

# L'ONDE ÉLECTRIQUE

35<sup>e</sup> ANNÉE - N° 339  
J U I N 1 9 5 5  
P R I X 2 5 0 F R S

REVUE MENSUELLE DE LA SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS  
ÉDITIONS CHIRON, 40, RUE DE SEINE, PARIS-6<sup>e</sup>



ANTENNE  
EST DU RADIO-  
INTERFEROMETRE DE  
L'OBSERVATOIRE DE HAUTE  
PROVENCE (O.N.R.S.) : REALI-  
SATION DU PROJET PRESENTE  
A L'A.G. DE L'U.R.S.I. SYDNEY 1953

•  
Numéro consacré au compte  
rendu de la XI<sup>e</sup> Assemblée  
Générale de l'Union  
Radio-Scientifique Inter-  
nationale, La Haye

# L'ONDE ÉLECTRIQUE

Revue Mensuelle publiée par la Société des Radioélectriciens  
avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

Vol. XXXV

JUIN 1955

N° 339

ÉDITIONS CHIRON, 40, rue de Seine, PARIS-6<sup>e</sup>. — C.C.P. Paris 53-35

Abonnements 1 an : France : 2.500 F ; Étranger : 2.800 F — Prix de ce N° : 250 F

Publicité : M. R. DOMENACH, Agent exclusif, 161, bd Saint-Germain, PARIS-6<sup>e</sup>, Tél. LIT. 79-53

## SOMMAIRE

		Pages
La XI <sup>e</sup> Assemblée Générale de l'Union Radio-Scientifique Internationale .....	Gérard LEHMANN	141
Union Radio-Scientifique Internationale .....		161
Mesures et étalons radioélectriques .....	P. ANANT	161
Radioélectricité et troposphère .....	J. VOYE	161
Radioélectricité ionosphérique .....	D. LEPCHEVSKY	182
Perturbations radioélectriques d'origine terrestre .....	R. RIVOLTE	193
Mesure de bruit atmosphérique .....	G. FONDÉS	208
Radio-Astronomie .....	M. LAFRANCO	610
Ondes et circuits radioélectriques .....	A. ANGOE	620
Électronique .....	Gérard LEHMANN	621
Les problèmes fondamentaux abordés à la N <sup>e</sup> Conférence générale des Poids et Mesures .....	O. ROUSSEY	620

*Sur la couverture :*

Vue perspective de l'une des deux antennes du Radio-Interféromètre méridien du C.N.R.S. à l'Observatoire de Haute-Provence.

Ce collecteur d'onde a été expérimenté récemment. Il donne un faisceau étroit de l'ordre de 3° sur 300 Mc/s et a permis l'observation du passage de Radio-sources. Les dimensions sont de 32 x 60 mètres. Le faisceau peut être orienté dans le plan vertical de symétrie par déphasage des dipôles focaux.

La construction a été faite en collaboration par le C.N.R.S. et le Ministère des Télécommunications.

*Cette couverture a été réalisée grâce au concours du Comité National Français de Radio-Électricité Scientifique et de la Fédération Nationale des Industries Radioélectriques et Electroniques*

Les opinions émises dans les articles ou comptes rendus publiés dans L'Onde Électrique n'engagent que leurs auteurs

## SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS FONDATEURS

† Général FOUSTÉ, Membre de l'Institut.

† H. ABRAHAM, Professeur à la Sorbonne,

† A. BLANCHET, Membre de l'Institut.

P. BRUNOT, Directeur à la Cie Générale de T.S.F.

J. COUSTO, Chef de Bataillon du Génie e. r.

† A. PÉROT, Professeur à l'École Polytechnique,

† J. PAVAR, Directeur de la Sté des Forces Motrices de la Vienne.

La Société des Ingénieurs Coloniaux;

## SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

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

# LA XI<sup>e</sup> ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'UNION RADIO-SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

PAR

Gérard LEHMANN

*Président du Comité National Français de Radioélectricité Scientifique*

Au mois d'août 1954 s'est tenue à La Haye la XI<sup>e</sup> Assemblée Générale de l'Union Radio-Scientifique Internationale.

