'attribution de bandes de fréquences aux télécommunications par satellites, mais il faut souligner l'harmonie et l'esprit de coopération remarquables qui ont régné durant toute la conférence et ont permis l'accomplissement d'une tâche à la fois importante et délicate dans un délai relativement très court.

Le 7^e Salon International des Composants Electroniques

Paris, 7-12 Février 1964

(1^{re} Partie)

Le 7^e Salon International des Composants Electroniques s'est tenu à Paris, au palais des expositions de la porte de Versailles, du 7 au 12 Février 1964. Cette manifestation, devenue maintenant traditionnelle, a connu, cette année encore, un grand succès dont il faut féliciter les organisateurs du Syndicat des Industries de pièces détachées Radioélectriques et Electroniques (S.I.P.A.R.E.) et ceux des différents syndicats spécialisés placés sous le patronage de la Fédération Nationale des Industries Electroniques (F.N.I.E.).

Suivant une habitude prise ces années dernières, nous présenterons un compte rendu sommaire du 7^e Salon. Notre objectif n'est pas de faire une énumération complète des matériels présentés, ni même des nouveautés : nous pourrions d'ailleurs en oublier ! Nous voudrions plutôt, pour chaque catégorie de matériels, donner les impressions générales et les tendances essentielles.

La première partie sera consacrée aux pièces détachées proprement dites (résistances, condensateurs, tubes, transistors, etc.). La deuxième partie, qui paraîtra dans le prochain numéro de notre revue, aura trait aux appareils de mesure.

Résistances et Potentiomètres

Dans ce domaine, on constate par rapport à l'année précédente une extension de la fabrication des résistances à couches avec en particulier une amélioration de la stabilité, une recherche de l'isolation et une réduction des dimensions. De nombreux constructeurs offrent maintenant la possibilité de connexions spéciales pour soudure électrique.

L.C.C.-EURISTA a sorti récemment une résistance à couche de carbone d'usage courant, particulièrement stable et de dimensions extrêmement réduites en 1/4 watt (référence RBX 001). Elle est du type ultraminiature et son revêtement de résine synthétique permet de la classer en modèle « isolé ».

SERNICE présente le modèle RSI 1/4 W qui correspond au RC 2 de la norme CCTU 04. 04 A. Ce modèle stable, isolé à couche de carbone est réalisé en 2 versions moulées ou sous enrobage epoxy. Les caractéristiques sont les mêmes dans les deux versions et la gamme s'étend de 3,3 Ω à 270 k Ω en tolérance $\pm 5\%$.

SIEMENS fabrique la résistance à couche *Karbowid*, miniature et sans embouts. Elle peut supporter une charge élevée (1/2 W) pour ses dimensions restreintes (3 x 7,5 mm). Tolérance $\pm 10\%$ à $\pm 1\%$ — classe 5.

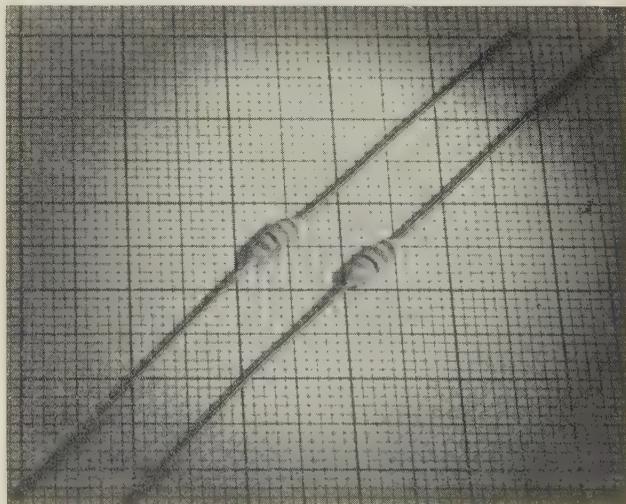
Dans le domaine des résistances à couche métallique, SERNICE

présente les résistances *ROCI* qui correspondent au modèle RCP 1 de la norme CCTU 04-06. Ce modèle à sorties axiales par fils couvre la gamme 20 Ω à 9 100 Ω avec la tolérance $\pm 5\%$. Dissipation nominale 1 W et 1,5 W en usage courant.

En ce qui concerne les résistances à couche métallique, EURISTA a porté la température de service des résistances *RMN* à 125 °C sans réduction de la puissance applicable et la gamme s'étend de 47 Ω à 1,8 M Ω suivant la dissipation (0,12 à 1 W).

De son côté EURISTA a spécialement étudié deux modèles pour les applications nécessitant une très faible valeur ohmique dans la gamme de 0,1 Ω à 5 Ω . Le coefficient de température est positif, de l'ordre de $+ 4 \cdot 10^{-3}$ par degré C. Les puissances dissipables sont de 0,7 W pour le modèle *RN 3* à 1,5 W pour le modèle *RN 5*.

Chez SIEMENS, les résistances à couche en métal précieux sont nouvelles. Elles existent pour des charges nominales de 0,25, 0,5 et 1 W. Elles se caractérisent notamment par la charge élevée par rapport aux dimensions, un bon comportement en haute fréquence et un coefficient positif de température, prédéterminé. La gamme s'étend de 1 Ω à 510 k Ω avec des tolérances de $\pm 5\%$ à $\pm 0,5\%$.



Résistances EURISTA : RB x 001

Remarquées chez ALMA COMPONENTS LIMITED les résistances à film métallique, complètement scellées, du type *MA* et *MC*. La puissance dissipable varie de 1/8 W à 1 W pour les 2 types de même que la gamme ohmique (100 Ω à 1 MΩ). Pour le type *MA* la tolérance varie de $\pm 5\%$ à $\pm 0,1\%$ et le coefficient de température est de $\pm 20.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Pour le type *MC* la tolérance s'échelonne de $\pm 5\%$ à $0,5\%$ et le coefficient de température est de $\pm 50.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Ce type est moins stable que le précédent. SERNICE a uniquement réduit les dimensions *RCM* 0,125 W et 0,0625 W. Le coefficient de température minimal est de $\pm 25.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

SERNICE présente dans le domaine des résistances bobinées miniatures, trois modèles réalisés sur un même bâtonnet céramique mais dont le bobinage est protégé différemment :

RLS laquées siliconées — sorties axiales par fils.

RMB moulées isolées — sorties axiales par fils.

RLPD laquées siliconées isolées — sorties axiales par fils.

Ces trois modèles ont une puissance dissipable de 1,5 W à 25^o d'ambiance, et nulle à 275 °C. Le coefficient de température est de $\pm 20.10^{-6}$ par °C. Les valeurs ohmiques s'étendent de 1 Ω à 1 800 Ω (progression *E* 24). La tolérance est de $\pm 5\%$.

VÉTROHM présente toujours les résistances bobinées série *K* de 1 à 60 W. Le mandrin est en fibre de verre. Pour des puissances de 1 à 3 W la résistance est enrobée d'une résine *Thermocoat* supportant une température de 300 °C. Pour les puissances supérieures les résistances ne sont plus enrobées mais logées à l'intérieur d'une enveloppe en stéatite scellée aux extrémités avec une matière spéciale prévue pour fonctionner jusqu'à 400 °C.

Enfin ALMA COMPONENTS LIMITED expose une nouvelle résistance bobinée lâche (série *I*) de précision. Le coefficient de température varie suivant le type de $15.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ à $5.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. La puissance dissipable s'étend de 1/8 W à 2 W, la gamme ohmique de 10 Ω à 3 MΩ et la tolérance de $\pm 0,1\%$ à $\pm 0,01\%$.

Dans le domaine particulier des résistances à haute stabilité, SERNICE réalise maintenant une nouvelle version du type *RSI*, isolée à couche de carbone. Il correspond au modèle *RS* 5 de la norme CCTU 04.03 A, caractéristique B. Sorties axiales par fils. Puissance dissipable 1/4 W à 70^o. Valeurs ohmiques 3,3 Ω en $\pm 5\%$; 10 Ω jusqu'à 270 kΩ en $\pm 1\%$.

Chez EURISTA la série de résistances de haute stabilité à couche de carbone *RMX* (classe 0,5) isolée par un revêtement de résine synthétique va être étendue à de nouvelles puissances. Le modèle *RMX* 025 (ex *RMX* 003) 1/4 W vient d'être homologué et voit ses dimensions réduites. Des essais sont en cours sur les modèles *RBX* 003 et *RPX* 025.

RÉSISTA présente également une résistance de forme très allongée permettant de couvrir une gamme s'étendant jusqu'à 125 MΩ avec une stabilité de classe 0,5.

En ce qui concerne les potentiomètres il convient de remarquer chez un grand nombre de constructeurs la généralisation des potentiomètres pour circuits imprimés (ROSENTHAL, CONTELEC, AMPHENOL, RADIAC). Pour la plupart d'entre eux les améliorations ont porté sur la miniaturisation, la résolution et la précision. SEIMO présente un nouveau bouton à affichage et un frein d'axe de potentiomètre. En outre création d'un nouveau modèle ultrapot type AA bobiné à réglage fin, non étanche. Réglage sur 4 412 tours gamme ohmique de 47 Ω à 10 kΩ.

WIRELESS SA expose des potentiomètres bobinés blindés, étanches au jet, en 10 tours \varnothing 46 et rotation continue \varnothing 60. Les boîtiers de ces potentiomètres de précision permettent le logement de résistances qui peuvent être apaisées avec le bobinage potentiomètre au point de vue valeur et coefficient de température. Les potentiomètres bobinés à tarage sous l'appellation *Réglohm* carré, comportent à présent un modèle à broche pour circuit imprimé en cours d'homologation. Cette société présente enfin sous licence anglaise de ANCILLARY DEVELOPMENTS un petit potentiomètre bobiné micro-couple, rotation continue, taille synchro 05.

FERRANTI a étendu sa gamme de potentiomètres de précision à faible couple conçus pour la conversion d'une rotation mécanique en un signal électrique. Deux nouveaux modèles ont été créés : un modèle bobiné taille synchro 08 et 11 dont la linéarité est donnée meilleure que $\pm 0,1\%$ pour toutes valeurs de résistance et dont la résolution a été augmentée (0,037 % pour le

type 11). Les prises intermédiaires sont connectées sur une seule spire ce qui évite toute modification de linéarité et permet d'obtenir des prises très rapprochées. Un modèle à film de carbone tailles synchro 08, 11 et 20, linéarité ou conformité à la loi de variation meilleure que $\pm 0,1\%$, résolution de 2 secondes d'arc. Puissance nominale 2 W. Ces 2 potentiomètres existent en modèle simple ou jumelé (jusqu'à 6 ou 7 éléments) et peuvent être réalisés pour toutes fonctions ou toute loi empirique.

Enfin dans le domaine des éléments résistants non linéaire-COPRIM présente ses remarquables résistances CTN (thermistances) et VDR et fabrique dès à présent en petites quantités des résistances CTP (coefficient de température positif). Ces dernières résistances sont basées sur les propriétés de matériaux semiconducteurs qui se caractérisent par une augmentation brutale à une température déterminée de la résistivité électrique.

Condensateurs

I. Condensateurs électrolytiques

L'évolution dans le domaine des condensateurs électrochimiques à l'aluminium et au tantale à électrolyte solide est orientée vers la miniaturisation, l'obtention de plus fortes capacités et de tensions de service plus élevées.

SIC SAFCO présente toujours les condensateurs *Minisic*, *Felsic* 70 et *Promisic*. Le modèle *Minisic* (2 à 1 000 μF — 10 à 63 V) est en cours d'homologation. Les dimensions de ces pièces ont été réduites pour certains modèles dans des proportions atteignant 30 % en volume. Le modèle *Felsic* 70 (6 à 400 V — 100 à 80 000 μF) est lui aussi en cours d'homologation. Les améliorations portent :

— sur l'extension de la gamme des valeurs aux fortes capacités basse tension (50 000 μF 12/15 V — 80 000 μF 6/8 V).

— Emploi possible en filtrage avec composante de fréquence de 5 000 Hz.

Le modèle *Promisic* (6 à 63,5 V à 200 μF) est aussi en cours d'homologation pour la catégorie — 40 + 85 °C. A noter que sur ces deux derniers modèles des essais systématiques de fiabilité ont été effectués depuis 2 ans. Sur le modèle *Felsic* 70 il a été constaté à l'essai de vieillissement accéléré à 70^o limité à 1 000 h par pièce, un taux de défaillance inférieur à $2,5.10^{-6}$. Pour le modèle *Promisic*, ce taux de défaillance est inférieur à 10^{-6} à la température de 85 °C.

MICRO a présenté quelques nouveautés dans les secteurs « grand public », industriel et « professionnel ». Dans ce dernier secteur qui vous intéresse plus particulièrement remarquons les 3 modèles grande longévité, haute fiabilité :

— *PV* (co7) et *PA* (co8). Tensions de service 30; 70; 200; 350 V capacités : 20 à 2 000 μF.

— *PCT* polarisés ou non pour circuit transistorisé. Tension de service 6,3 V à 100 V capacités : 5 à 500 μF.

— *CI* pour circuit imprimé, fixation verticale. Tensions de service 6,3 V à 70 V capacités 5 à 200 μF.

Chez ROEDERSTEIN et I.E.I. possibilités de trouver des électrolytiques pour circuits transistorisés à sorties axiales ou unilatérales de 3 V à 5 V couvrant la gamme 3 μF à 200 μF. Enfin L.C.C. présente des électrolytiques subminiatures pour montage en boîtes et circuits transistorisés, des miniatures *Elkomold*, polarisés ou non, dans des boîtes plastiques complètement isolées, une gamme d'électrolytiques à feuille d'aluminium gravée et pour les circuits imprimés et câblés, des condensateurs à enfilage vertical dont la gamme s'étend de 500 μF/3 V_{cc} à 50 μF/50 V_{cc}.

Dans le domaine des condensateurs au tantale à électrolyte solide, PRÉCIS présente les types *LS60* et *TS60* « cercle rouge » avec sorties soudables à l'étain ou électriquement (*TS60N*). Ils sont réalisés en boîtiers métalliques étanches, polarisés ou non. La version « cercle rouge » est à haute fiabilité et à courant de fuite réduit. AIR TRONIC fabrique des condensateurs au tantale pelliculaire, non polarisés.

L.C.C. STEAFIX expose toujours des modèles *TE* et *TN* à électrolyte liquide et *TB* et *TR* à électrolyte solide, ultraminiatures, ou pour circuit imprimé.



Condensateurs secs au tantale type ETT avec des connexions unilatérales

L.T.T. s'est surtout attaché dans ce domaine à améliorer les caractéristiques mécaniques et électriques et, à miniaturiser.

Le groupe ROEDENSTEIN fabrique maintenant le type ETT avec des connexions unilatérales pour utilisation dans des circuits imprimés très compacts et présente à côté de la série ETX, des condensateurs miniatures ETY (pour appareils sub-miniatures) à connexions axiales ou unilatérales. Cette série va de 0,01 μ F à 2 μ F.

Enfin T.C.C. présente d'une part une sélection entièrement nouvelle de condensateurs solides liquides à travertin pour de larges gammes de températures avec possibilités dans les gammes standard et miniature de condensateurs à feuilles soit polarisés, soit non polarisés (certains modèles peuvent fonctionner jusqu'à 125 °C) et d'autre part une nouvelle gamme de condensateurs au tantale ordinaires ou gravés, tubulaires à feuilles, polarisés ou non.

2. Condensateurs à diélectrique mica, verre et céramique

Dans ce domaine on constate une généralisation de la fabrication des condensateurs au mica pour circuits imprimés. PRÉCIS offre des condensateurs subminiatures, basse tension pour circuits imprimés, avec sorties axiales et radiales.

PI a perfectionné la fabrication des condensateurs type « boutons » et présente toujours ses condensateurs en atmosphère neutre à 0,1 % jusqu'à 10 000 pF. Leur coefficient de température est de 15.10⁻⁶ et peuvent être utilisés jusqu'à 140 °C, angle de pertes très faible. Utilisation comme étalon, filtre...

ALSTON CAPACITORS LIMITED présente une nouvelle série de condensateurs au mica argenté pour circuits imprimés (type AR). Enrobage résine epoxy, gamme de 10 pF à 500 pF 350 V fonctionnant de -55° à + 120 °C.

MICRO - ASDA fabrique des condensateurs au mica argenté (type CI 2 à 5) à enrobage spécial haute température (+125 °C). Gamme de 4,7 à 5 000 pF tension de service de 65 à 300 V. Tolérances 10, 5, 2, 1 et 0,5 %.

L.C.C. STÉAFIX a modifié la technologie de ses condensateurs « boutons » ce qui permet une utilisation à 85 ° et à 125 °C. Les condensateurs CA 17, 18, 19 moulés dans une résine epoxy modifiée ont été homologués C.C.T.U. Cette société présente aussi des condensateurs pour surmoulage revêtus d'une mince couche protectrice de résine thermodurcissable (utilisation dans le câblage « Fagot ») et enfin des condensateurs ultraminiatures MU7 et MC7, extension des modèles MU et MC vers les faibles dimensions. Ils couvrent la gamme 10 pF à 470 pF sous une tension nominale de 63 V_{cc}. La plupart des fabrications L.C.C. peuvent être réalisées avec des connexions non plus en cuivre argenté ou étamé mais en alliage spécial soudable électriquement.

Les condensateurs à diélectrique verre sont toujours présentés par la société SOVIREL (modèle CYFM). D'autre part JFD dont L.C.C. est l'agent exclusif pour la France présente des

ajustables verre. La constante diélectrique du verre a été améliorée de 30 % (verre type N) ce qui permet d'avoir une réduction des dimensions pour la même plage de variation de capacité. JFD présente aussi un condensateur à coefficient de température réglable pour appareils de mesure. Sa capacité à la température de référence est fixe et un dispositif permet de faire varier à volonté son coefficient de température de -800.10⁻⁶ à +800.10⁻⁶.

Dans le domaine des condensateurs à diélectrique céramique, la CÉRAMIQUE FERROÉLECTRIQUE présente le modèle plaquette BTI isolé (type I) de 4,7 pF à 470 pF avec un coefficient de température nominale de -33.10⁻⁶ et de 22 pF à 1000 pF avec un coefficient de température nominale de -750.10⁻⁶. La tension de service est de 30 V_{cc} pour les 2 gammes de capacités. Le même modèle existe en type II isolé (BTII) de 100 pF à 15 000 pF, \pm 20 %. Cette société fabrique aussi une nouvelle série de condensateurs microminiatures de 1000 pF à 120 000 pF (\pm 10 %). Tension de service = 200 V_{cc}. Gamme de température -55 °C à +125 °C. Les caractéristiques obtenues par cette nouvelle fabrication, tout à fait spéciale, sont nettement supérieures à celles des diélectriques « céramique » courants.

L.C.C. - STÉAFIX présente de son côté :

- des condensateurs plaquettes « Microminiatures » moulés dont la tension de service est portée à 63 V_{cc}. Gammes de capacités : 4,7 pF à 680 pF en type I (réf. CL 800), 100 pF à 10 000 pF en type II (réf. DLZ800).

- des condensateurs à « courbe - plate » g de type II dont la variation entre -55 °C et + 85 °C reste comprise entre -20 % et + 10 %. Gammes de capacités : 470 pF à 22 000 pF (125 V_{cc}) réf DQZ.

- 330 pF à 2 200 pF (250 V_{cc}) réf DGZ.

Ce dernier type est utilisable à 125 °C sans réduction de tension. Les deux versions peuvent être enrobées ou moulées.

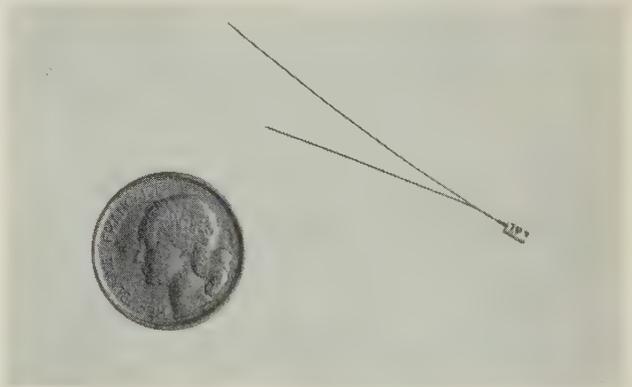
- Des condensateurs disques de faible diamètre : série CB 604 de 1 à 12 pF, DI 604 jusqu'à 1 000 pF.

- des condensateurs cylindriques moulés à connexions axiales en type II, le type I existant précédemment.

Les toutes dernières nouveautés de cette société sont constituées par :

- des condensateurs « Multicouches ». Il s'agit de lames de céramique extrêmement minces, métallisées et empilées avant cuisson du diélectrique et qui constituent après cuisson un bloc d'une grande robustesse mécanique et électrique. Le diélectrique est de classe Z. Il existe actuellement, dans cette technique, deux condensateurs moulés prolongeant la série DLZ 800 (0,1 μ F et 47 000 pF) et deux condensateurs enrobés à connexions coaxiales soudables électriquement (22 000 pF et 47 000 pF).

- des condensateurs à couche d'arrêt « super K » utilisant une nouvelle composition céramique à base de titanate de baryum et contenant comme catalyseur d'oxydo-réduction des oxydes de néodyme et de praséodyme, gamme actuelle de 22 000 pF à 0,47 μ F sous une tension nominale de 12 volts.



Condensateur miniature au tantale type ETY.

3. Condensateurs au papier et à films plastiques

On remarque peu de nouveautés dans le domaine des condensateurs feuille diélectrique métallisée ou non métallisée, par rapport au salon de 1963.

Pour les diélectriques papiers et polytéréphthalate d'éthylène (Mylar) les gammes se développent vers les basses tensions de service, grâce à l'apparition des bandes de 3,8 μ d'épaisseur. L'utilisation de l'aluminium métallisé comme électrode semble supplanter celle du zinc.

La nouveauté en fait réside essentiellement dans l'accroissement du nombre de fabricants présentant des condensateurs à bande polycarbonate métallisée ou non. L'amélioration de la stabilité en température, alliée à d'excellentes propriétés diélectriques, est en partie responsable de ce développement.

Chez G.A.M., 5 séries sont proposées sous des tensions de service de 250 et 400 V.

Chez EFCO, la gamme des « films stables » présentée lors du dernier salon s'est étendue à la tension de service 63 V.

Chez L.C.C. on trouve trois gammes 150, 250 et 400 V de TS et chez PRÉCIS.

HELGO présente également des condensateurs 160 V et 250 V.

Matériaux magnétiques

1. Matériaux et circuits basse fréquence et fréquences radio-électriques

L'évolution dans le domaine des circuits ferrite est orientée vers l'élargissement de la gamme dimensionnelle des pots série internationale et de la gamme des matériaux.

C'est ainsi que l'on note :

— les modèles FP 9x5 en ferrite de manganèse T11 (COFELEC) pour des fréquences 0 à 250 kHz et en ferrite de nickel H32 (COFELEC) pour des fréquences supérieures à 4 MHz.

— les modules FP11 x 7 en ferrite 3H1 et 3D3 (COPRIM) pour des fréquences de 0 à 250 MHz et 1 MHz.

— les modules FP30 x 19, 36 x 22, 42 x 19 chez l'un ou l'autre des 3 fabricants COPRIM, L.T.T., COFELEC.

Des circuits nouveaux sont également présents :

Noyaux en croix X 22, X 30, X 35 chez COPRIM.

Noyaux en croix X 29 chez COFELEC.

Circuits HO pour matériau à haute perméabilité (3E2 COPRIM). Ce matériau est également utilisé sous forme de tore.

En ce qui concerne les matériaux, l'accent est mis sur les ferrites à coefficient de température positif (T14 COFELEC, 1D24 L.T.T., 3H1 COPRIM).

Dans le domaine des circuits en pot ferrite de la gamme dimensionnelle classique (FP14 et FP 26x16),

On remarque :

— la mise au point de nouveaux habillages chez L.T.T.

— l'homologation suivant la norme CCTU 06-04 des circuits FP 18x11, FP 22x13, FP 26x16 Classe I de COFELEC, FP 14x8, FP 18x11, FP 26x16, Classe I de COPRIM

2. Dans le domaine des tores laminés

On note l'apparition de profils en anhyter, collés à l'araldite. Profils E150 chez IMPHY.

Profils EI ou UI de différentes dimensions chez VACUUM-SCHMELZE (R.F.A.).

3. Mémoires magnétiques

Les mémoires à tores de ferrite classiques sont présentées chez tous les fabricants et la tendance générale est la recherche d'une diminution de volume, d'une augmentation de rapidité, d'une amélioration de stabilité en température et sous l'effet de contraintes extérieures.

L.T.T. présente une mémoire compacte en accordéon.

COFELEC propose des tores de faibles dimensions, soit en

matériau classique, avec thermostatisation, soit en matériau stable en température (M18).

COPRIM présente un tore 6H1 basculant en 170 nanosecondes avec un courant de 850 mA. et un ensemble complet offrant une technologie de câblage et d'empilage des plans avec sortie sur cartes imprimées permettant d'atteindre 150 000 bits dans 420 cm² avec surmoulage de sélecteur.

Signalons également l'élément Biaxe pour lecture non destructive.

4. Dispositifs pour hyperfréquences

Chez L.T.T., signalons la mise au point d'un isolateur à 10 000 MHz de très faible encombrement (12 x 41 x 48 mm) (poids 70 g). La bande passante est 500 MHz et il fonctionne en puissance moyenne de 1,5 watt.

Chez COFELEC, on remarque des dispositifs pour ondes millimétriques et des isolateurs simples et doubles pour bande 5925-6425 MHz.

Céramiques

Les céramiques se présentent toujours sous une multitude de formes, comme supports de toutes natures. Leur utilisation comme diélectrique permet de réaliser des condensateurs miniatures de grande valeur (jusqu'à 100 000 pF) assez stables en température.

Les céramiques piézoélectriques commencent à déborder de leur domaine habituel : outre les transducteurs ultra-sonores, les équipements de SONAR, les résonateurs en plaques, en disques, en tubes, en anneaux, etc. les jauges de contraintes, de déformation, de pression, les accéléromètres, les têtes de lectures, microphones et haut-parleurs, se développent les filtres céramiques. A la BRUSH CRYSTAL Co, en particulier, différents types de ces filtres sont disponibles, mais leurs performances médiocres limitent encore leur utilisation aux équipements commerciaux de qualité moyenne, les récepteurs transistorisés portables par exemple.

Quant aux quartz, ils continuent leur progression vers des stabilités de plus en plus élevées, de l'ordre de 10⁻¹⁰ s par jour, grâce aux progrès réalisés sur les enceintes thermiques : à la C.S.F., et surtout chez MARCONI, où des enceintes de volume assez réduit, « à changement d'état », atteignent, selon les constructeurs, des stabilités en température de l'ordre de 10⁻³⁰ C.

Tubes électroniques

Parmi les nouveaux tubes de réception présentés cette année, nous avons remarqué le tube en céramique-métal (type « nuvistor ») n° 8056 fabriqué par LA RADIOTECHNIQUE (quatrième tube de ce type proposé par cette firme). Il s'agit d'une triode pour usages professionnels (faible bruit, faible tension d'alimentation).

La même firme propose le tube 7586 (de type « nuvistor » déjà présenté l'an dernier) comme électromètre (courant de grille inférieur à 1 pA).

Les fabricants ont présenté cette année une nouvelle série de tubes pour téléviseurs, à 10 broches (triode - pentode ECF 201, double pentode EFL 200, triode - heptode ECH 200 et triode - pentode ECF 200). Il s'agit de tubes multiples destinés à des fonctions particulières pour téléviseurs d'encombrement réduit ; la partie pentode des ECF 201, ECF 200 et EFL 200 a des caractéristiques assez intéressantes, comparables à la série EF 183, EF 184, EL 183.

Un autre tube à 10 broches, la double triode ELC 808 a les mêmes caractéristiques que la double triode 12 AX 7 (grand coefficient d'amplification, bruits en basse fréquence très réduit) ; la dixième broche a permis de placer un écran interne entre la grille de commande et le filament pour réduire un peu plus le ronflement.

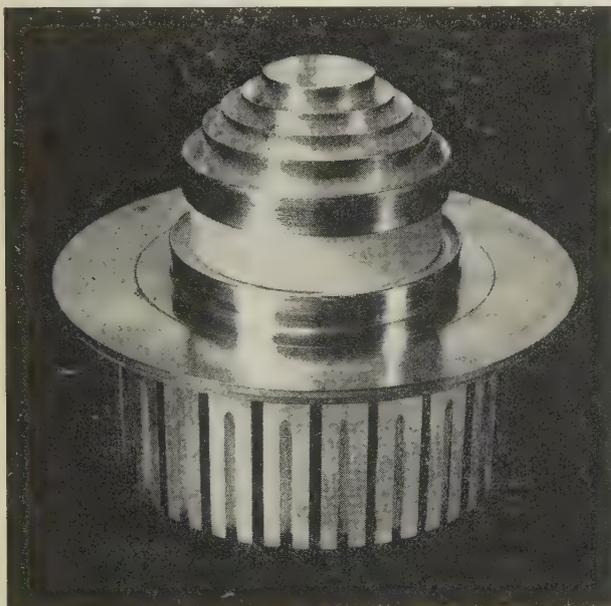
Enfin, signalons les tubes EL 504 (balayage horizontal 110° pour téléviseur, embase « magnoval ») et le tube EL 520 (pentode de puissance pour basse fréquence, embase « novar »).

Tubes hyperfréquences

Dans le domaine des tubes hyperfréquences, on est particulièrement frappé par la tendance très marquée d'une diminution de volume et de poids des tubes (miniaturisation), particulièrement des klystrons et des tubes à onde progressive. Pour ces derniers on a obtenu des résultats remarquables en ayant recours aux procédés de focalisation magnétique alternée. Cette tendance à la miniaturisation est en grande partie due à la conception de matériels destinés à être embarqués sur engins. Elle est très sensible chez C.S.F., peut être plus encore chez EIMAC où l'on a remarqué entre autres des klystrons à alimentation haute tension incorporée pouvant être alimentés directement à partir d'une batterie à basse tension. On a noté chez ce constructeur un TOP dans la bande de 4 à 8 GHz délivrant 10 W en continu, avec un gain de 35 dB — focalisation alternée — et un klystron reflex 250 mW pour bande X. Dans le même esprit on pouvait voir au stand SYLVANIA un TOP donnant 100 W dans la bande X, en dépit de son faible poids (1 kg).

Une autre tendance est à la recherche de puissances et de fréquences de plus en plus élevées. On connaît déjà les performances obtenues dans la course aux hautes fréquences par les carinothrons C.S.F. Notons seulement que ce fabricant possède maintenant certains équipements destinés à l'utilisation de ces tubes, particulièrement des interféromètres fonctionnant dans les bandes de 90 à 140 GHz (3 à 2 mm) et de 140 à 220 GHz (2 à 1,5 mm).

Enfin, on assiste encore à une rivalité des klystrons et des tétrodes, particulièrement dans le domaine des tubes émetteurs de télévision. Ainsi, C.S.F. propose un klystron : F 2009, fonctionnant dans la bande 570 à 830 MHz et ayant une puissance de 50 kW. Ce tube est destiné aux émetteurs TV bande IV. Dans le même but, C.F.T.H. propose une tétrode céramique :

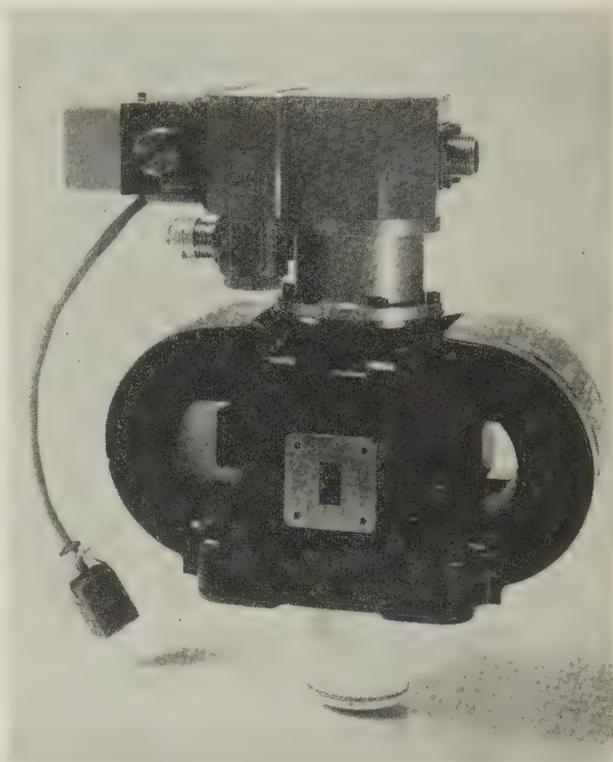


Tétrode U.H.F. Thomson TH 491, tube céramique

la tétrode TH 491 qui fait partie de la remarquable série de tubes céramiques de C.F.T.H. (série maintenant très complète, pouvant monter en fréquence jusqu'à 1000 MHz) ; chez ce même fabricant, on pouvait d'ailleurs remarquer une gamme de TOP aéroportables à structure céramique-métal, en particulier le TH 9134 (500 W entre 200 et 400 MHz), le TH 9137 (500 W entre 100 et 200 MHz) et le TH 9125 (1200 W crête entre 1500 et 2500 MHz).

Parmi les autres matériels présentés, on peut noter particulièrement : les TOP à faibles bruits de C.S.F. qui ont déjà été présentés, mais qui sont passés maintenant au stade de la fabrication ; chez L.T.T. un klystron oscillateur basse tension et un magnétron léger dans la bande des 8 mm (8,6 mm) ; chez THOM-

SON-VARIAN : le *klysmatron*, klystron à accord par tube à plasma, présenté en 1963 mais passé au stade fabrication en 1964 (ce tube permet d'obtenir un accord électronique sur 300 MHz dans la bande X) ainsi qu'un nouveau klystron amplificateur — 2 kW continus dans la bande 9 000 à 10 800 MHz ; chez SYLVANIA un magnétron coaxial dans la bande Ku, accordable hydrauliquement de 16 à 16,4 GHz avec une fréquence de récurrence de 240 Hz. Ce magnétron fait partie d'une série de magnétrons fonctionnant dans la bande Ku.



Magnétron Sylvania (Coaxial - Bande Ku)

Bien que cela dépasse un peu le cadre de cette rubrique, nous devons de signaler les performances atteintes, dans le domaine de la génération d'hyperfréquences, par des dispositifs à base de semiconducteurs (type varactor). Signalons plus particulièrement les générateurs de la série TV 9301 à 9307 de THOMSON-VARIAN, qui permettent de couvrir la gamme 900 à 10 500 MHz, avec des puissances variables et pouvant aller de 1,5 W (bande 900 - 1200 MHz) à 150 mW (bande 8 500 - 10 500 MHz) en passant par quelques dizaines de mW entre 3 000 et 10 000 MHz.

Enfin, dans le domaine des tubes spéciaux mentionnons : chez C.F.T.H. un amplificateur de luminance d'image radiologique 700 m Electronique — permettant de couvrir les champs de 16 à 22 cm et possédant un gain de 6 000 et chez C.S.F. un tube oscillateur pour oscillographe transistorisé et une gamme remarquable de tubes mémoire.

Organes de raccordement

La miniaturisation semble rester le principal souci des fabricants de connecteurs. SOCAPEX par exemple a réalisé un connecteur miniature « série 67 » avec les pavés hermaphrodites correspondants. Un capot original permet un verrouillage et une extraction facile. La capacité varie de 78 à 240 contacts.

Le connecteur miniature B7 de BAC est équipé de 4 contacts (diamètre 9 mm) à 73 contacts (diamètre 40,5 mm). D'un modèle circulaire il permet par simple déplacement de clavettes d'obtenir sept positions. Les contacts sertis ou soudés sont démontables pour le câblage.

JAEGER présente le connecteur multicontact miniature comportant 3, 7 ou 12 contacts. Le verrouillage du type push pull assure une bonne étanchéité. Les contacts démontables (sertis ou soudés) répondent à la norme PL 54-125.

Le connecteur subminiature *DSM* de DEUTSCH (U.S.A. représenté par CEDEP) possède trois fois plus de contacts que la série *DS* précédente. Un verrouillage push-pull et un isolant silicone spécial assurent l'étanchéité. Les contacts répondent à la norme américaine MIL C 26500 et sont sertis par une pince spécialement conçue pour éviter tous défauts de câblage. La capacité varie de 7 à 91 contacts.

La prise secteur *DO3* de *FRB* est prévue pour le montage sur châssis. Équipé des contacts *HC* elle permet les performances suivantes : 12 ampères sous 500 volts, elle est équipée de deux contacts et d'une prise de masse.

A.M.P. présente une matrice de programmation miniature à diodes équipée avec les contacts *AMP-MECA*, tandis que nous avons observé une extension des possibilités des matrices pin board : fiches reliées à un fil ou réalisant des fonctions à deux entrées. SEAELECTRO (G.B. représenté par TECHNIQUE ET PRODUITS) complète également ses matrices de programmation sealectro-board en fournissant des matrices à quatre plans et des couvercles de programmation modifiables ce qui assure une très grande souplesse d'emploi.

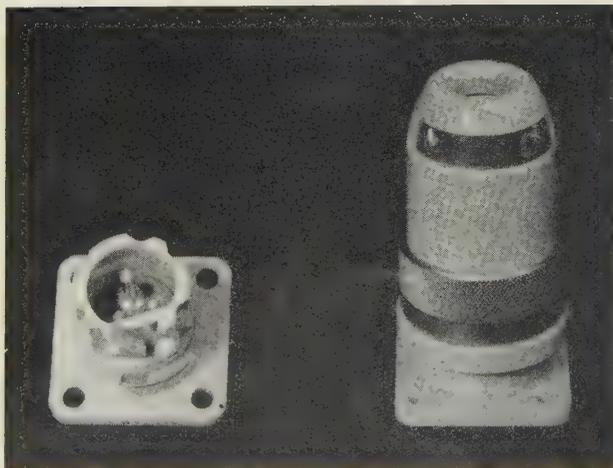
Nous avons également remarqué le commutateur rotatif subminiature *KR15* de RADIO ELECTRO SELECTION, conforme à la spécification CCTU 08-03A. D'un encombrement de 15×15 mm il permet 10 directions, avec possibilité d'extension à 60, les sorties sont directement soudables sur circuit imprimé et la commande est soit axiale, soit radiale.