L'existence des dix assemblées générales précédentes qui, à intervalle régulier de deux années en période non troublée, ont concrétisé l'activité de l'Union, pourrait faire penser que celle-ci tend maintenant vers une routine où les habitudes du passé peuvent servir de guide à l'activité de l'avenir. Tous ceux qui ont fréquenté au cours de ces dernières années nos diverses réunions, et plus spécialement celle de La Haye, savent à quel point il n'en est rien.

Les développements de la radioélectricité se déroulent toujours à une cadence très rapide, le nombre des participants à nos assemblées générales augmente en proportion et des problèmes difficiles restent posés à la fois à ceux qui ont à charge d'organiser de tels travaux de manière à les rendre aussi efficaces que possible, et à ceux qui, sur le plan scientifique, essaient de tirer parti de la grande masse d'informations de premier ordre et des vastes synthèses qui sont présentées en ces circonstances.

Ainsi le Comité National Français de Radioélectricité Scientifique espère-t-il faire bénéficier l'ensemble des radioélectriciens français des informations qui ont été rendues publiques à La Haye en utilisant le magnifique moyen de diffusion qu'est l'Onde Électrique.

Déjà en 1953, après la N<sup>e</sup> Assemblée Générale tenue à Sydney, le N<sup>o</sup> 312 de mars 1953 de l'Onde Électrique avait été entièrement consacré aux comptes rendus des travaux de cette assemblée, et l'accueil réservé à ce numéro nous a convaincus qu'il fallait renouveler ce travail. Nous prions la Société des Radioélectriciens d'accepter nos remerciements pour avoir mis un numéro entier de son bulletin à notre disposition dans ce but, illustrant ainsi la solidarité des radioélectriciens et leur désir

de faciliter ce travail d'information générale qui, de nos jours, devient de plus en plus difficile.

Avant même d'aborder le compte rendu des faits les plus saillants de la réunion de La Haye, nous voudrions souligner à quel point les travaux mêmes de l'U.R.S.I., puis, dans chaque pays comme le nôtre, les travaux des Comités nationaux, les exposés présentés lors des réunions mensuelles de la Société

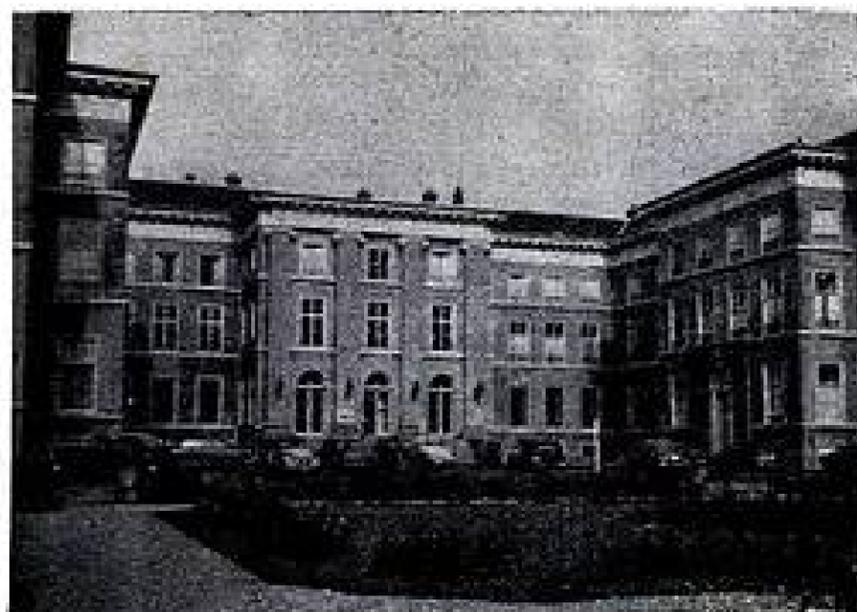


FIG. 1. — Ancien Palais Royal de La Haye, siège de la XI<sup>e</sup> Assemblée Générale de l'U.R.S.I.

des Radioélectriciens, et enfin les publications dans l'Onde Électrique, illustrent les liaisons étroites qui existent dans notre domaine entre la recherche scientifique de base, et les applications techniques et industrielles.