Les commutateurs rotatifs *Transco* de COPRIM ont une forme plane (50×56×13 mm) et sont commandés par l'avant, ce qui permet de les introduire aisément dans des ensembles de circuits imprimés. Ils comprennent soit 2 commutateurs à 10 directions (type *FC 210 51*), soit 1 commutateur et des circuits de codage appropriés (type *FC 210-60* et *FC 210-61*).

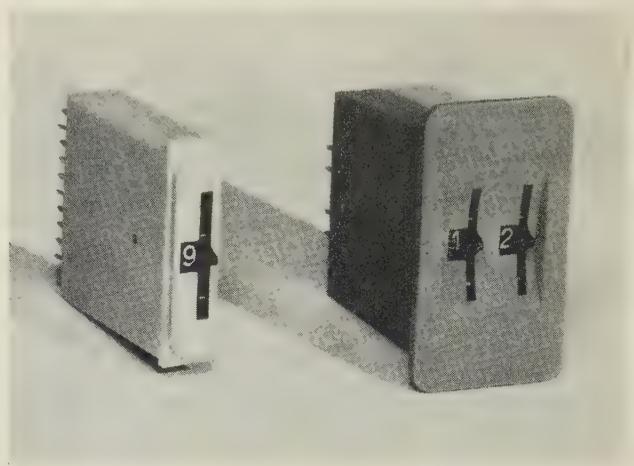
CEHESS fabrique sous la même présentation des voyants « type marine » *N12* équipés de lampes incandescentes ou de tubes néon et les portes fusibles *N9* avec lampe témoin incorporée.

De nombreuses applications de l'électroluminescence sont exposées au stand THORN ELECTRONICS (G.B., représenté par YOUNG ELECTRONIC). Les panneaux électroluminescents, de trois couleurs différentes sont excités par du courant alternatif 350 volts 400 Hz pour certains, 220 volts 50 Hz pour d'autres. Les affichages sont soit des inscriptions gravées à l'arrière, soit des chiffres composés par un assemblage de 7 segments.

Le même constructeur présente d'autre part des lampes extrêmement réduites de 1 mm de diamètre, excités par 35 milli-ampères sous un volt.



Prise secteur FRB



Commutateurs rotatifs Transco

Connecteurs et câbles coaxiaux

LES CABLES DE LYON présentent des câbles coaxiaux isolés au téflon FEP adaptés aux fréquences UHF. Ils comprennent un conducteur intérieur en cuivre plein ou creux, éventuellement argenté, un isolant discontinu sous forme de disques recouvert d'un ruban de téflon, un conducteur extérieur en aluminium. Ces câbles sont utilisables à 110 °C. Les lignes à retard à constantes réparties (câble coaxial) du même constructeur ont les caractéristiques électriques suivantes : $Z_0 = 75$ ohms, fréquence inférieure à 10⁹ Hz, précision du retard = $\pm 10^{-3}$, coefficient de température = 7.10^{-6} .

Les connecteurs coaxiaux marquent une nette tendance vers la miniaturisation. Le type *MCO* d'OTTAWA d'un diamètre extérieur de 6,4 mm a une impédance de 50 ohms et est utilisable à 6 000 MHz. Il comprend un isolant en PTFE et des contacts en bronze au beryllium, et répond aux normes MIL C 22557.

PERENA développe la série miniature *P7* et la complète tandis que RADIAL présente une charge coaxiale adaptée à 11.10⁹ Hz.

Fils et câbles

Le fil microphonique *EHE* de FILOTEX très léger présente une souplesse exceptionnelle obtenue par l'emploi d'une gaine thermoplastique spéciale comprenant d'autre part un conducteur de continuité pour faciliter la mise à la masse. En plus de ces qualités mécaniques la gaine présente des caractéristiques électriques remarquables aux basses fréquences (le signal induit dans un champ électromagnétique de fréquence inférieure à 10 kHz est 100 fois plus faible que dans le cas d'un câble classique).

Les fils de câblage autosoudables de PERENA, suppriment la nécessité de torsion des fils divisés après dénudage, grâce à un procédé spécial qui établit une liaison des brins constitutifs de l'âme. PRECICABLE division spécialisée de Tréfinmétaux, présente une grande diversité de matériel allant de lignes HF à isolant polyéthylène ou téflon à une gamme complète de fils de câblage.

THOMSON HOUSTON fabrique un fil émaillé rugueux, destiné à remplacer les fils à isolant soie pour les bobinages spéciaux du type nid d'abeille par exemple. D'autre part les fils *Thomrex* présentent les avantages mécaniques du formol de polyvinyle et les avantages thermiques des vernis à base de théréphtalates, ils couvrent la gamme de 0,20 à 5 mm.

Le fil de câblage « céramicite » de WARREN WIRE (U.S.A. représenté par BERWING) a des qualités exceptionnelles en température, il est en effet utilisable jusqu'à 925 °C en pointe et 530 °C en service continu. Il est composé d'un conducteur cuivre-nickel, d'un diamètre compris entre 8/100 et 80/100 et d'un isolant céramique d'une très grande souplesse.

MINNESOTA DE FRANCE présente un câble bifilaire pour les

signaux de faible puissance du type téléphoniques, pouvant être collé en particulier sur des surfaces dures et lisses telles que le verre. Des boîtes de raccordement adaptées permettent de faire les interconnexions entre ces câbles ou avec des câbles classiques.

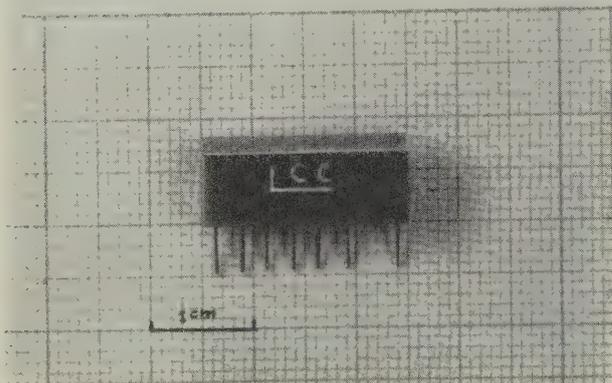
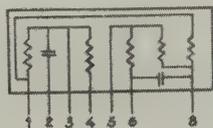
Les problèmes de frettage des torons de fils peuvent être résolus à l'aide des fabrications de GUEBROD (New York, U.S.A., représenté par CACERMET). Des rubans plats et rugueux donnent une bonne adhésion tout en évitant de couper l'isolant. Ils sont à base de nylon, de téflon ou de fibre de verre permettant respectivement des températures d'utilisation de 250, 450 et 800 °C. Un outil spécial facilite la pose de ces rubans.

Dans un domaine proche des fils de câblage nous avons également noté une soudeuse électrique, *Welder M 100* de CANNON ELECTRIC INTERNATIONAL (Belgique, mandataire CANELCO) qui permet de souder à l'arc des matériaux très différents tels que cuivre — nickel ou aluminium — acier. D'un maniement facile elle travaille avec une énergie très réduite limitant ainsi l'échauffement à la surface.

Les circuits logiques fonctionnels, apparus au Salon des Composants depuis plusieurs années déjà, continuent leur progression. Toutefois beaucoup de constructeurs soucieux de perfectionner et de compléter leur système, n'offrent pas de nouveautés remarquables ; nous citerons parmi ceux-ci la SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ MORS (Logimors) C.E.M. (*Cemalog*), et le système très complet d'EBAUCHES. S.A. (Suisse, représenté par la SOCIÉTÉ ÉLECTRONIQUE). COPRIM par contre fait un nouveau pas vers l'intégration en proposant des « unités de comptage ». Réalisées sur circuit imprimé enfichable à partir des « blocs circuits », ces unités comportent principalement des décades de comptage ou de comptage-décomptage.

FERRANTI (GB, représenté par CERAM) a complété sa gamme d'éléments au germanium par la nouvelle série 300 d'éléments de circuits logiques au silicium. Ces éléments très compacts (diamètre : 22,5 mm, hauteur 14 mm) fonctionnent entre — 40 °C et + 100 °C et jusqu'à une fréquence de 3 MHz. Ils sont alimentés par des tensions de 12 V et 6 V et comprennent 11 types différents : basculeur bistable, circuit NI, ET et OU, etc...

Les circuits *MAXPAX* de F.R.B. parallélépipédiques ont un encombrement semblable au modèle précédent. Ils sont enrobés dans une résine epoxy qui assure une protection efficace des composants et améliore la conductivité thermique de la masse totale. Ces éléments fonctionnent à 500 kHz, à des températures variant entre — 20° et + 70 °C. 9 types différents remplissent les fonctions de base : basculeurs bistables, portes ET et OU, amplificateurs etc.



Circuit complexe miniature "minimodule"

Parmi les composants complexes, nous avons également remarqué les « minimodules » de L.C.C. STEAFIX. Ces circuits miniatures se présentent sous la forme de petits blocs 20×4×8 mm, moulés dans une résine thermodurcissable, avec des sorties au pas de 2,54 mm. Les « minimodules » utilisent jusqu'à 7 composants miniatures traditionnels assemblés avant leur finition, ils sont réalisés à la demande à partir des schémas de l'utilisateur.

Câblage imprimé

Parmi les fournisseurs de matériaux pour câblage imprimé, certains complètent la gamme des stratifiés classiques. FORMICA (G.B., représenté par FORMICA S.A.) fabrique plusieurs nouveaux supports, un papier phénolique *FR 200* poinçonnable à froid et ininflammable, un papier epoxy (*EP 38*) présentant les mêmes propriétés et deux verres epoxy (*FF 75* et *FF 70*). De même UDD-FIM présente un nouveau verre epoxy et un papier epoxy auto-extinguible. Toutefois la nouveauté principale dans le domaine des matériaux pour circuits imprimés est l'apparition industrielle des circuits souples utilisés soit pour le câblage, soit pour la réalisation de circuits multicouches.

UDD-FIM réalise des câblages souples constitués par une plaque de cuivre préalablement gravée comprise entre deux films minces de téflon *FEP*. Les câblages ainsi réalisés résistent à 200 °C et présentent en plus d'une constante diélectrique parfaitement stable (en température et en fréquence) une grande résistance chimique et mécanique.

DROUET, en plus d'un circuit souple sur support téflon simple ou double face (*TFE89*), réalise des supports en verre epoxy très minces (0,1 à 0,3 mm) pour les circuits multicouches. L'isoprint *MC 70* est recouvert de cuivre sur une ou deux faces, l'intercalaire *PCM 70* préimprégné permet de lier entre elles les feuilles *MC 70* gravées (sans une pression de 70 kg/cm², à 165 °C).

NELCO (U.S.A., représenté par COMERSO) fabrique des stratifiés verre epoxy, semblables au type précédent, appelé « DRI-PLI ». Ces matériaux permettent de réaliser des assemblages légers et compacts satisfaisant aux normes MIL - P - 13949 B.

De la même façon les supports minces en verre epoxy, déjà connus de MICA CORP U.S.A., représenté par SPETELC, sont maintenant utilisés pour les circuits multicouches. Le même constructeur présente des supports en verre epoxy colorés en bleu beige et noir.

L'apparition des supports multicouches a provoqué une évolution des constructeurs spécialisés dans la réalisation des circuits imprimés et, en particulier, a imposé la métallisation des trous. PMD CHEMICALS (G.B.) présente le procédé de métallisation des trous *Shibley Cuposit* mis au point par SHIPLEY COMPANY INC (Massachusetts, U.S.A.) et dont il est l'agent exclusif pour plusieurs pays d'Europe, dont la France. Nous rappellerons que ce procédé, le plus couramment employé, permet de relier soit les deux faces d'un circuit imprimé, soit, d'une façon plus générale, différentes faces d'un circuit multicouche. La même société présente également différents bains utilisés dans la technique des circuits imprimés : bains d'or (*EL 221*), bain d'étain (*LT 26*) pour faciliter les soudures, bain d'argent (*AR 92*) pour améliorer la conductivité.

Le procédé *Shibley* est utilisé par DUPUY DUBRAY qui semble orienter sa production vers le matériel professionnel ; le marché grand public s'équipe progressivement pour ses propres besoins. La même société procède à l'étamage des circuits imprimés et présente un circuit d'étude (type 39 620) spécialement conçu pour les besoins de laboratoire.

SOFRANELEC pratique également l'étamage des circuits et la métallisation des trous par un dépôt d'or ou de cuivre (épaisseur de 20 microns). OREGA s'est orienté vers une production en grande série du matériel grand public, mais pratique également les circuits souples et multicouches pour le marché professionnel.

RADIO AND ALLIED INDUSTRIES LTD (G.B.) présente un procédé industriel de métallisation des circuits et des trous sur des matériaux phénoliques. FRANCE CADRANS utilise un procédé mécanique de réalisation des circuits imprimés : le procédé

Franklin qui assure une grande fidélité de reproduction et est particulièrement adapté aux fabrications de grande série. Nous avons enfin remarqué chez COMELIN la réalisation de bobinage de transformateurs sur C.I. souple à base de nylon.

Dans le domaine des connecteurs pour circuits imprimés toutes les nouveautés traduisent le souci de miniaturisation et en particulier se manifestent par l'adaptation du pas de 2,54 et l'adaptation aux connexions enroulées (wire wrap).

La série 254 de SOCAPEX comprend un connecteur mâle plat au pas de 2,54 à fixer sur la carte imprimée et un connecteur femelle recevant soit le connecteur mâle, soit directement le circuit imprimé. Ces connecteurs sont livrés soit avec sorties à souder, soit avec sortie pour connexions enroulées.

Le connecteur femelle 8601 de SOURIAU est également au pas de 2,54 et équipé pour les connexions enroulées. CONTINENTAL CONNECTORS LTD (G.B., représenté par COMET) présente aussi une série de connecteurs ayant les mêmes caractéristiques.

BURNDY ELECTRA S.A. (Belgique, représenté par BURNDY S.A.) fabrique des connecteurs au pas de 3,96 ou 2,54 mm simple ou double face, sur corps isolant en polycarbonate. Chaque contact possède deux sorties pouvant recevoir un embout de câble serti, chaque connexion pouvant être défilée individuellement. Le même constructeur présente un connecteur spécial pour le raccordement des câbles rubans aux circuits imprimés.

A.M.P. généralise le contact utilisé dans les blocs AMP-MECA pour raccorder en particulier deux circuits imprimés perpendiculaires.

Les connecteurs microminiatures de la série CE de DANQUIGNY permettent de raccorder des circuits imprimés, la partie mâle étant soudée sur le circuit au pas de 2,54. La série CF est identique mais les éléments sont juxtaposables en ligne, permettant ainsi de réaliser des connecteurs de 80 contacts d'une épaisseur de 3 mm au pas de 2,54.

Semiconducteurs

Du point de vue semiconducteurs, deux points sont particulièrement remarquables :

— l'application de la technique PLANAR pour toutes les fabrications de semiconducteurs, transistors, diodes, thyratrons, s'est généralisée et la plupart des constructeurs présentent maintenant des éléments fabriqués avec cette technique,

— le renouveau des transistors dits « amateurs » avec des transistors pour télévision, en particulier pour la deuxième chaîne ; deux fabricants, TEXAS INSTRUMENTS et surtout SIEMENS y présentent des éléments qui donnent des performances supérieures à celles des tubes dans les mêmes catégories.

Un autre point, peut être moins spectaculaire, mais certainement aussi fondamental est aussi à signaler, l'apparition chez certains constructeurs d'éléments bon marché et de performances cependant élevées pour des applications industrielles (en particulier chez GENERAL ELECTRIC).

Dans la famille des transistors par alliage au germanium, technique depuis longtemps bien au point et possédée par tous les fabricants, on voit seulement apparaître une augmentation de puissance dissipée sur des éléments classiques, en particulier, des transistors de 500 mW en boîtiers TP 5 sont apparus en extrapolation de la série OC 140 (ASY 73 à 75), des transistors 600 mW en extrapolation de la série OC 75, OC 77, (ASY 76, 77 80) chez LA RADIODÉTECHNIQUE. De plus, un certain nombre de transistors de cette famille sont maintenant homologués par le CCTU chez différents constructeurs.

Aucune nouveauté technique sur la diode à pointe de tungstène, qui paraît cependant avoir encore une très grande diffusion dans le domaine professionnel. Dans le domaine des diodes à pointe or, les diodes à enveloppe de verre, à usage général ou plus spécialement destiné à la commutation sont fabriquées en série, non seulement par SESCO et LA RADIODÉTECHNIQUE, mais aussi par COSEM.

Le MESA est actuellement le transistor qui paraît le plus demandé. Les chefs de file de cette famille sont toujours les 2N 711 A et 2N 711 B (qui diffèrent entre eux par le gain et la tension maximale admissible aux bornes de la jonction base-

émetteur) ; TEXAS INSTRUMENTS (fabrication française) et MOTOROLA en paraissent actuellement les principaux fournisseurs.

En silicium, la technique PLANAR, accompagnée de plus en plus par ÉPIAXIE domine de très loin. La technique ANNULAR (MOTOROLA) en est une amélioration. Les techniques triple diffusion quant à elles paraissent se développer surtout dans le domaine des fortes puissances.

Le 2N 914 est maintenant dépassé par les transistors ultra-rapides, les 2N 2368 et 2N 2369 (TEXAS INSTRUMENTS, FAIRCHILD, SESCO). D'autre part, la série 2N 2217 à 2N 2219 en boîtiers TO 5, la série 2N 2220 à 2N 2222 en boîtier TO 18 veulent être les transistors universels à hautes performances qui devraient remplacer un nombre important d'autres types, lorsque les prix en seront compétitifs. Des transistors PNP, hautes performances, ont aussi fait leur apparition, dans la technique ANNULAR, les 2N 2904 et 2N 2905 en boîtier TP 5 et les 2N 2906 et 2N 2907 en boîtier TO 18 chez MOTOROLA.

Il est important de noter les transistors 2N 2713 et 2N 2714 pour la commutation, 2N 2923 à 2N 2926, en usage général, P.E.E. à boîtier EPOXY, donc à bas prix espéré, chez GENERAL ELECTRIC et SESCO.

Les transistors MOLYTAB de la série FSP, chez FAIRCHILD, ont une présentation mécanique qui les destine à des ensembles très compacts.

La technique PLANAR est aussi applicable aux diodes ; tous les constructeurs présentent des éléments de ce genre. Les prix en deviennent intéressants pour les diodes de performances moyennes. Le type de base de cette série la 1N 914. Des diodes de très hautes performances sont présentées, telle que la 1N 3604 (SESCO) et la ZS 142 (FERRANTI, représenté en France par CERAM). FAIRCHILD présente une gamme très étendue de diodes de ce type à basse, à haute et à très haute performance (série FD).

Dans les transistors VHF, signalons le BF 108, pour amplification à large bande chez COSEM et SIEMENS, un transistor 1000 MHz, le ZT 2876 méso triple diffusion au silicium, de puissance (3 W à 150 MHz) chez FERRANTI, le PT 2600, 5 W à 250 MHz, chez PACIFIC (représenté par TECHNIQUES et PRODUITS).

En amplification UHF (télévision 2^e chaîne) signalons des transistors présentant des performances supérieures à celles des tubes, 9 dB à 800 MHz pour le GMO 290 de TEXAS INSTRUMENTS et, surtout, nous avons remarqué dans cette catégorie le transistor SIEMENS, AF 139.

Dans la famille des transistors de puissance, la course vers les fortes puissances conduit actuellement aux transistors suivant : 2N 2109 à 2N 2114, 250 W chez SESCO, un élément 170 W, 75 V, 60 A chez MOTOROLA, un transistor 300 W, 70 A, chez SILICON TRANSISTOR.

La gamme des thyratrons s'est élargie encore et la technique PLANAR est maintenant appliquée à certains d'entre eux, en particulier par TRANSITRON (2N 2679 à 2N 2690) sous boîtier TO 18, pouvant être traversés par un courant de 100 mA à 100 °C. La puissance et la tension inverse croissent d'année en année, 150 A efficace d'un côté, 1000 et même 1500 V de l'autre, sont maintenant atteints. Autres nouveautés dans cette gamme de produits, les thyratrons à amorçage et désamorçage commandés de la série ZJ 224, 2 A, jusqu'à 400 V, en boîtier TO 5 de GENERAL ELECTRIC et dans les séries MGCS 821, 924 et 925, 5 A, jusqu'à 400 V chez MOTOROLA. Signalons aussi le Biswitch de TRANSITRON, le Symistor présenté par le Centre d'Etude de la C.G.E. et les photothyratrons de SESCO (50 T4 à 54 T4) et GENERAL ELECTRIC.

Dans les redresseurs, il faut signaler la tension inverse de 1500 V atteinte par un certain nombre de constructeurs, les redresseurs à avalanches contrôlée, en particulier chez SILEC et GENERAL ELECTRIC et les redresseurs à structure annulaire permettant une mise en série commode, par empilage qui donne aux éléments au silicium la souplesse qui était obtenue pour le sélénium avec une importante réduction de volume par rapport à ce dernier matériau, chez L.T.T. (SICOPEL).

Le Centre d'Etudes de la C.G.E. présente un nouveau redresseur à « charge d'espace limitée » qui présenterait de bonnes résistances aux surtensions grâce à un coude inverse arrondi.

En diodes ZENER, de nombreux éléments, à faible puissance

sont apparus, 200 mW chez LA RADIOTECHNIQUE, 250 mW chez SILEC et SIEMENS.

Vers les hautes fréquences, signalons les « varactors », en particulier chez PACIFIC et COSEM ; ce dernier constructeur présente une chaîne d'éléments qui permettent d'obtenir 0,6 W à 4 000 MHz en partant de 5 W à 110 MHz.

Signalons aussi les modulateurs en anneaux qui, maintenant, sont fabriqués couramment par COSEM.

Un transistor par évaporation, technique qui paraît être à plus ou moins longue échéance, l'avenir pour les circuits intégrés, a été présenté par SESCO : il est au sulfure d'antimoine sur support de plexiglass ; plusieurs exemplaires en auraient été fabriqués.

Micromodules

Comme l'année dernière, de nombreux constructeurs présentent des micromodules, surtout sous la forme circuit intégré. Le marché de ce genre de produit, malgré une baisse de prix nette, paraît encore limité aux applications militaires.

Signalons TEXAS INSTRUMENTS qui va jusqu'à présenter un appareillage automatique de mesure et un appareillage de soudure adaptés à cette technologie, et est donc ainsi prêt à tout développement industriel en grande série. Notons aussi GENERAL ELECTRIC et SESCO avec la logique *ECLO*, FAIRCHILD avec sa famille de circuits NI à vitesse accrue, MOTOROLA avec la logique *MECL*, FERRANTI avec ses circuits *MICRONOR*, circuit NI où 2 diodes au silicium en série remplacent l'ensemble de liaison résistance — capacité des circuits NI classiques, SIGNETICS (TECHNIQUES ET PRODUITS) présentent des réalisations des mêmes circuits.

Des circuits linéaires sont présentés par FERRANTI (*MICRO-LIN*) avec, en particulier, un amplificateur à large bande, *ZNA 10*, dont la bande passante est supérieure à 100 MHz pour 4 étages de MOTOROLA, avec un amplificateur, le *MC 1110*, allant du continu à 300 MHz. Un émetteur-récepteur, du type Walkie-Talkie, entièrement en circuits intégrés, était présenté par ce dernier constructeur.

SESCO et I.T.T. présentent, en outre, des circuits logiques à film avec des éléments actifs rapportés.

VIE DE LA SOCIÉTÉ

COMPTE RENDU DE LA SÉANCE INAUGURALE DU GROUPE BOURGOGNE DE LA S.F.E.R.

La séance inaugurale du Groupe de Bourgogne de la S.F.E.R., prévue le 18-10-1963 à 18 heures (Amphi Ampère de la Faculté des Sciences) a été ouverte par Monsieur LEHMANN, Directeur scientifique à la C.G.E., président en exercice de la S.F.E.R.

Monsieur LEHMANN, après avoir dépeint l'organisation des grandes sociétés scientifiques et rappelé quel est le rôle d'une société comme la S.F.E.R., trace en quelques mots un tableau de la situation des Sociétés Savantes dans notre pays. Une comparaison sommaire avec l'étranger montre que la situation des effectifs en France n'est pas brillante. M. LEHMANN termine son exposé en insistant sur le rôle actif que chacun doit avoir pour que la S.F.E.R. deviennent une Société encore plus dynamique.

Monsieur LEHMANN, après la lecture d'un extrait des statuts de la S.F.E.R., procède à l'élection du bureau du Groupe de Bourgogne.

Après l'élection du bureau, Monsieur le Professeur BOUCHARD excuse les membres empêchés : Messieurs BARRE, FERRAND, GUILLIEN, LAROCHE, MESNAGE, PIEDNOIR.

Les décisions suivantes sont alors prises :

1) Siège social du Groupe de Bourgogne : Faculté des Sciences de Dijon, Laboratoire d'Electronique.

Toute la correspondance est à envoyer à : Monsieur le Professeur BOUCHARD, Président du Groupe de Bourgogne, 6, bd Gabriel, Dijon.

2) Les conférences organisées par la S.F.E.R. auront lieu en principe une fois par mois, le vendredi à 18 heures à la Faculté des Sciences.

3) Un programme de conférences pour les mois à venir est arrêté.

Par ailleurs, les membres seront tenus au courant des conférences d'intérêt général organisées par les autres Sociétés Savantes de Bourgogne.

4) D'autres problèmes sont évoqués :

— Liaison avec Besançon

— Création d'une Commission Haute Fidélité

— Contacts avec la Base Aérienne de Longvic

— Contacts avec la Société des Radio Amateurs de Dijon.

Ces problèmes trouveront leur solution au cours des réunions suivantes.

Monsieur LEHMANN lève la séance en souhaitant bonne chance au Groupe de Bourgogne.

DOCUMENTATION TECHNIQUE

COMPARAISONS DE FRÉQUENCE
par rapport à l'Atomichron n° 107 du C.N.E.T. en 10^{-10}
(-74.10^{-10})
Valeurs journalières moyennes
pour l'intervalle de 24 heures centré sur 3 h T.U.
(* centré sur 19 h T.U.)

Janvier 1964	GBR 16 kHz	NBA 18 kHz	NAA 18,6 kHz	NPM* 19,8 kHz	NSS* 22,3 kHz	NPG/ NLK* 24 kHz
1	—	—	—	—	—	—
2	-148,8	-149,5	—	—	-146,6	—
3	-148,8	-149,3	—	-149,8	-148,1	-149,4
4	-148,6	-148,1	-148,8	—	-148,4	-148,2
5	-148,5	-147,6	—	—	—	-148,0
6	-148,1	—	—	—	—	-147,4
7	-148,4	—	—	—	—	—
8	-147,9	—	-148,2	—	-149,7	-149,1
9	-147,4	—	-146,8	-147,3	-146,8	-147,8
10	-147,8	—	-147,1	-147,3	-149,1	-147,7
11	-147,0	—	-147,9	-148,5	-148,8	-148,4
12	-146,5	—	-148,2	-147,1	-149,3	-147,4
13	-146,1	—	-146,3	-146,6	-147,0	-147,3
14	-148,1	—	-148,3	-147,9	-148,4	-147,8
15	-148,4	—	-148,0	-149,4	-149,4	-148,5
16	-147,3	—	-146,4	-147,8	—	-147,1
17	-147,4	—	-147,7	-147,0	—	-147,7
18	-147,2	—	-148,1	—	-149,1	—
19	-146,9	—	-146,8	-148,0	-148,2	-147,6
20	-149,7	—	-146,8	-146,9	-145,0	-147,1
21	-149,2	—	-146,2	-148,5	-147,7	-147,5
22	-148,6	—	-146,8	—	—	—
23	-148,6	—	-147,0	-148,6	-148,3	—
24	-148,5	—	-149,0	—	—	—
25	-148,0	—	-149,2	-148,3	-147,8	-148,4
26	-148,0	—	-144,0	-147,9	-147,3	-149,3
27	-147,2	—	-146,0	-148,2	-148,2	-149,9
28	-147,7	—	-147,7	-147,9	-149,0	-148,9
29	-148,1	—	-145,5	-148,4	-148,2	-148,3
30	-147,7	—	-146,5	-148,0	-148,2	-148,3
31	-148,0	—	—	-148,4	-147,9	—

UN RADIOALTIMÈTRE DE PRÉCISION CONÇU POUR L'ATTERRISSAGE AUTOMATIQUE PAR T.R.T.

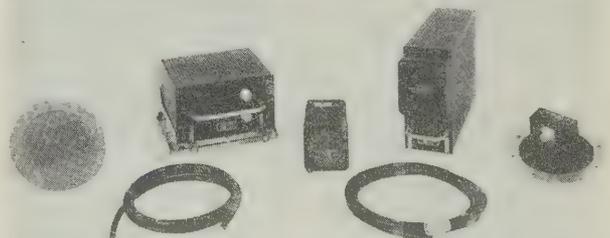
Sud-Aviation a développé pour Caravelle un ensemble d'atterrissage automatique qui utilise pour l'approche les émetteurs ILS standards, et pour la phase finale (au-dessous de 200 pieds) un radioaltimètre de précision conçu par la Société T.R.T.

Ce radioaltimètre AHV.3 à modulation de fréquence travaille dans la bande 4 200 - 4 400 MHz et est destiné à fournir l'altitude d'un aéronef au-dessus du sol dans la zone comprise entre 0 et 2500 pieds, et accessoirement la vitesse verticale dans la zone comprise entre 0 et 300 pieds.

Il a été étudié particulièrement pour donner au voisinage du sol une excellente précision compatible avec les besoins de l'atterrissage automatique.

Prévu pour être installé dans un avion ou un hélicoptère, il fournit au pilote, et éventuellement au pilote automatique, une mesure de l'altitude avec précision de ± 1 pied ou $\pm 3\%$ (la plus grande valeur) dans un temps de réponse égal à 0,1 seconde. La mesure apparaît sur un indicateur à affichage linéaire en deçà de 300 pieds, logarithmique au delà. Dans l'appareil, l'information est fournie par la rotation d'un arbre qui entraîne des potentiomètres linéaires ou fonctionnels, un synchro transmetteur et six contacts réglables. Cette disposition se révèle d'une grande souplesse d'emploi qui permet en général d'adapter l'appareil à un pilote automatique sans élément intermédiaire.

La précision est obtenue grâce à l'utilisation d'une valeur importante de l'excursion de fréquence (120 MHz) aux basses altitudes (cela étant permis par le choix de la fréquence d'émission, 4 300 MHz) et par une analyse rationnelle des caractéristiques du signal réfléchi par le sol.



— Une correction de -74.10^{-10} est appliquée à la fréquence de l'Atomichron.

— Cf Onde Electrique, novembre 1960, p. 853 et janvier 1961 p. 81.

L'appareil est muni d'un système de contrôle global en vol qui permet au pilote de vérifier la totalité des circuits du radio-altimètre : celui-ci mesure alors la longueur d'une ligne à retard incorporée simulant une altitude de 20 pieds en retard et en atténuation.

Le radioaltimètre, alimenté sous une tension nominale de 115 V (400 Hz) consomme 70 VA. Il répond aux normes militaires d'environnement appliquées au matériel pour avion supersonique. Sa masse est de 10 kg.

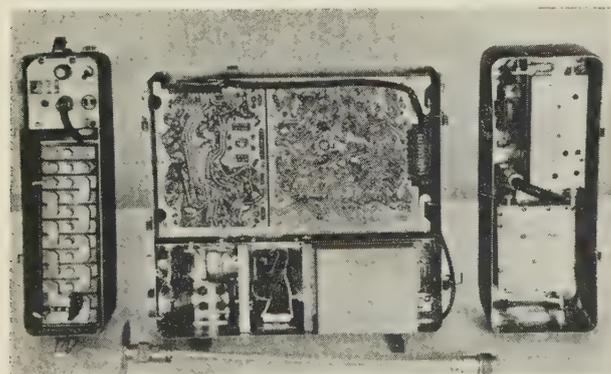
Ce matériel est proposé aux Compagnie Aériennes utilisatrices de Caravelles et un certain nombre d'entre elles se sont déjà décidées à l'adopter. Il permettra de réduire dans d'importantes proportions le nombre de déroutements des avions pour cause de mauvais temps et son adoption aura par conséquent une incidence sur la rentabilité des exploitations.

Un article scientifique sur les principes mis en jeu dans le radioaltimètre sera proposé dans un numéro ultérieur de *l'Onde Electrique*.

ÉMETTEUR PORTATIF DE TÉLÉVISION UTILISÉ POUR LES REPORTAGES OLYMPIQUES

Les reportages télévisés des Jeux Olympiques qui se déroulaient cette année à Innsbruck, furent facilités, grâce à un tout nouvel émetteur portatif de télévision. Ce système appelé NEWSCHIEF de SYLVANIA, fut utilisé pour la première fois durant cette manifestation par une chaîne de télévision américaine.

Avec le NEWSCHIEF, l'opérateur peut se déplacer avec autant d'aisance que le spectateur. Il peut choisir le meilleur angle pour sa prise de vue, au fur et à mesure du déroulement des événements et souvent il offre aux téléspectateurs une bien meilleure image que celle qu'ils auraient pu avoir, étant sur les lieux mêmes. L'appareil complet (3,6 kg) comprend : une caméra et d'autre part un émetteur et son alimentation qui sont fixés par un système de courroies au dos de l'opérateur. Cet ensemble est constitué d'un coffret métallique qui peut s'ouvrir très rapidement, grâce à des attaches à ressorts. Un support à deux branches, également compris, permet à l'opérateur de maintenir la caméra directement à la hauteur de ses yeux.



L'émetteur est entièrement réalisé avec des circuits imprimés et semi-conducteurs. Cet émetteur, modulé en fréquence fonctionne aux environs de 2 000 MHz, et délivre une puissance de 1 watt rayonnée au moyen d'une antenne omnidirectionnelle fixée au sommet d'un mât de 60 cm disposé à la partie supérieure de l'ensemble.

L'accumulateur rechargeable pesant 3 kg, utilisé dans le NEWSCHIEF, permet à l'appareil de fonctionner pendant une heure environ. Une batterie neuve peut être mise en place pendant le fonctionnement sans aucune perturbation. De plus l'alimentation peut être effectuée à partir d'une batterie d'automobile ou de camion, si une source d'énergie auxiliaire doit être utilisée. La consommation totale est de 40 watts, répartie également entre la caméra et l'émetteur.

La caméra, dérivée de celle réalisée pour un ensemble en circuit fermé à 800 lignes, fabriquée par SYLVANIA mesure : $7,6 \times 10 \times 20$ cm environ et pèse 2,3 kg environ, y compris l'objectif et le viseur. Cette caméra ainsi modifiée est extrêmement bien adaptée aux émissions de télévision. Pendant son utilisation, elle est reliée à l'équipement porté sur le dos de l'opérateur, ce même ensemble comporte des circuits enfichables, un générateur de synchronisation conforme au standard E.I.A., des amplificateurs Video, des amplificateurs B.F. ainsi que les émetteurs image et son.

Au cours des reportages des Jeux Olympiques, les signaux son et image étaient envoyés à un émetteur mobile plus puissant ou bien étaient enregistrés sur bande magnétique afin d'être rediffusés ensuite aux U.S.A. ; ils pouvaient aussi être directement retransmis au réseau Européen. La portée pratique de l'émetteur est d'environ 1,500 km.

NOUVEAU VOBULATEUR TELONIC

Un nouveau générateur-vobulateur capable de fournir 4 watts de fréquence vobulée dans une gamme allant de 330 à 1010 MHz est annoncé par TELONIC INDUSTRIES et vient s'ajouter à la gamme déjà bien fournie de ses vobulateurs.

Référencié PD-8, ce nouvel instrument fonctionne sur 4 modes : vobulé, vobulé modulé, entretenu, entretenu modulé.

Grâce à sa puissance de sortie importante, cet appareil permet d'étudier, sous des conditions réelles de travail, des circuits travaillants normalement à haute puissance. On note, en particulier, l'emploi d'une triode UHF de grande puissance et, surtout, une méthode originale de vobulation d'un oscillateur à cavités accordées. Les 4 watts de la puissance vobulée ou les 3 watts de la puissance entretenue sont disponibles après une atténuation fixe de 3 dB. Cette atténuation a pour effet de stabiliser la tension de sortie en fonction des variations de charge et de permettre une impédance de référence de 50 ohms. Il est possible d'obtenir une atténuation supplémentaire de 3 à 62 dB par bond de 1 dB, grâce à un atténuateur à lecture directe, situé sur le panneau avant.

Un système de contrôle automatique de niveau corrige les variations dues à la fréquence, à la charge ou au secteur.

Enfin, ce vobulateur engendre également un signal largement suffisant pour la déflexion horizontale en phase de tout oscilloscope. L'oscillateur étant automatiquement bloqué pendant les retours de balayage, la ligne « zéro » est visualisée.

Le modèle PD-8 existe dans la version coffret, ou rack. Le bloc oscillateur, quoique blindé contre tout champ parasite, est bien ventilé.

Un marqueur, type « Bird-By-Pass », bien connu et apprécié dans tous les vobulateurs TELONIC, est incorporé dans le modèle standard. Enfin, il est possible d'y adjoindre, sous forme de petits tiroirs, 5 marqueurs à fréquence contrôlée par quartz.

Rappelons que TELONIC est représenté par la Société EQUIPEMENTS SCIENTIFIQUES.

PREMIER ÉQUIPEMENT COMMERCIALISÉ POUR L'ÉTUDE DES SURFACES AU MOYEN DE LA DIFFRACTION DES ÉLECTRONS A BASSE ÉNERGIE

Le premier équipement commercialisé pour l'étude des surfaces au moyen de la diffraction des électrons à basse énergie vient d'être annoncé par la Division du Vide de VARIAN AG, Zoug (Suisse).