Les délais qui s'écoulent entre un travail effectué au laboratoire de recherches purement scientifiques, et l'intervention de ses conséquences dans les applications pratiques, se raccourcissent régulièrement, de sorte qu'à l'heure actuelle, et ceci est particulièrement vrai dans la radioélectricité, les mêmes hommes peuvent assister dans un intervalle de quelques années à la publication d'un rapport sur une

recherche de base, et à la construction en grande série d'équipements utilisant les observations ou découvertes ainsi faites peu d'années auparavant.

C'est pourquoi les liaisons entre les savants, les ingénieurs et les techniciens, deviennent à la fois plus indispensables et plus subtiles ; le temps laissé à la réflexion pour prévoir les conséquences de telle ou telle découverte se raccourcit et, dans les luttes qui sont engendrées par la concurrence industrielle, par les rivalités entre industries nationales, ou par la construction des grands potentiels militaires, l'avantage revient à ceux qui, à la fois, savent susciter les recherches fondamentales et comprendre le plus vite et avec le plus d'exactitudes quelles seront peu d'années après les conséquences de leurs résultats.

Le rôle de l'électronique dans le monde moderne, actuellement de mieux en mieux compris par le public sous l'influence des informations d'ailleurs amplifiées parfois jusqu'à l'exagération par la grande presse, impose encore davantage aux radioélectriciens de tenir à jour leurs informations, de mesurer et de peser leur effort de tous les jours.

Des travaux tels que ceux effectués dans les assemblées générales de l'U.R.S.I., suivis des conférences et des publications telles qu'organisées par la Société des Radioélectriciens en France, illustrent parfaitement la coopération étroite qui existe actuellement dans l'ensemble du domaine radioélectrique entre tous les éléments de la chaîne qui s'étend depuis la recherche la plus abstraite jusqu'à l'exploitation la plus pratique.

Souhaitons que ce bel exemple de travail en équipe se maintienne sans détérioration et reste présent sous les yeux des jeunes chercheurs et des jeunes ingénieurs qui chaque année en si grand nombre viennent grossir les rangs des radioélectriciens.

La qualité de la contribution française à la recherche radioélectrique internationale a une fois de plus été mise en évidence à l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I. par les votes qui ont abouti à la constitution du Bureau de l'Union.

Tout d'abord le Révérend Père LAZAV, membre de l'Institut, a été réélu Président de l'Union Radio-Scientifique Internationale, et nous devons tous remercier nos collègues des autres nations qui, par ce vote, ont à la fois reconnu l'éminente personnalité de notre Président, et à travers lui la qualité de l'ensemble des travaux français.

En ce qui concerne la présidence des diverses commissions, c'est avec une très grande joie que nous avons enregistré l'élection de Monsieur DECAUX à la présidence de la Commission 1 « Mesures radio-électriques », poste où il succède au Dr SMITHSON.

L'importance des mesures radioélectriques fondamentales est encore plus grande dans ce domaine de la physique que dans bien d'autres champs de recherche. En effet, si les travaux de la métrologie fondamentale sont indispensables à tous les radioélectriciens pour la conduite de leurs expériences,

la radioélectricité est devenue l'un des instruments de métrologie que toutes les autres disciplines scientifiques utilisent de plus en plus fréquemment.

Est-il besoin de souligner que de toutes les grandeurs fondamentales le temps, et par conséquent la fréquence, est celle qui à l'heure actuelle est définie et mesurée avec la plus grande précision et la plus grande facilité. La possibilité de rendre accessible dans tous laboratoires un étalon de temps exact et



FIG. 2. — Ridderzaal, La Haye, où s'est tenue la séance solennelle d'ouverture.

mesurable aisément avec une précision meilleure que le millionième, transmis par un simple fil téléphonique, ou reçu par un récepteur radioélectrique, a de très grandes conséquences dans toutes les branches de la physique.