Cet équipement connu sous le nom de LEED (low energy electron diffraction) va permettre l'étude détaillée de la géométrie atomique des surfaces, qui est en général, tout à fait différente de la structure interne de la matière. La technique, découverte en 1927, n'est devenue possible que récemment, grâce à des améliorations apportées dans le domaine ultravide et dans la technologie de l'optique électronique.

Beaucoup de phénomènes physiques d'une importance primordiale dans le domaine scientifique se manifestent à la surface des solides. Un de ces phénomènes est la catalyse, à la base de procédés industriels qui se chiffrent en milliards de dollars. Les industries du pétrole et de la pétrochimie dépendent beaucoup du phénomène de catalyse, mais actuellement, la connaissance exacte de ces phénomènes de surface est encore très limitée. Dans le domaine des semiconducteurs et de la formation des couches minces, les phénomènes de surface sont encore assez mal compris.

La surface d'un solide est le point de rencontre entre les atomes de ce solide et les atomes du gaz qui l'entourent. Pour cette raison, la structure physique de la surface est souvent très différente de la structure interne du même matériel. L'étude des solides au moyen de la diffraction des rayons X a fourni des renseignements très complets sur la structure des solides, mais, jusqu'à maintenant, la structure exacte des surfaces est largement inexplorée.

Une des raisons de la connaissance imparfaite des surfaces, est la difficulté d'obtenir des surfaces parfaitement propres. Même à des basses pressions telles que 10^{-6} torr, une surface propre sera polluée par une couche atomique de gaz en une seconde. Une pression de l'ordre de 10^{-9} torr est nécessaire pour avoir un temps suffisamment long pour faire des mesures expérimentales et des études sur la surface, avant la formation d'une couche contaminante. Un équipement permettant d'atteindre des pressions aussi basses existe depuis très peu de temps. Premier fabricant dans le monde du matériel d'ultravide, VARIAN est maintenant le premier à vendre un équipement de diffraction de ce genre. Les premiers de ces équipements sont en construction pour la Fondation « Bartol Research » de l'Institut Franklin : le Centre de Recherches « Watson » de la Société IBM, aux Etats-Unis : et une université Européenne très connue (Université de Grenoble, en France).

La partie la plus importante de cet équipement est la chambre à diffraction (sous ultravide), qui comprend une source d'électrons, un emplacement pour le cristal du matériel à étudier,

avec la facilité de déplacement linéaire et angulaire du cristal, et un écran fluorescent pour la présentation du diagramme de diffraction. Dans cette chambre le cristal peut être nettoyé par une combinaison d'échauffement par résistance directe, par la pulvérisation de sa surface et par réaction chimique avec les gaz injectés. Les électrons subissent une diffraction à la surface du cristal, à des angles, qui dépendent de la vitesse d'incidence de ces électrons et de la géométrie de la structure atomique de la surface du cristal. Les électrons, qui ont subi une diffraction, passent à travers deux grilles qui se trouvent devant l'écran fluorescent : une de ces grilles est prévue pour le blindage du cristal contre les champs électriques qui peuvent changer la trajectoire électronique ; et l'autre grille est prévue pour la suppression des électrons, ayant une énergie inférieure à l'énergie d'incidence. Quand les électrons frappent l'écran fluorescent ils produisent un diagramme de points lumineux qui représente la disposition atomique dans la surface à l'étude. Le diagramme des points lumineux étant présenté en permanence les changements qui peuvent se produire dans la surface sont vus immédiatement et peuvent être enregistrés photographiquement. Ainsi, une surface propre peut être étudiée jusqu'à ce que sa géométrie soit exactement comprise, ensuite un gaz peut être introduit dans la chambre et tous les changements qui en résultent peuvent être observés et enregistrés. La formation des couches épitaxiales et les procédés de catalyse peut être étudié pendant toute la durée de l'opération.

L'équipement LEED de VARIAN utilise une pompe VacIon d'ultravide pour maintenir des pressions à 5×10^{-10} torr dans la chambre à diffraction tandis qu'une autre pompe VacIon maintient le vide dans la tubulure d'injection de gaz. L'étuvage pour le dégazage des surfaces intérieures est déjà compris dans cet équipement.

L'ensemble du système se compose également de toutes alimentations et coffrets de contrôle électronique avec un détecteur de fuites, une jauge d'ionisation montée à l'intérieur et son alimentation, pour la mesure précise d'ultravide. D'autres accessoires supplémentaires sont disponibles à la demande du client.

Un hublot, de large diamètre, permet au chercheur d'observer et photographier le diagramme de diffraction dans la chambre. L'emplacement du cristal est tel que l'échantillon peut subir une rotation de 360° , être levé ou baissé d'un pouce et demi, subir un déplacement angulaire de 15° par rapport à la verticale et un déplacement latéral de 5/16 pouces.

COMMUNIQUÉS

Session d'Etude sur

ÉTUDE DU BRUIT DANS LES CIRCUITS ÉLECTRONIQUES

Applications

Cette session organisée par le Centre de Perfectionnement en Physique Nucléaire et la Société Française des Electroniciens et Radioélectriciens, aura lieu au

CENTRE DE PERFECTIONNEMENT
EN PHYSIQUE NUCLÉAIRE
43, bd de l'Hippodrome, Villeurbanne
du lundi 13 avril au vendredi 17 avril 1964

Les cours auront lieu tous les jours de 9 h à 12 h et de 15 h à 18 h.

PROGRAMME

Lundi 13 avril 1964

Introduction par M. le Professeur B. PICINBONO.

Conférences :

- 1) « Notions de variables aléatoires. Transformée de Fourier »
- 2) « Fonctions aléatoires »
- 3) « Les moments. Fonctions de corrélation »
- 4) « Théorème d'échantillonnage (analyse spectrale) ».

Mardi 14 avril 1964

- « Le bruit » (3 conférences), par M. le Professeur R. ARNAL.
« Les fonctions aléatoires des variables quantifiées », par M. le Professeur G. BONNET.

Mercredi 15 avril 1964

- « Détection d'un signal dans le bruit », par M. R. ARNAL.
« Filtrage linéaire et filtre adapté », par M.H. MERMOZ.

Mercredi après-midi

Discussions libres avec les conférenciers.

Jeudi 16 avril 1964

- « Simulateur analyseur de mesures complexes », par M. B. ESCUDIE.

- (Applications à la résonance nucléaire », par M. GAGNAIRE.
 « Applications à la neurophysiologie », par M. SICARD.
 « Applications aux radars et télécommunications », par M...

Vendredi 17 avril 1964

« Détermination des fonctions de transferts », par M. J. LOEB.
 « Applications à la Physique Nucléaire (Méthode $E \times \frac{dE}{dX}$
 en présence du bruit) », par M. B. ESCUDIE.

« Applications des récepteurs à faible bruit aux télécommunications par satellites », par M. H.P. HOUSSIN, Ingénieur des Télécommunications.

Séance libre pour l'étude de problèmes posés par les participants à la session.

Vendredi à 20 h 30

Dîner-débat de clôture.

Les auditeurs trouveront les notions fondamentales traitant de ces problèmes dans l'ouvrage :

« Propriétés statistiques du bruit de fond » par A. BLANC-LAPIERRE et B. PICINBONO et éventuellement :

« Modes statistiques pour l'étude de phénomènes de fluctuations » par A. BLANC-LAPIERRE (Masson et Cie Editeurs).

Cet enseignement est destiné aux chercheurs et ingénieurs de toutes disciplines, ayant à résoudre des problèmes de bruits ou de traitement de l'information, et désirant acquérir dans ce domaine les notions de base nécessaires à l'étude de ces phénomènes.

Les inscriptions doivent être adressées au Centre de Perfectionnement en Physique Nucléaire, 43, bd de l'Hippodrome à Villeurbanne (Rhône). Tél. 52.07.04, poste 610.

SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LES COMMUNICATIONS : GLOBECOM VI

Philadelphie - 2 - 4 Juin 1964

Un symposium international sur les communications, Globecom VI (« Symposium on Global Communications ») se tiendra à Philadelphie les 2-3 et 4 juin 1964, à l'Université de Pennsylvanie et à l'Hôtel Sheraton.

Globecom VI est organisé conjointement par divers groupes de l'IEEE et par l'Université de Pennsylvanie.

L'accent y sera mis sur les liens étroits qui existent entre les communications et le traitement des données, et particulièrement sur les interconnexions entre les calculatrices électroniques et les réseaux de communications.

Les sujets abordés seront les suivants :

- Analyse de trafic et systèmes de simulation ;
- Transmission radio terrestre ;
- Codage et modulation ;
- Facteurs économiques intervenant dans la conception des systèmes ;
- Système de transmission de données ;
- Commande automatique de communications ;
- Satellites de communications, etc...

Pour tous renseignements, s'adresser à : Richard GUENTHER, Globecom VI Program Chairman, RCA Communications Systems Division, Bldg 1-3-1, Camden, New Jersey 08102.

SÉMINAIRE SUR LES LASERS ET LEURS APPLICATIONS

Londres, 29 septembre - 1^{er} octobre 1964

L'intérêt porté aux lasers a connu, ces années dernières, un développement considérable. Afin de susciter un échange d'idées et d'informations entre les chercheurs travaillant dans leur domaine, l'« Institution of Electrical Engineers » organise une

conférence sur « les lasers et leurs applications » qui aura lieu du 29 septembre au 1^{er} octobre 1964 à Londres, au siège de l'IEE (Savoy Place).

L'objectif de cette conférence est de faire le point des connaissances actuelles dans le domaine des lasers, des sources de lumière cohérente et quasicohérente, des applications possibles des lasers, celles-ci étant évoquées pour guider les utilisateurs éventuels.

Les communications auront trait aux sujets suivants :

- les lasers à gaz, à état solide et à liquide ;
- dispositifs annexes, comprenant : récepteurs optiques hétérodynes, détecteurs, modulateurs ;
- Propagation en espace libre ; propagation guidée ;
- Techniques de mesure de : puissance, bruit, cohérence ;
- Danger des rayonnements optiques : effets physiologiques ; précautions nécessaires ;
- Applications : aux communications, aux systèmes de navigation, à la médecine, etc...

Pour obtenir de plus amples renseignements, s'adresser au Secrétaire de l'I.E.E., Savoy Place, London, W.C.2

LE MEXIQUE ET L'INDE ADOPTENT LE SYSTÈME CROSSBAR PENTACONTA

BANDERA est le nom d'un central téléphonique de 5 000 lignes en système Crossbar PENTACONTA que la COMPAGNIE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTIONS TÉLÉPHONIQUES (C.G.C.T.) va installer à Guadalajara, seconde ville du Mexique.

Simultanément, 7 600 lignes seront installées dans le « groupe de Celaya » qui comprend les villes de Celaya, Irapuato, Queretaro et Salamanca, à 250 km environ au nord-ouest de Mexico.

D'autre part, la République Indienne adopte également le Système Crossbar PENTACONTA. Un contrat pourra en effet être passé entre le Ministère des P.T.T. de l'Inde et la Société B.T.M. (Bell Telephone Manufacturing Company) aux termes duquel : d'une part, les deux sociétés B.T.M. et C.G.C.T. fourniront du matériel téléphonique PENTACONTA pour 6 centraux publics totalisant 48 000 lignes et 4 centraux interurbains dotés de 6 700 jonctions ; d'autre part, il sera créé une société d'économie mixte en vue de la construction d'une usine destinée à produire 100 000 lignes téléphoniques PENTACONTA par an.

Le programme prévoit, outre la construction de l'usine, la fourniture de la machinerie et de l'assistance technique nécessaires ainsi que la faculté d'utiliser sous licence les brevets protégés le système PENTACONTA.

Sur les 48 000 lignes téléphoniques, 30 000 seront installées en 3 centraux distincts à Bombay et les 18 000 autres seront réparties à raison de 2 centraux dans la région de la Nouvelle Delhi et d'un central dans la région de Madras. Les centraux interurbains seront installés à la Nouvelle Delhi, à Bombay, à Kanpur et à Madras.

Ce programme entraînera l'intervention du groupe américain « International Telephone & Telegraph Corporation » auquel les deux sociétés B.T.M. et C.G.C.T. sont liées.

UN RECORD DANS LE DOMAINE DES CHAMPS MAGNÉTIQUES ÉLEVÉS

Le service des Etudes et de Développement des appareils de physique du synchrotron Saturne, en collaboration avec le Centre de Recherches de la COMPAGNIE GÉNÉRALE d'ELECTRICITÉ (Marcoussis) a mis en service au Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay une bobine fabriquée par la SAVOISIENNE, (Ateliers de Construction de Transformateurs de la COMPAGNIE GÉNÉRALE d'ELECTRICITÉ) donnant un champ magnétique de 100 000 gauss dans un volume utile de 5 cm de diamètre pour une puissance électrique de 3,8 MW.

Ce champ, qui a été obtenu effectivement le 15 février pour la première fois en Europe dans un tel volume et de façon continue, va permettre le développement coordonné au sein de la Direction de la physique, par le groupe d'Etudes des champs magnétiques intenses, de diverses études intéressant la physique du solide et la mise au point d'éléments supra-conducteurs.

BIBLIOGRAPHIE

Schémas électroniques utilisés en réception, par Michel BIBLOT. Tome 1. Circuits d'alimentation - Circuits B.F. Un vol. 16 × 25 cm, 152 pages, 150 figures. Broché : 18 F. Tome 2. Détection et circuits H.F. - Dispositifs spéciaux. Un vol. 16 × 25 cm, 132 pages, 122 figures. Broché : 16 F. Eyrolles - Paris 1963.

Le présent ouvrage a analysé, de façon complète et systématique, les schémas des circuits fondamentaux et des différents étages rencontrés dans les ensembles électroniques utilisés en réception : dispositifs d'alimentation, amplificateurs basse fréquence classiques et à haute fidélité, récepteurs radiophoniques en modulation d'amplitude et de fréquence, récepteurs de télévision, appareils de mesures, dispositifs annexes rencontrés dans les amplificateurs et les récepteurs. Pour permettre - en dehors de cet ouvrage - une étude des circuits rencontrés dans les autres secteurs de l'électronique : émission, électronique industrielle, montages à transistors, etc., de nombreuses variantes de schémas usuels sont données, ce qui facilitera, dans une grande mesure, la compréhension du fonctionnement des montages rencontrés dans les diverses branches précitées de l'électronique générale.

Le tome 1 traite des sujets suivants : circuits de chauffage des tubes électroniques, circuits haute tension des tubes électroniques, circuits d'alimentation des grilles écrans des tubes électroniques, circuits de polarisation des tubes électroniques, circuits basse fréquence ; amplificateurs de tension en audiofréquences, amplification de puissance en audiofréquences, étages déphaseurs pour push-pull.

Le tome 2 traite : détection ou démodulation par diode des signaux H.F. modulés en amplitude, par tubes triode ou pentode des signaux H.F. modulés en amplitude. Détection grille avec réaction et superaction, notions sur les détecteurs de signaux H.F. modulés en fréquence, circuits oscillateurs H.F. et B.F., circuits haute fréquence, dispositifs électroniques particuliers.

Ce livre qui suit le programme des différents examens de l'enseignement technique dans la spécialité radioélectricité-électronique s'adresse aux élèves des différentes écoles techniques auxquels il permettra de préparer les épreuves de lecture de plans et de schémas, ainsi que de technique professionnelle.

R.O.E.

Circuits à transistors pour calculateurs numériques, par A.I. PRESSMAN traduit de l'anglais par M. PILLON. Un vol. 16 × 25 cm, 352 pages, 225 figures. Dunod Paris 1963. Relié : 64 F.

Le remarquable ouvrage que A.I. PRESSMAN a consacré à l'étude détaillée du fonctionnement et du calcul des circuits logiques à transistors vient d'être traduit par M. PILLON. Après un bref rappel des propriétés des fonctions logiques et de leurs assemblages principaux, l'auteur examine le fonctionnement du transistor en impulsions de façon à préparer l'étude dynamique des circuits. Il passe ensuite à l'examen des portes à diodes, des portes comportant un amplificateur régénérateur à transistor, des circuits logiques à résistances, des circuits à transistors à couplage direct et termine par l'examen de quelques circuits transistorisés spéciaux. La méthode de calcul de chaque circuit est développée d'une façon détaillée, tant pour le fonctionnement statique du circuit que pour l'examen de ses caractéristiques de commutation. La méthode générale employée est celle du calcul dans le cas le plus défavorable, de façon à assurer au schéma obtenu une fiabilité intrinsèque.

Ce livre s'adresse plus spécialement aux ingénieurs de bureaux d'études chargés de la mise au point de circuits transistorisés impulsions. Tous ceux qui avaient déjà l'habitude de manier son édition américaine verront avec plaisir apparaître cette version française.

A.J.P.

Algorithmes et machines à calculer, par B.A. TRAHTENBROT traduit du russe par A. CHAUVIN. Monographie Dunod. Un vol. 11 × 16 cm ; 162 pages, 30 figures. Dunod Paris 1963. Relié : 16 F.

Cette petite monographie est la traduction par M.A. CHAUVIN d'un ouvrage russe et une initiation à la théorie générale des algorithmes appliquée aux ensembles électroniques de traitement d'information. La programmation est abordée ici non pas à partir de l'organe de traitement, mais à partir du problème mathématique, ou du problème de stratégie proprement dit, dans le but de délimiter le domaine d'emploi des machines. L'auteur se consacre à la recherche de l'essence logique et mathématique de la notion d'algorithme.

L'exposé permet de relier entre elles cette notion d'algorithme et la notion d'automate à mémoire infinie (machine de TURING). Après la description de la notion d'algorithme, la différence entre algorithmes pratiquement réalisables et algorithmes qui ne le sont que théoriquement est illustrée par l'ensemble des « tactiques » et de la « stratégie » du jeu d'échecs : cet exemple est précédé de l'établissement d'un algorithme de stratégie, pour certains jeux, par la méthode des « arbres ». Puis l'étude des machines automatiques en général et des algorithmes pour ces machines, ou « programmes », précède l'étude des machines de TURING et des machines universelles.

R.O.E.

Logique de la programmation sur les ensembles électroniques, par B. THURING traduit de l'allemand par G. VANGREVELINGHE. Un vol. 16 × 25, 244 pages, 109 figures. Dunod Paris 1963. Relié : 56 F.

Cet ouvrage au titre un peu surprenant, a été traduit de l'allemand par M. G. VANGREVELINGHE. Il s'agit d'un manuel d'initiation à la programmation des calculateurs automatiques, comportant quatre grandes parties : étude de la représentation des informations à l'usage des machines électroniques, programmation des problèmes de gestion, programmation des problèmes scientifiques et analyse des processus d'entrée et de sortie. L'exposé est fait d'une façon didactique, les explications données étant toujours extrêmement détaillées. L'auteur se limite toujours aux problèmes d'intérêt général sans utiliser d'appareillage mathématiques compliqué. De nombreux exemples, traités complètement éclairent la théorie. La programmation est traitée ici sous l'aspect analyse du problème et établissement d'un algorithme, sans jamais de référence à la structure ou à plus forte raison au code d'ordre d'une machine particulière. Cette présentation qui donne une grande généralité à l'exposé conduit à rejeter tous les problèmes de codage dans une catégorie différente qui ne sera abordée qu'ultérieurement en présence de la machine utilisée. L'ouvrage se présente donc comme un matériel extrêmement commode pour tous ceux qui souhaitent aborder le domaine nouveau de l'analyse et de la programmation. Nous regretterons seulement ici qu'aucun développement ne soit consacré dans ce livre aux techniques extrêmement répandues aujourd'hui de la programmation automatique et des langages symboliques.