Il n'est pas de domaine des connaissances scientifiques qui à l'heure actuelle ne bénéficie journellement des très grandes facilités résultant des travaux des grands laboratoires nationaux chargés de la distribution des fréquences étalon.

L'élection de Monsieur DECAUX à la présidence de la Commission 1 de l'U.R.S.I. illustre la haute qualité des travaux effectués en France au Laboratoire National de Radioélectricité, en liaison étroite avec l'Observatoire de Paris et le Bureau International de l'Heure.

C'est tout un article qu'il faudrait écrire pour faire connaître les travaux de M. DECAUX dans ce domaine, exposer à la fois la nature des recherches qu'il poursuit depuis tant d'années, et les conséquences de leurs résultats. Nous présentons ici à M. Bernard DECAUX les amicales félicitations de tous ses collègues pour une élection qui, elle aussi, a été motivée autant par les qualités personnelles

du nouveau Président de la Commission I, que par la renommée de ses travaux scientifiques.

Faut-il rappeler que depuis 7 années M. DECAUX a bien voulu se charger du Secrétariat Général du Comité National Français de Radioélectricité Scientifique et que, comme il en est dans presque toutes les associations, l'activité de ce Comité est presque



FIG. 3. — Départ de la visite aux polders, Harderwijk.

intégralement confondue avec celle de son Secrétaire général qui, dans ces fonctions, déploie une activité peu connue de la plupart de nos collègues. L'U.R.S.I. ayant pour but principal des échanges d'informations internationales, le nombre et l'ampleur des documents que doivent préparer les Comités qui la composent sont considérables, avec des pointes de grande amplitude aux périodes avoisinant chaque assemblée générale. Nous tenons donc, ici aussi, à remercier M. DECAUX dont l'activité en sa qualité de Secrétaire du Comité National Français a été à La Haye un élément du succès de la contribution française.

Monsieur LAFFINEUR a été réélu Président de la Commission V « Radioastronomie ». Tous nos collègues connaissent les efforts effectués par M. LAFFINEUR pour élever la radioastronomie française au rang de celle des pays qui disposent dans ce domaine de crédits beaucoup plus élevés que les nôtres. Tous nous connaissons aussi les magnifiques exposés par lesquels dans des milieux si variés M. LAFFINEUR a su faire connaître les nouvelles méthodes d'observation du ciel que les radioélectriciens ont créées et les résultats extraordinaires qu'elles ont déjà obtenus.

Nous saluons la réélection de M. LAFFINEUR comme un encouragement à la poursuite des travaux de radioastronomie actuellement en cours en France, en souhaitant qu'elle ne soit pas interprétée comme la preuve que l'ampleur des résultats ne dépend pas en général de celle des moyens mis en œuvre.

Monsieur l'Inspecteur Général PICAULT a été également réélu Président de la Sous-Commission III-B, chargée de l'étude des interactions des ondes dans l'ionosphère.

A l'époque où l'étude de la haute atmosphère est poursuivie avec une très vive activité et des moyens d'une grande puissance tels que notamment le vol de fusées à haute altitude, des informations de grand intérêt sur les propriétés de l'ionosphère peuvent être obtenues par l'étude du phénomène des interactions des ondes, ou effet « Luxembourg ».

Monsieur l'Inspecteur Général PICAULT doit être vivement remercié d'avoir maintenu activement la coopération internationale dans ces recherches si difficiles et qui apportent des informations précieuses et d'un caractère différent et complémentaire de celles des autres méthodes de recherche sur les couches ionisées.

Avant de céder la place aux Présidents des sept commissions techniques qui vont exposer chacun dans leur domaine les grandes lignes des travaux à La Haye, peut-être n'est-il pas inutile de rappeler brièvement le rôle et le mode de fonctionnement d'une assemblée générale de l'Union Radio-Scientifique Internationale.