A.J.P.

Calcul des différences finies, par A.O. GUELFOND. Traduit du russe par G. RIDEAU. Un vol. 16 × 25 cm, 388 pages. Dunod Paris 1963. Relié : 58 F.

Cet ouvrage écrit par l'un des plus éminents mathématiciens soviétiques vient d'être traduit en français et publié dans la Collection Universitaire de Mathématiques.

Presque la moitié du volume est consacrée à l'un des problèmes les plus importants pour les applications, celui de l'interpolation des fonctions et de leur approximation par des polynômes.

Un domaine de la théorie, de développement assez récent,

est la théorie constructive des fonctions, où il s'agit de déterminer les données nécessaires pour définir univoquement une fonction de nature analytique connue. Tout un chapitre est consacré à cette question dans le cas des fonctions entières et de nombreux problèmes particuliers sont complètement résolus avec nombre de résultats originaux dus à l'auteur.

Le livre s'achève sur la théorie des équations aux différences finies : les équations linéaires y sont principalement étudiées et, plus en détail, les équations linéaires à coefficients constants qui sont susceptibles de nombreuses applications. Le problème particulier de la sommation des fonctions est abondamment traité dans un chapitre spécial.

L'ensemble de l'exposé est empreint du souci de relier la théorie des différences finies aux autres branches des mathématiques et donné, entre autres, des applications à la théorie des nombres, au problème des moments, à la résolution des équations différentielles d'ordre infini, etc.

R.O.E.

Étude critique du système métrique, par M. DANLOUX DUMENILS. Un vol. 16 × 25 cm, 432 pages. Gauthier-Villars Paris, 1962. Relié : 45 F.

Voici un nouvel ouvrage qui étudie clairement les problèmes que pose aux ingénieurs la dualité des systèmes de mesures actuellement en usage : système anglo-saxon et système métrique. L'auteur connaît bien la question : il est professeur à l'École Nationale Supérieure d'Aéronautique et l'on sait combien est grand depuis la guerre l'envahissement du domaine des ingénieurs de l'Aéronautique par les unités anglosaxonnes.

Il s'agit donc ici à la fois d'un plaidoyer convaincant en faveur du système métrique et d'une étude critique complète qui n'avait jusqu'à présent jamais été publiée. Il faut souligner également que l'auteur n'hésite pas à s'attaquer à l'incohérence des règlements et des administrations, à l'inertie des habitudes acquises, à la duplicité de certains procédés commerciaux, et à tout ce qui de près ou de loin contribue à augmenter l'anarchie internationale dans le domaine des mesures et des unités.

Les chapitres traités dans l'ouvrage sont les suivants :

- Histoire et Législation.
- Les Formes Cohérentes.
- Le Choix des Unités.
- Terminologie, Dimensions, Noms et Symboles des Unités.
- Grandeurs Géométriques.
- Temps et Durée, Fréquence, Vitesse Angulaire.
- Grandeurs de la Mécanique.
- Electricité et Magnétisme.
- Les Deux Dernières Grandeurs Fondamentales.
- Grandeurs Diverses.
- Le Système International d'Unités et le Système Français de Mesures.
- Le Problème des Unités.

R.O.E.

Machines à calculer électroniques. Applications aux automatismes, par M. PELEGRIN. 2^e édition. Un vol. 16 × 25 cm, 576 pages. Nombreuses figures. Dunod Paris 1964. Relié : 68 F.

L'ouvrage de M. PELEGRIN avait eu un grand succès lors de la publication de sa première édition en 1959. Il s'agissait alors de l'un des premiers ouvrages d'un auteur français sur les machines électroniques. Une nouvelle édition vient de paraître et il est intéressant de souligner que l'auteur a considérablement remanié l'ensemble de son œuvre dans le double but d'en accroître l'efficacité et de tenir compte de l'évolution extrêmement rapide du domaine du calcul automatique.

Rappelons au passage que ce livre est un manuel d'initiation aux calculateurs électroniques analogiques et arithmétiques. Il est accessible au lecteur non familier de ces questions mais est suffisamment complet pour que l'ingénieur électronique y trouve un enseignement utile sur la structure interne des machines.

Pour faciliter la lecture et la compréhension de l'ouvrage, l'auteur a complètement refondu plusieurs chapitres tels que celui où il introduit pour la première fois la notion de machine arithmétique : après avoir donné un rapide aperçu de l'organisation générale d'une machine type et des blocs fonctionnels qui la constituent, il traite en un chapitre les problèmes posés par la représentation des grandeurs à l'intérieur des organes de calcul,

puis il aborde immédiatement le chapitre consacré à la programmation de façon que le lecteur ait conscience du maniement de l'outil qui est mis à sa disposition. Cette connaissance de la programmation facilitera ensuite la lecture de la partie du livre où sont détaillés les circuits fonctionnels fondamentaux et les organes de calcul.

Pour tenir compte de l'évolution parcourue depuis cinq ans par la technique, M. PELEGRIN a incorporé de nombreux compléments aux chapitres de la première édition ; citons par exemple la refonte complète du développement consacré aux machines analogiques à courants porteurs, l'addition de notions importantes sur les langages de programmation automatique et la rédaction de paragraphes consacrés à des technologies nouvelles telles que la microminiaturisation des circuits logiques ou l'utilisation des mémoires à couches minces magnétiques.

Le chapitre où l'auteur décrivait quelques machines du commerce a été complètement refait pour tenir compte des calculateurs actuellement disponibles sur le marché français : BULL GAMMA 30, IBM 7094 1401, SEA 3900, SETI PB 250 et CAE RW 530.

Enfin la dernière partie de l'ouvrage, consacrée aux automatismes, a été considérablement développée.

Deux exemples inédits, sont traités en détail : ils concernent la détermination des caractéristiques d'un calculateur arithmétique devant accomplir une tâche définie et l'étude des solutions possibles pour l'automatisation d'un système existant.

Les organes de couplage analogique-numérique et vice versa sont ensuite examinés avant d'aborder le domaine extrêmement vaste et varié des machines spécialisées.

A.J.P.

L'Électronique dans les appareils de contrôle nucléaire, par George Nicolo. Tome I. Un vol. 16 × 25 cm, 526 pages, 433 figures. Eyrolles, Paris 1963. Relié : 110 F.

L'emploi de l'électronique dans la production et le contrôle de l'énergie nucléaire est d'une telle importance qu'il justifie la parution d'un ouvrage traitant du fonctionnement des circuits de contrôle des réacteurs nucléaires. Le rôle de ces circuits est en effet, déterminant pour assurer la continuité d'un programme de recherche.

Le premier chapitre est constitué par un rappel des notions de physique nucléaire qui sont nécessaires pour la compréhension des phénomènes dont l'électronique permet de mesurer certaines caractéristiques.

Les deux chapitres suivants sont consacrés aux détecteurs de particules et aux circuits généraux, avec les rappels mathématiques indispensables. L'ensemble de ces trois chapitres sert, en quelque sorte, d'introduction, pour permettre au lecteur d'assimiler sans difficulté les chapitres suivants, lui évitant ainsi de se reporter à des ouvrages généraux de physique nucléaire ou d'électronique.

L'auteur traite ensuite successivement des méthodes de mesures (linéaire et logarithmique) de signaux de faible amplitude relatifs aux rayonnements, de la mesure du temps de doublement, des effets d'irradiation sur le matériel en exploitation, et enfin de l'utilisation des semiconducteurs.

L'ouvrage contient un nombre considérable de renseignements précis sous forme de nombreux tableaux, de courbes et de schémas et aussi de calculs sur les exemples, qui en rendront l'utilisation plus facile. Ce livre bien documenté, avec en outre une bibliographie étendue donnée à la plupart des chapitres, rendra de bons services aux ingénieurs et aux chercheurs appelés à travailler dans le domaine de l'énergie nucléaire.

R.O.E.

Proceedings of the second colloquium on microwave communications, Budapest 12-15 June 1962. Un vol. 18 × 24 cm, 290 pages, nombreuses figures. Akademiai Kiado, Budapest 1963. Relié : 8,5 \$.

Ce volume en anglais comporte les trente-deux communications présentées au colloque de Budapest consacré aux liaisons par faisceaux hertziens. Les sujets traités sont les suivants : organisation de systèmes, antennes et circuits hyperfréquences, procédés de mesures.

R.O.E.

Précis d'analyse numérique, par J. LEGRAS. Un vol. 16×25 cm, 268 pages, 13 figures. Dunod, Paris 1963. Broché : 28 F.

On trouve dans ce livre, un exposé des techniques classiques, choisies pour leur commodité et leur efficacité en calcul automatique, placées dans un contexte qui permettra de les comprendre de façon approfondie et de les adapter éventuellement à des problèmes particuliers.

Ainsi l'étude de la convergence des méthodes itératives appliquées à la résolution de l'équation $x=g(x)$, montre que la méthode de Newton peut être considérée comme un cas particulier de la méthode des approximations successives, ce qui suggère une parenté étroite entre la méthode de Newton et celle des parties proportionnelles, et conduit à des simplifications dans les calculs. De même, le lien entre la résolution d'un système linéaire et la minimisation d'un polynôme quadratique éclaire les méthodes de relaxation et facilite leur généralisation.

Les problèmes d'interpolation sont traités suivant une présentation modernisée des polynômes de Lagrange, ce qui conduit à une synthèse des principales méthodes de quadrature numérique qui permettent le calcul numérique d'intégrales mixtes en tenant compte des singularités du noyau.

Ce livre est une introduction à des traités plus complets d'analyse numérique et aux méthodes à venir, nombreuses dans ce domaine en pleine expansion. Il est particulièrement destiné aux étudiants des Cycles d'études supérieures d'analyse numérique.

R.O.E.

Les mesures fondamentales en télévision. Applications à l'industrie haute fréquence, par Robert ASCHEN. Un vol. 16×25 cm, 136 pages, 89 figures. Eyrolles, Paris 1962. Broché : 16 F.

Tout en essayant de donner une vue d'ensemble de l'aspect actuel des mesures fondamentales en télévision et dans l'industrie de haute fréquence, cet ouvrage garde essentiellement un caractère pratique. Il constitue le premier manuel de mesure du technicien de télévision et plus généralement des praticiens des hautes fréquences, très hautes fréquences et video-fréquences. Le niveau de ce livre ne dépasse jamais celui des connaissances nécessaires à un agent technique de l'électronique.

Etant donnée l'importance de la métrologie dans le domaine de l'électronique à haute fréquence, l'ouvrage permet d'effectuer toutes les mesures fondamentales que l'on ne trouve pas dans les cours classiques. C'est le cas des mesures de bruit de fond, du rayonnement, de la transmission par voie hertzienne ou câble, du taux d'ondes stationnaires, de la distorsion de phase et de la rotation de phase des amplificateurs basse fréquence. Il constitue un guide dans le choix des méthodes à employer dans les problèmes nouveaux posés par des circuits U.H.F.

La mesure du rayonnement des relais passif et actif avec ou sans changement de fréquence concerne la partie émission.

La télévision industrielle exige des méthodes de maintenance — donc de mesures — que l'auteur expose pour la partie video-fréquence. Un chapitre entier est réservé aux mesures dynamiques des transistors et aux contrôles des caractéristiques hybrides.

Le technicien du son et de basse fréquence trouvera le mode d'emploi d'un nouveau voltmètre avec indication de la phase et du gain de l'amplificateur à l'essai.

R.O.E.

Problèmes différentiels de conditions initiales, par F. CESCHINO et J. KUNTZMANN. Un vol. 16×25 cm, 390 pages, 19 figures, Dunod, Paris 1963. Relié : 59 F.

L'astronomie, la balistique, et, plus récemment la navigation spatiale, exigent la détermination très précise de trajectoires obéissant à des systèmes différentiels compliqués, avec conditions initiales.

Plus modestement les sciences économiques ou biologiques utilisent des modèles mathématiques qui sont très souvent du même type.

Chaque année, des machines à calculer électroniques de toutes tailles sont utilisées pendant des centaines d'heures à résoudre de tels problèmes posés par les techniques les plus diverses.

C'est ce qui a incité MM. Ceschino et Kuntzmann à rédiger ce nouveau traité destiné à la fois au théoricien et au praticien.

L'étude des méthodes d'intégration des problèmes différentiels de conditions initiales est d'abord reprise à la base. Les principes des méthodes classiques sont ensuite exposés en détail, ce qui amène à proposer à diverses reprises, des variantes plus avantageuses (en particulier si l'on utilise un calculateur électronique), dont certaines sont de conceptions entièrement nouvelles.

Pour chaque méthode l'auteur donne un ou plusieurs exemples numériques qui permettent de se familiariser avec le mécanisme et de se rendre compte de la précision obtenue.

Plus spécialement consacrée aux conditions d'emploi des méthodes, une dernière partie contient l'étude des erreurs, d'abord du point de vue théorique pour en expliquer le mécanisme, puis du point de vue pratique. On nous montre non seulement comment les évaluer mais comment déterminer pratiquement le pas à utiliser.

Ainsi conçu, cet ouvrage s'adresse à tous ceux qui ont à traiter directement ou indirectement des problèmes de calcul ; universitaires, étudiants, et professeurs ; chercheurs, mathématiciens et physiciens ; industriels, ingénieurs ; spécialistes, mais aussi « clients » du calcul numérique.

R.O.E.

Pratique de la mesure et du contrôle dans l'industrie, par J. BURTON. Tome III. Un vol. 16×25 cm, 560 pages, 280 figures. Dunod, Paris 1963. Relié : 76 F.

Cet ouvrage est le dernier de 3 tomes consacrés à la mesure et au contrôle dans l'industrie. Il aborde l'étude de la calorimétrie et de l'analyse des gaz, le contrôle du taux de poussières, les contrôles divers, les appareils auxiliaires et l'interprétation des résultats. Dans ce volume illustré de nombreux schémas et photographies on trouve les principes qui servent de fondement aux mesures, des exemples de calcul pour chaque formule importante, des renseignements pratiques et la description du principe de fonctionnement des principaux types d'appareils mis sur le marché. La calorimétrie, l'analyse et le contrôle du taux de poussières des gaz qui prennent une place importante dans les processus industriels, y sont particulièrement développés.

R.O.E.

Aspect mécanique de l'électricité, par H. ANDRÉ. Un vol. 16×25 cm, 150 pages, 77 figures, Gauthier-Villars, Paris 1963. Broché : 18 F.

L'ouvrage de M. André appuyé sur l'identité des phénomènes de base des deux formes de l'énergie que sont la mécanique et l'électricité, n'est pas un simple essai de reconversion de leurs grandeurs dans un même système ; il représente une tentative de cohérence entre toutes les unités électriques nouvelles proposées.

A ces fins, l'auteur a imaginé des mouvements d'électrons libres appariés qui permettent au mécanicien de saisir directement les phénomènes électriques en évitant l'intervention d'équations de définition dépourvues de sens physique.

Le livre est divisé en quatre chapitres :

— Rappel des notions essentielles de la mécanique nécessaires à l'étude de l'électricité.

— De la mécanique à l'électricité.

— Actions et réactions.

— Sur les conséquences de l'interprétation mécanique directe des phénomènes électriques.

R.O.E.

Problèmes d'asservissements avec solutions, par P. DECAULNE, M. CARPENTIER, J.C. GILLE, M. PELGRIN. Deuxième édition. Un vol. 16×15 cm, 256 pages, 241 figures, Dunod, Paris 1963. Relié : 36 F.

Dans leurs précédents ouvrages « Théorie et calcul des asservissements », « Organes des systèmes asservis », « Méthodes modernes d'étude des systèmes asservis », les auteurs ont présenté une introduction progressive et synthétique aux systèmes

asservis. Une nouvelle édition de ce recueil de problèmes les complète, permettant au lecteur d'acquérir une véritable assimilation des notions théoriques.

On y trouve l'application des principes généraux des systèmes asservis sur des cas choisis aussi simples, concrets et variés que possible et d'une façon minutieusement progressive.

La quasi totalité de ces problèmes a été mise au point, dans divers établissements d'enseignement en France et plus particulièrement à l'École Supérieure de l'Aéronautique de Paris, ainsi qu'à l'étranger comme par exemple à la Faculté des Sciences de Québec. Les problèmes-types ont été accompagnés de solutions, et suivis généralement de problèmes similaires sans solution. Par rapport à la première édition un certain nombre d'aspects particuliers sont étudiés plus complètement (systèmes asservis non linéaires, notions de statistiques, méthodes des lieux d'Evans) et certains chapitres largement remaniés en tenant compte de l'expérience acquise auprès des étudiants.

R.O.E.

Analyse non linéaire. Résolution des équations différentielles, par J.W. CUNNINGHAM. Traduit de l'américain par P. de MIRIBEL. Un vol 16 × 25 cm, 368 pages, 170 figures. Dunod, Paris 1963. Relié : 58 F.

Ce livre présente un grand nombre de méthodes permettant d'intégrer divers types d'équations différentielles, de façon littérale, numérique ou graphique. Il s'appuie principalement sur des exemples empruntés pour la plupart à la physique, à la mécanique et surtout à l'électronique, plutôt qu'aux mathématiques pures.

Le même problème est traité plusieurs fois et par des procédés différents. En effet, surtout en ce qui concerne les équations différentielles non linéaires, l'intégration en termes de fonctions classiques n'est en général pas possible ou, si elle l'est, la complexité de la solution est souvent telle, que l'on ne peut pas en dégager les propriétés de façon simple.

On trouvera également dans cet ouvrage des notions intéressantes sur les fonctions elliptiques, les équations aux différences et la stabilité des systèmes non linéaires, et un bref exposé sur les équations différentielles classiques.

Ce livre qui ne suppose pas un très haut degré de connaissances mathématiques chez le lecteur, expose des méthodes permettant de venir à bout d'équations compliquées sans aucun moyen puissant de calcul. Comme le dit l'auteur dans l'avant-propos : « Cet ouvrage ne s'adresse pas à ceux qui disposent d'un ensemble électronique, mais seulement de papier et de crayon, éventuellement d'une règle à calcul ou d'une machine à calculer de bureau ».

R.O.E.

Technologie d'électronique. Matériel des télécommunications, par J. MORNAND. Un vol. 16 × 25 cm, 380 pages, 668 figures. Dunod, Paris 1963. Broché : 18 F.

Conforme au programme de la classe de Première industrielle des Lycées techniques, ce livre réunit une documentation concise et très importante, habituellement éparse dans un grand nombre de revues et dans les notices distribuées par des constructeurs.

Les principaux chapitres traitent les sujets suivants : tubes électroniques, dispositifs à semiconducteurs, bobinages basse fréquence, bobinages haute fréquence, microphones, haut-parleurs, supports d'enregistrement du son, appareils de lecture, antennes.

R.O.E.

Tables des coefficients du binôme et des factorielles, par F. GIANESINI et J.P. ROUITS. Un vol. 19 × 27 cm, 120 pages, Dunod Paris 1963. Broché : 12 F.

Les coefficients du binôme et les factorielles interviennent dans la plupart des calculs d'analyse combinatoire, et par conséquence directe, dans des lois de probabilité assez simples, telles que la loi binominale et la loi multinominale, qui jouent un rôle important dans la théorie des épreuves répétées. Ces lois ont un grand intérêt pratique et il serait utile d'en déduire facilement des résultats numériques.

Toutefois le calcul de $n!$, immédiat pour les petites valeurs de n , devient rapidement difficile, par suite de la croissance très rapide de $n!$. L'utilisateur se contente alors de formules approchées, comme la formule de Stirling, ou remplace la loi stricte par son comportement asymptotique, introduisant ainsi des erreurs mal connues.

Ces tables permettent d'obtenir aisément des résultats dans les problèmes relevant de la loi binominale ou multinominale, lois qui présentent l'intérêt de porter sur des phénomènes discontinus.

La programmation du calcul de ces tables a été faite au Centre de Calcul de l'Université de Nancy. Afin de diminuer l'imprécision due au cumul des erreurs les calculs des coefficients du binôme pour n variant de 1 à 100 ont été faits avec dix-huit chiffres significatifs dont dix seulement sont conservés. Les calculs de factorielles, pour n variant de 1 à 1 775 ont été faits avec vingt-six chiffres significatifs dont vingt figurent dans les tables.

R.O.E.

Physique des vibrations mécaniques, par R. MATHEY. Un vol. 16 × 25 cm, 270 pages, 147 figures, Dunod, Paris, 1963. Broché : 46 F.

Bon nombre de questions relatives à la théorie et à la technique des vibrations sont réunies dans ce livre, où les problèmes sont étudiés avec le souci constant de ne pas perdre de vue l'aspect physique des problèmes examinés. Des applications numériques fréquentes, dont certaines sont traitées dans deux systèmes d'unités différents, complètent l'exposé.

Le régime forcé de l'oscillateur simple est traité en prenant comme exemple le capteur sismique qui joue un rôle important dans tous les problèmes de mesure d'amplitudes vibratoires. La navigation par inertie donne une actualité particulière à l'étude de l'accéléromètre. La théorie ou les applications des ondes élastiques sont tirées des publications récentes. Trois chapitres sont réservés à l'étude de la non-linéarité. On trouvera également un aperçu sur la stabilité des systèmes linéaires et non-linéaires.

Destiné plus particulièrement aux ingénieurs d'étude, aux ingénieurs prospecteurs, aux sismologues et aux constructeurs d'assises de machines, ce livre d'adresse également aux étudiants du 3^e cycle.

R.O.E.

Le système international de mesures. Grandeurs physiques, unités, dimensions, par R. ALLARD. Un vol. 21 × 27 cm, 64 pages. Gauthier-Villars, Paris, 1963. Broché : 9 F.

Consacré à la présentation des règles d'énonciation et d'écriture correctes du langage scientifique, particulièrement en ce qui concerne les grandeurs des Sciences physiques, les unités, les symboles, ce formulaire, rempli de renseignements pratiques, est, avant tout, un instrument de travail.

C'est en effet un outil dont ne peuvent se passer tous ceux qui s'occupent de science et de technique. Son actualité et son importance ont été amplifiées par la promulgation en France, du décret du 3 mai 1961 rendant seul légal et obligatoire le Système International de Mesures.

Les sujets traités dans cet ouvrage sont les suivants :

- tableau des espèces physiques, définitions, unités dimensions.
- grandeurs physiques et définitions normalisées de leurs unités.
- tableaux d'équivalence entre unités de même espèce.
- constantes physiques universelles.

Exploitation des relevés expérimentaux, par G. COULMY. Collection des manuels de calculs techniques. Tome IV. Un vol. 14 × 21 cm, 188 pages. Gauthier-Villars et Eyrolles. Paris, 1962. Broché : 20 F.

La base de la méthode scientifique expérimentale consiste à représenter un phénomène physique par une série de mesures :

Les résultats de ces mesures se présentent sous forme d'un relevé de points expérimentaux — ou d'un tracé continu si l'on

fait appel à des appareils enregistreurs. Dans l'un ou l'autre cas, il s'agit d'une courbe expérimentale, les points expérimentaux distincts étant supposés appartenir à une courbe, une portion de courbe, ou un ensemble de courbes continues lorsque la grandeur de référence évolue continuellement.

En raison de l'incertitude qui pèse sur chacun de ses points, incertitude due tant à l'imperfection des moyens de mesures ou de lecture qu'à l'effet possible de phénomènes secondaires, il y a lieu de distinguer, dans la pratique la courbe expérimentale d'une courbe théorique, mathématiquement définie, et de chercher pour elle un système de méthodes de calcul qui lui soit propre et qui permette la meilleure interprétation possible du phénomène.

On trouvera exposé dans cet ouvrage un ensemble de méthodes réalisant les différentes opérations possibles sur les courbes expérimentales, méthodes qui, ne présupant rien, a priori, tant de la répartition des erreurs que de l'allure générale du phénomène, permettent d'interpréter celui-ci sans lui conférer de particularités artificielles.

Ces méthodes portent sur le lissage des courbes expérimentales, son extension à différents problèmes tels que l'interpolation, l'extrapolation et le lissage à plusieurs dimensions ; enfin sur la différentiation et l'intégration numériques.

R.O.E.

Relativité générale, par Jean E. CHARON. Un vol. 16×23 cm, 320 pages. Editions de La Grange Batelière, Paris 1964. Broché : 49 F.

Jean CHARON, qui s'était déjà signalé au monde scientifique par sa « Théorie Unitaire d'Univers », se propose dans ce nouvel ouvrage de mettre à la portée du plus grand nombre la théorie de la Relativité Générale.

Pour permettre aux lecteurs d'accéder pleinement aux théories relativistes, six chapitres sur les quinze qui composent ce volume sont consacrés au calcul tensoriel, en limitant toutefois cet exposé mathématique aux connaissances nécessaires à une parfaite compréhension de la Relativité.

L'auteur s'est efforcé de dégager continuellement l'aspect physique de la théorie par opposition à son aspect purement mathématique.

Indépendamment de l'étude de la gravitation, trois chapitres sont réservés à l'application cosmologique et aux « modèles » d'Univers.

Enfin, les tentatives actuelles de synthèse entre Théorie Quantique et Relativité Générale (théories unitaires) sont clairement esquissées, et les difficultés à surmonter pour les résoudre mises en évidence.

R.O.E.

Publications de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (Vienne, Autriche)

Distribués en France par l'Office International de Documentation et Librairie.

New nuclear materials including non-metallic fuels. Conference Proceedings, Prague, 1-5 July 1963. Deux vol. 16×24 cm. Tome I. 561 pages. Broché : 44 F. — Tome II. 568 pages. Broché : 44 F.

Ces deux volumes contiennent les textes des communications présentées avec des résumés en 4 langues. Les textes sont donnés dans la langue originale : 18 en français, 31 en anglais, 12 en russe et 2 en espagnol.

Operating experience with power reactors. Conference Proceedings, Vienna, 4-8 June 1963. Deux vol. 16×24 cm. Tome I. 526 pages. Broché : 40 F. Tome II. 412 pages. Broché : 34 F.

Les textes des communications sont édités dans la langue originale avec résumé en quatre langues.

Sujets traités dans le tome I : General Review of experience with nuclear plants in the context of national programs (1 communication en français, 3 communications en anglais). Experience with specific nuclear power plants (5 communi-

cations en français, 12 communications en anglais, 1 communication en russe).

Sujets traités dans le tome II : Experience with specific nuclear power plants (2 communications en français, 2 communications en anglais).

Considerations on specific plant components (3 communications en français, 2 communications en anglais, 1 communication en russe).

Staffing of nuclear power plants (5 communications en anglais).

Fuel cycles and fuel handling (2 communications en français, 2 communications en anglais).

Experience as background for future programs (1 communication en français, 2 communications en anglais).

R.O.E.

Emploi rationnel des transistors, par J.P. OEHMICHEN. Un vol. 16×25 cm, 376 pages, 243 figures. Société des Editions RADIO. Paris 1963. Broché : 30 F.

Cet ouvrage de vulgarisation à large diffusion vise à rendre claires et simples toutes les notions complexes concernant les structures, le fonctionnement et les applications des dispositifs semiconducteurs, sans supposer de la part du lecteur, aucune connaissance préalable du sujet.

Les sujets traités sont les suivants :

— Bases physiques de fonctionnement. Applications directes des principes d'utilisation. Les problèmes d'écoulement de la chaleur dans les jonctions. Etages amplificateurs en émetteur commun. Le montage collecteur commun et les montages qui s'y rattachent. Quelques applications des montages à base commune. Le transistor utilisé en régime de saturation. Fonctionnement en commutation. Structure et propriétés des montages impulsionnels sans éléments inductifs. Structure et propriétés des montages impulsionnels comportant des éléments inductifs. Les amplificateurs opérationnels. Conversion analogique-numérique et numérique-analogique. Evolution possible de la technique des semiconducteurs.

R.O.E.

Technologie des circuits imprimés, par J.P. OEHMICHEN. Un vol. 16×24 cm, 224 pages, 140 figures. Société des Editions RADIO. Paris, 1963. Broché : 27 F.

Ce petit traité rassemble sous une forme commode toutes les notions utiles sur la technologie de fabrication et d'utilisation des circuits imprimés.

Les sujets traités sont les suivants :

- Les matériaux.
- Etablissement du projet.
- Le passage direct sur cuivre.
- Réalisation du négatif pour photogravure.
- Le report sur cuivre pour photogravure.
- L'attaque du cuivre.
- Le montage du circuit.
- Modifications et réparation d'un circuit terminé.
- Evolution et perspectives d'avenir.

R.O.E.

Les hyperfréquences. Circuits et propagation des ondes en vue des applications au radar et aux télécommunications, par R. RIGAL. Nouvelle édition revue et mise à jour par J. VOGÉ. Un vol. 16×25 cm, 332 pages, 228 figures, 4 planches de 14 photographies hors texte (Eyrolles Paris 1963). 59 F.

Cet ouvrage de la collection technique et scientifique du Centre National d'Etudes des Télécommunications constitue, en fait, la quatrième édition d'un livre sur la théorie et l'utilisation des ondes hyperfréquences, bien connu de tous ceux, étudiants, ingénieurs ou physiciens qui étudient ou utilisent les hyperfréquences.

La première édition datant de 1950 et compte tenu de l'évolution constante de ce domaine scientifique, un effort de mise à jour a été nécessaire lors de chaque nouvelle édition. Cet

effort est particulièrement sensible pour cette quatrième édition qui a été revue et mise à jour par J. VOGÉ, professeur du cours d'hyperfréquences à l'École Nationale Supérieure des Télécommunications.

Une réorganisation plus structurée de certains paragraphes ou chapitres et l'inclusion des paragraphes, autrefois groupés dans un chapitre X d'annexes, dans les chapitres correspondants aux sujets traités ont amélioré la présentation et la cohésion de l'ouvrage.

Du côté mise à jour on peut citer particulièrement l'adjonction de nouveaux paragraphes traitant des récents types de lignes de transmission hyperfréquence (que sont les guides d'ondes de surface, les lignes microbandes et triplaques), ainsi que des aspects théoriques et pratiques des antennes à balayage électronique.

Le chapitre IX — Propagation des hyperfréquences dans

l'espace terrestre — a été complètement refondu et mis à jour en insistant tout particulièrement sur les développements récents de cette nouvelle science qu'est la radiométéorologie et sur l'éclairage nouveau qu'elle donne aux phénomènes de propagation anormale et de diffusion troposphérique.

Bien que cet ouvrage constitue avant tout une introduction à l'étude des hyperfréquences, une initiation à l'aspect particulier des problèmes posés par l'étude et l'utilisation de ces « réseaux à constantes réparties » que sont les circuits hyperfréquences, on ne peut que se féliciter de voir apparaître dans cette quatrième édition, d'une part un appel aux théories générales de la propagation guidée (paragraphe sur la solution générale de la propagation dans un guide de section quelconque) et d'autre part une bibliographie qui constituera un outil précieux pour ceux qui désireront approfondir leurs connaissances sur des sujets particuliers.

J.P.P.

VIENT DE PARAÎTRE :

“ ÉLECTRONIQUE NUCLÉAIRE ”

Comptes rendus du Colloque International sur l'Électronique Nucléaire

PARIS, Maison de l'Unesco, 25-27 novembre 1963

Organisé par

LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRONICIENS ET DES RADIOÉLECTRICIENS

Parmi les organismes de patronage :

L'AGENCE EUROPÉENNE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DE L'O.C.D.E. (ENEA)

L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE (A.I.E.A.)

LE CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES (C.N.E.S.)

LE COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE (C.E.A.)

L'EURATOM

L'ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE (CERN)

Publiés par l'Agence Européenne pour l'Énergie Nucléaire

Un volume, 15,5 cm x 24 cm, 800 pages environ, contenant les textes complets de toutes les communications présentées au Colloque et une série de communications supplémentaires acceptées pour publication. Les textes sont publiés dans leur langue originale — français ou anglais — avec résumés en français ou anglais.

Prix : 40,00 F - US \$ 10 - 40,00 F.S. - DM 33,00 - 63 s. (port compris)

Vente par les Dépositaires du Bureau des Publications de l'O.C.D.E. dans tous les pays

Adresses sur demande à : O.C.D.E., Bureau des Publications, 2, rue André-Pascal, Paris - 1^{er}

PETITE ANNONCE

647 C.

IMPTE SOCIÉTÉ

AÉRO

proche région parisienne rech. de suite ou délai à convenir

a) **INGÉNIEUR-ÉLECTRONICIEN**

Ayt au moins 5 a. d'expér. d'études et de réalisations d'asservissements transistorisés pr avions et engins.

b) **INGÉNIEUR-ÉLECTRONICIEN**

Ayt fini son serv. milit. et désirant se spécialiser ds les techniques avancées de l'électronique spatiale.

Dès son arrivée, cet ingénieur participera à une étude de contrôle d'altitude pr satellite, sous contrat avec le C.N.E.S.

Ecr. av. C.V. et prêt. n° 16.391 CONTESSE Publ. 20, av. Opéra. Paris (1^{er}) q. tr.

LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRONICIENS ET DES RADIOÉLECTRICIENS

Jeune Ingénieur, vous venez d'acquérir les connaissances de base concernant l'Electronique et la Radioélectricité ; vous allez maintenant vous spécialiser dans une technique particulière de ce vaste domaine, dont vous aurez à suivre l'évolution rapide ; mais vous devrez également vous tenir au courant des progrès essentiels réalisés dans les autres techniques.

Dans quelques années, les cours de votre Ecole seront insuffisants si vous ne les complétez par la lecture d'articles, la participation à des discussions, à des réunions, à des visites, où vous rencontrerez des collègues travaillant, soit dans la même branche que vous, soit dans des branches différentes de l'Electronique et de la Radioélectricité.

Toutes ces possibilités vous sont offertes par

la Société Française des Electroniciens
et des Radioélectriciens
(S.F.E.R.)

qui serait heureuse de vous compter parmi ses Membres.

BUTS ET ORGANISATION DE LA S.F.E.R.

Les buts de la S.F.E.R. sont ainsi définis par ses Statuts :

1. — 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. — Etablir et entretenir entre ses Membres des relations suivies et des liens de solidarité.

Le Président de la S.F.E.R., élu chaque année par l'Assemblée Générale, préside le Conseil qui est chargé de l'administration générale de la Société, et le Bureau qui en est l'organe exécutif.

Les services du Secrétariat sont installés à l'adresse suivante :

10, avenue Pierre-Larousse, Malakoff (Seine). Tél. 253.04.16.

SECTIONS D'ÉTUDES

Dans le vaste domaine qui est offert à l'activité de la S.F.E.R., il est obligatoire que se créent des spécialisations. C'est pourquoi il existe 12 Sections d'Études dont voici la liste :

- 1^{re} Section : Problèmes d'enseignement. Formation et perfectionnement des Ingénieurs et des Techniciens.
- 2^e Section : Études Scientifiques Générales.
- 3^e Section : Physique de l'État Solide.
- 4^e Section : Tubes Electroniques.
- 5^e Section : Composants Electroniques.
- 6^e Section : Propagation des Ondes.
- 7^e Section : Electroacoustique. Enregistrement des sons.
- 8^e Section : Télécommunications. Radiodiffusion Télévision.
- 9^e Section : Radiodétection et localisation. Radionavigation.
- 10^e Section : Calculateurs Electroniques. Automatismes.
- 11^e Section : Electronique nucléaire et corpusculaire.
- 12^e Section : Electronique biologique et médicale.

Les Présidents de ces Sections organisent des séances où sont exposés les résultats des travaux de recherche des laboratoires de l'Administration ou de l'Industrie, les réalisations industrielles les plus remarquables, les théories qui se font jour, les travaux accomplis à l'étranger, les comptes rendus des Congrès Scientifiques. Tous les membres de la Société sont invités à prendre part à ces séances et aux discussions qui suivent les exposés des Conférenciers.

Ces séances prennent souvent la forme de demi-journées d'études consacrées à des sujets particulièrement importants et d'actualité.

RÉUNIONS GÉNÉRALES, VISITES

Pour traiter des sujets plus généraux ou relatifs à des questions particulièrement importantes, le Bureau organise des Réunions Générales qui ont lieu une à deux fois par mois et comportent exposés et discussions. Il n'est pas rare de voir figurer, parmi les Conférenciers, des savants ou des techniciens étrangers, dont certains parmi les plus connus.

Visites de laboratoires, d'usines, de centres de transmissions, d'expositions complètent la source de documentation ainsi mise à la disposition des Membres de la Société.

GROUPES RÉGIONAUX

Si les séances des Sections d'Études et les Réunions Générales ont lieu à Paris, les Membres résidant en Province se sont, dans les régions où leur nombre est suffisant, groupés autour d'un Bureau Local dont le Président organise, à leur profit, conférences et visites. Actuellement la Société a des Groupes fonctionnant à Dijon, Grenoble, Lannion, Lille, Lyon, Marseille, Nancy et Alger.

CONGRÈS

La S.F.E.R. a pris l'initiative de plusieurs Congrès internationaux qui ont tous connu un succès considérable. Pour ne nommer que les plus récents, nous citerons :

- en 1956 : Congrès Tubes hyperfréquences.
- en 1957 : Congrès Circuits et Antennes hyperfréquences.
- en 1958 : Congrès d'Electronique Nucléaire.
- en 1961 : Colloque sur les Dispositifs à Semiconducteurs.
- en 1963 : Congrès d'Electronique quantique; Colloque d'Electronique Nucléaire.

L'ONDE ÉLECTRIQUE

La S.F.E.R. publie une revue, l'Onde Electrique, qu'elle adresse gratuitement à tous ses membres. Cette revue est également servie à de nombreux abonnés et vendue au numéro. Elle fait l'objet d'échanges avec des publications analogues dans un grand nombre de pays étrangers. La nature des textes publiés et leur présentation, la haute tenue scientifique et technique des articles, ont fait de l'Onde Electrique une publication de renommée mondiale. Elle met à la disposition de ses lecteurs une documentation aussi abondante (plus de 1000 pages par an) que variée, dans les domaines les plus avancés de l'électronique et de la radioélectricité.

Le choix des articles, des informations et communiqués techniques publiés dans l'Onde Electrique est fait par un Comité de Rédaction nommé par le Bureau de la S.F.E.R. ; la publication de la revue est assurée par un éditeur lié par contrat à la Société.

ANNUAIRE DE LA SOCIÉTÉ

Depuis quelques années, la S.F.E.R. publie tous les deux ans un Annuaire dans lequel on trouve non seulement la liste et l'adresse de tous les Membres actuels de la Société, mais aussi, notamment, le texte complet des Statuts, la liste des anciens Présidents, celle des anciens Membres du Bureau et du Conseil, la composition des Bureaux des Sections d'Études et des Groupes Régionaux.

ATTRIBUTION DE PRIX

La S.F.E.R. a complété l'activité qu'elle déploie pour promouvoir les techniques qui font l'objet de ses préoccupations par la création d'un prix de 1 000 F destiné à récompenser l'auteur d'un travail original dans le domaine de l'électronique ou de la radioélectricité. Le prix Henri Abraham est ainsi attribué tous les deux ans à un ingénieur ou chercheur, français ou appartenant aux pays de langue française, âgé de moins de trente-cinq ans.

CONDITIONS D'ADHÉSION

Le Bureau examine les candidatures présentées par deux Membres (non étudiants) de la Société qui

signent comme parrains le bulletin d'adhésion rempli par le candidat. La cotisation est de 30 F par an pour les Membres non étudiants. Les étudiants de moins de vingt-cinq ans paient la moitié de cette somme. Les Membres résidant à l'étranger paient un supplément de 5 F pour frais postaux.

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.).

PROPAGATION TROPOSPHÉRIQUE ET FAISCEAUX HERTZIENS TRANSHORIZON

Télécommunications par satellites

par

F. du CASTEL

*Ingénieur en Chef des Télécommunications
au Centre National d'Etude des Télécommunications*

PRÉFACE

de

L. LEPRINCE-RINGUET

de l'Académie des Sciences

Un ouvrage de 512 pages 15 × 24 cm, 173 figures, nombreuses photographies
relié pleine toile, fers spéciaux. Prix 104 F, plus port
————— Editions CHIRON, 40, rue de Seine, Paris-VI^e —————

Le présent ouvrage se propose de faire le point des connaissances acquises dans le domaine de la propagation troposphérique transhorizon au cours de la dernière décade, et de donner les éléments de calcul des faisceaux hertziens transhorizon, après avoir précisé les principales caractéristiques des équipements correspondants.

Dans un chapitre introductif, on fixe la place des faisceaux hertziens transhorizon dans l'ensemble des moyens de liaisons multiplex à grande distance, et on présente un aperçu historique du développement scientifique et technique dans ce domaine.

La première partie traite de la propagation troposphérique. Les principaux résultats expérimentaux récents sont commentés, ainsi que les interprétations théoriques des phénomènes de propagation qui cherchent à les comprendre. Les théories de diffraction sont présentées à la lumière des travaux récents de l'école soviétique du Professeur Fock, qui en éclairent le sens profond. Pour les théories de propagation troposphérique, on s'est efforcé de présenter une vue synthétique des phénomènes, à partir des travaux essentiellement américains sur le phénomène de diffusion turbulente et des travaux français de l'auteur et de ses collègues du C.N.E.T. sur le phénomène de réflexion en milieu stratifié irrégulier. Cette première partie se termine sur les méthodes pratiques d'évaluation des affaiblissements de propagation sur une liaison donnée.

La seconde partie étudie les caractéristiques des faisceaux hertziens transhorizon. Dans l'étude des éléments généraux de ces systèmes de télécommunication, on a surtout insisté sur les aspects qui leur sont particuliers, renvoyant le lecteur à l'ouvrage de L. LIBOIS, « Faisceaux Hertziens et Systèmes de Modulation » paru dans la même collection aux Editions Chiron, pour les éléments communs à tous les systèmes de faisceaux hertziens. On s'est efforcé de tenir compte du progrès rapide des techniques dans ce domaine, en dégageant les principaux éléments de leur évolution. Quelques élé-

ments descriptifs sur les équipements sont présentés, qui concernent particulièrement les réalisations de l'industrie française. Cette seconde partie se termine sur les méthodes de calcul des faisceaux hertziens transhorizon.

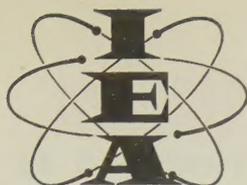
Un chapitre de conclusion décrit quelques réalisations et donne quelques indications, complétant les données introductives sur l'utilisation rationnelle des faisceaux hertziens transhorizon parmi les autres moyens de liaisons multiplex à grande distance. Ces problèmes sont particulièrement envisagés dans l'optique du développement des pays neufs.

On donne en Appendice quelques informations sur les télécommunications par satellites qui peuvent être considérées, dans une certaine mesure, comme un prolongement des faisceaux hertziens transhorizon.

Tel quel, ce livre espère donner une vue d'ensemble des problèmes de propagation troposphérique et des techniques de faisceaux hertziens transhorizon. Le souhait de l'auteur est qu'il puisse être aussi utile aux ingénieurs de recherche et étudiants, intéressés par les problèmes de propagation, qu'aux ingénieurs des télécommunications et techniciens, intéressés par les liaisons transhorizon. L'auteur a, dans cet esprit, essayé de trouver un juste équilibre entre les développements de caractère physique et scientifique et les considérations de caractère pratique et appliqué. Il a, en exposant le premier point de vue, songé à l'importance du développement de la Recherche dans la situation contemporaine de la France, et, en traitant le second, pensé particulièrement aux problèmes posés aux jeunes Etats Africains d'expression française.

Cet ouvrage est le fruit de dix années de travail au C.N.E.T. sur ces problèmes.

————— ÉDITIONS CHIRON, PARIS-VI^e —————



SALON INTERNATIONAL

MESURE, ÉLECTRONIQUE, AUTOMATION

Le 5^e Salon International de l'I.E.A. ouvrira ses portes le Lundi 25 Mai. Il occupera tous les halls de l'Olympia. Près de 700 fabricants (anglais et étrangers) de matériel électronique, d'appareils scientifiques et de matériel de contrôle industriel présenteront leurs plus récentes réalisations dans le cadre de l'I.E.A. 1964, la plus importante manifestation mondiale de son genre.

Préparez dès maintenant votre voyage à Londres et à l'I.E.A.

OLYMPIA - LONDRES (ANGLETERRE), 25-30 MAI 1964



Pour tous détails, et pour vous procurer une carte d'invitation officielle, adressez-vous à :

INDUSTRIAL EXHIBITIONS LTD. — 9 ARGYLL STREET, LONDON W 1 (ANGLETERRE)

UN SALON 

**bobinages
platines,
ensembles
précâblés**

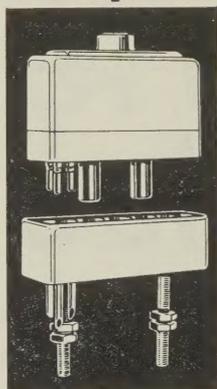


**ÉTUDES
TRAVAUX SUR COMMANDE
SÉRIES**

radiodiffusion
télévision
télécommunications
électronique industrielle
signalisation
télécommande
antiparasitage
électricité médicale
contrôle et mesures
recherche spatiale
et nucléaire, etc ..

INFRA

16 bis, RUE SOLEILLET - PARIS 20^e • MEN. 65-21 +



Dans
une ambiance
de $- 50^{\circ} \text{C}$

Comme
à $+ 80^{\circ} \text{C}$

vos circuits seront
TOUJOURS PROTÉGÉS
en utilisant les

DISJONCTEURS MINIATURES

Stopcircuit

avec COMPENSATEUR DE TEMPÉRATURE AMBIANTE
modèles thermiques et magnéto-thermiques
de 0,04 A. à 20 A.

types A BROCHES et ENCASTRÉ fournis sur demande

- tropicalisés
- avec signalisation
- accrochage du mécanisme résistant aux vibrations, etc...

stopcircuit s. a.

Boulevard du Stand MACON (S.-&-L.) Tél. 700 et 701





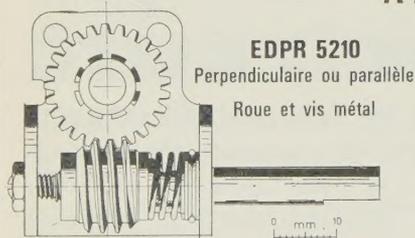
INDEX DES ANNONCEURS

	Pages		Pages
ADVANCE - TRANCHANT	6	KACO - VISSIMEX	83
AGELEC	77	KATJI	74
ALCATEL	29	KEITHLAY RADIOPHON	58
ALSTHOM	39	KOLARE	60
AMPEX	88	KOVACS	82
AOIP	42	LAILLER PECQUET	52
ARENA	76	LAURENT Frères	102
ATELIERS PECKLY	68	L.C.C.	79
BAEHNI	46	LEGPA - DAYSTROM	28
BECKMAN	75	LEMOUZY	64
BELL - TRANCHANT	14	L.T.T.	26
BENDIX	92	MAGNETIC - RADIO EQUIPEMENTS	87
BESCHLAG - TRANCHANT	8	MARCONI	98
BOURNS - TRANCHANT	11	MARSHALL	45
BURROUGH - TRANCHANT	3	M.C.B.	32
CANETTI	82	M.C.E.	41
CAPA	104	MEC - FRAZAR et HANSEN	92
CDE - TRANCHANT	4-5	METOX	73-85
Cie des COMPTEURS	96	METRIX	46
Cie des CONDENSATEURS	54	MICRO - MONACO	61
Cie GENERALE D'ÉLECTRO - CÉRAMIQUE	22	MILLIVAC - TRANCHANT	12
Cie TÉLÉGRAPHIE SANS FIL - CSF	4 ^e Couv.	NAGARD - TRANCHANT	7
Cie COSEM	106	NEOHM - VISSIMEX	27
Cie DTE	97	OREOR	43
Cie PDEM	84	OTECNA	29
CONDENSATEURS PI	26	PHILIPS HOLLANDE	70
COPRIM	35 à 38	PHILIPS INDUSTRIE	69
CRC	28	PORTE ÉCHAPPEMENT	64
DAYSTROM - LEGPA	65	QUARTZ et SILICE	105
DOLOY	72	RADIOEQUIPEMENT	86-87-90-91
DRUSCH	55	RADIOPHON	56-57-58
EGÉE	30	RADIOTECHNIQUE	21-23-33
ELECTRO - RÉSISTANCE	108	RCA - RADIO EQUIPEMENT	90-91
ELVÉCO	102	ROCHAR	80
EMI	44	SAIP	14
ENGELHARDT	13	SCAIB	100-101
ESI - TRANCHANT	58	SECRE	25
ESTERLING - ANGUS RADIOPHON	19 - 71	SGS FAIRCHILD	53
EUROPELEC	56	SIC - SAFCO	49
FAIRCHILD - DUMONT RADIOPHON	53	SODILEC	34
FAIRCHILD - SGS	2 ^e couv.	SOLARTRON	50-51
FERISOL	40	SOVIREL	93
FERRANTI	63	SOURIAU	99
FIBRE DIAMOND	72	SPAULDING	31
FILOTEX	24	SPRAGUE - EUROPELEC	19
FREI	81	STOPCIRCUIT	107
FRANKEL	57	STREL	47
GENERAL RADIO - RADIOPHON	66-67	SUD AVIATION	59
HEWLETT - PACKARD	62	TECHNIQUE et PRODUITS	94-95
HUGHES INTERNATIONAL	20	TEXAS	48
IBM	40-89	THOMSON - HOUSTON	15-17-18
IMEX FRANCE	107	TRANCHANT	3 à 14
INDUSTRIAL EXHIBITION	52	TRANSITRON	103
INTERTECHNIQUE	107	TUCHEL - TRANCHANT	9
INFRA	86	VARIOHM	68
IRC RADIO EQUIPEMENT	86	VISSIMEX	27-83
		WIMA	78
		WIMA - TRANCHANT	10

DÉMULTIPLICATEUR A DOUBLE RAPPORT

A BOUTON UNIQUE - SANS JEU DE RETOUR

BREVETÉ FRANÇAIS ET ÉTRANGER

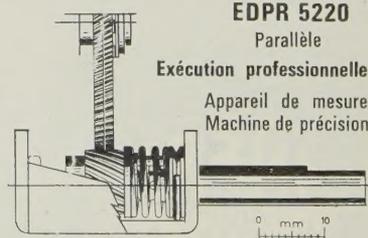
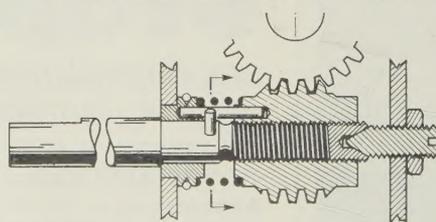


EDPR 5210

Perpendiculaire ou parallèle

Roue et vis métal

0 mm 10



EDPR 5220

Parallèle

Exécution professionnelle

Appareil de mesure
Machine de précision

0 mm 10

DEUX RAPPORTS { Petite démultiplication : 1/25
Grande démultiplication : 1/78

DEUX RAPPORTS { Petite démultiplication : 1/4
Grande démultiplication : 1/220

E^{TS} ELVECO 21, 29 rue J.-J. Rousseau - MONTREUIL (Seine) - Tél. DAU. 33-60 +

industriels

LA DOCUMENTATION
TECHNIQUE EST LE PLUS
PUISSANT FACTEUR

d'expansion



la 4^e édition

INTERNATIONALE

du GUIDE TECHNIQUE DE L'ÉLECTRONIQUE PROFESSIONNELLE

1963
1964



FORMAT
21 x 27

2 VOLUMES
1500 Pages

Couverture
cartonnée
4 couleurs

4 LANGUES

sera entièrement justifiée *



* Office
de Contrôle
de la
Diffusion
des supports
divers de la
Publicité
C.S.D.
18, Rue
Clairaut
Paris (17^e)

★ LE SEUL OUVRAGE

présentant toute l'industrie
électronique française dans
son ensemble, dans le détail,
dans les 120 pages
illustrées de sa rubrique
des «Grandes réalisations
de l'Électronique française»

TIRAGE ET DISTRIBUTION EN FRANCE ET DANS LE MONDE...

Les catalogues condensés bilingues, **partie
essentielle** de notre ouvrage, véritables cartes
de visite techniques de l'ENTREPRISE,
représentent l'élément **le plus efficace**
et le moins cher pour les premiers contacts
marché intérieur

et MARCHÉ COMMUN

• Sans engagement de votre part,
demandez la visite de nos représentants...

ÉDITION - ADMINISTRATION - VENTE

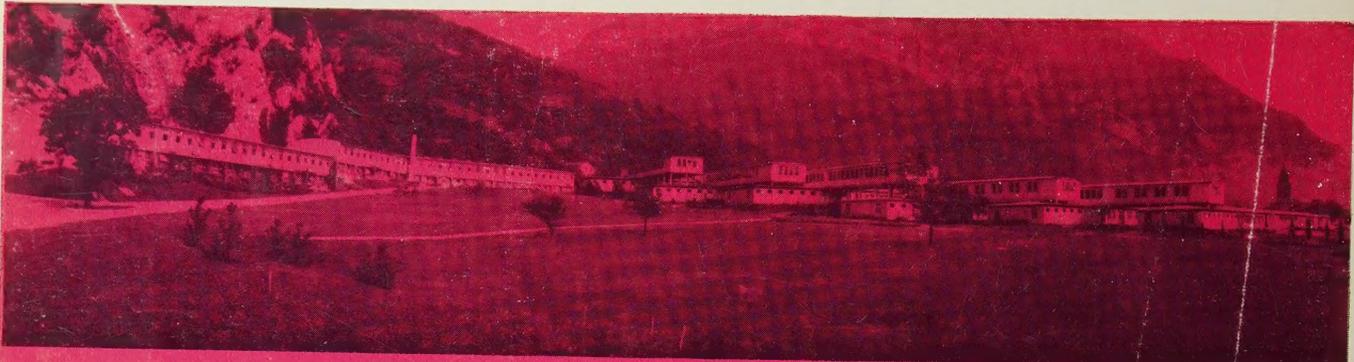
LES GUIDES TECHNIQUES INDUSTRIELS
MÈMBRE DE LA CHAMBRE SYNDICALE DES ÉDITEURS D'ANNUAIRES
13, RUE CHARLES-LECOQ - PARIS 15^e



RÉGIE EXCLUSIVE DE LA PUBLICITÉ

AGENCE PUBLÉDITEC - DOMENACH
13, RUE CHARLES-LECOQ - PARIS 15^e - BLO. 88-04 et 05

VENTE EXCLUSIVE DE NOS GUIDES EN LIBRAIRIE : EDITIONS CHIRON - 40, RUE DE SEINE - PARIS (6^e)



transistors silicium COSEM

HAUTE TENSION

Transistors pour signaux de faible amplitude	V_{CB} min	V_{CEO} min	h_{21E} défini à	Boîtier JEDEC	P_c max à $t_{amb} = 25^\circ C$	f_T moy
2 N 1564 - 2 N 1565 - 2 N 1566	80 V	60 V	1 mA et 5 mA	TO-5	0,6 W	150-180-180 MHz
2 N 734 - 2 N 735 - 2 N 736				TO-18	0,5 W	
2 N 1572 - 2 N 1573 - 2 N 1574	125 V	80 V		TO-5	0,6 W	150-180-180 MHz
2 N 738 - 2 N 739 - 2 N 740				TO-18	0,5 W	
Transistors pour signaux de grande amplitude	V_{CB} min	V_{CER} min (R=10 Ω)	h_{21E} défini à	Boîtier JEDEC	P_c max à $t_{amb} = 25^\circ C$	f_T moy
2 N 1342	150 V	125 V	10 mA	TO-5	0,8 W	180 MHz
2 N 1990	100 V		30 mA	TO-5	0,6 W	
2 N 1340	150 V	100 V	50 mA	TO-5	0,8 W	200 MHz
2 N 698 - 2 N 699	120 V	80 V	150 mA	TO-5	0,8 W	70-100 MHz

Fiabilité



COMPAGNIE GÉNÉRALE
DES
SEMI-CONDUCTEURS

12, rue de la République - Puteaux (Seine) -
LON 50-98 et 67-53

POUR LA RÉGION RHONE - ALPES - MÉDITERRANÉE. S'ADRESSER : BUREAU COMMERCIAL - USINE DE SAINT-EGRÈVE (ISÈRE) - TÉL. GRENOBLE : 44.70.25 - 88.40.61 - 88-42-11

Exclusivité de la Publicité de l'Onde Electrique : R. Domenach, 161, Bd St-Germain, PARIS 6^e - BAB. 41-97 et 41-98