Ce rôle consiste essentiellement à examiner et à discuter en comité restreint l'aspect le plus récent des problèmes radioélectriques présentant un caractère à la fois scientifique et international. Le caractère restreint des assemblées générales de l'U.R.S.I., par contraste avec celui des Congrès organisés par d'autres associations et dans d'autres buts, est destiné à rendre possibles les échanges de vues et les discussions entre les spécialistes les plus qualifiés des divers pays. Le rôle même de l'Union est donc beaucoup



FIG. 4. — Visite du port d'Amsterdam.

plus de permettre les échanges d'idées et les discussions sur les modes de travail et les résultats entre les physiciens en activité, que celui d'assurer la publication et la diffusion universelle de ces travaux.

C'est en ce sens que se distingue très clairement le rôle de l'U.R.S.I. et de ses différents comités nationaux de celui des sociétés scientifiques et techniques telles que la Société des Radioélectriciens. Les rôles de ces organismes se complètent réciproquement et c'est ainsi que nos deux associations remplissent chacune leur mission respective, l'une en discutant des problèmes actuels dans une réunion

**POUR  
DIRIGER  
CONTROLLER  
SURVEILLER  
COMMANDER**

**SANS FIL**



EXPLOITATIONS  
FORESTIÈRES &  
AGRICOLLES

CHANTIERS  
MINES • USINES

TRANSPORTS  
ROUTIERS  
• TAXIS •

LIAISON  
COTE-NAVIRES  
REMORQUEURS  
SERVICES  
PORTUAIRES &  
FLUVIAUX



SERVICES PUBLICS  
• POLICE •  
• POMPIERS •

DÉFENSE CIVILE  
AMBULANCES  
MÉDECINS

CHEMIN DE FER  
GARES DE TRIAGE  
ENTREPOTS  
• DOUANE •  
LIAISON  
HERTZIENNE  
ETC... ETC...

**D'UN EMPLOI ILLIMITÉ  
LE**

# **MOBILOPHONE**

SIMPLEX ET  
• DUPLEX •

70 - 87,5 ET  
156 - 174 Mc/s



POSTE MOBILE  
COMMANDE  
A DISTANCE

POSTE MOBILE  
MONTAGE SOUS  
TABLEAU DE BORD

POSTE FIXE  
• TRT 296 •



# **TRT**



26, RUE BOYER - PARIS - XX<sup>e</sup> - TÉLÉPHONE : MÉNIL 62-94

comme celle de La Haye, l'autre en ouvrant les colonnes de son bulletin à la publication du résultat de ces discussions.

En outre une autre mission fondamentale de l'U.R.S.I. consiste dans l'organisation des travaux expérimentaux devant être effectués dans divers pays et nécessitant par leur nature une coopération internationale. Cette coopération internationale est indispensable dans de nombreux domaines de la radioélectricité scientifique.

Au cours des dernières années les assemblées générales se sont tenues à intervalle régulier de deux années les dernières ayant siégé à La Haye en 1954, Sydney en 1952, Zurich en 1950, Stockholm en 1948, Paris en 1946. Il a été décidé de porter cet intervalle à trois années pour tenir compte de l'importance croissante des efforts exigés par la préparation des assemblées générales et leur déroulement, et c'est ainsi que la XII<sup>e</sup> Assemblée générale se tiendra en 1957 à Boulder, Colorado (U.S.A.).

La base des travaux de chaque assemblée générale de l'U.R.S.I. est constituée par les rapports généraux qui lui sont adressés par chacun des comités nationaux. Ces comités nationaux dans l'intervalle entre deux assemblées générales, organisent des séances de leurs 7 commissions de travail qui couvrent les mêmes domaines que les 7 commissions de l'U.R.S.I. Il est ainsi possible aux comités nationaux de connaître dans les divers domaines de la radioélectricité scientifique les principaux travaux en cours d'exécution dans le pays, le nom des physiciens qui les dirigent ou qui y participent, et de prévoir les points devant être exposés ou discutés avec intérêt à l'assemblée générale suivante.

Dans les mois précédant chaque assemblée générale, le Comité national est ainsi en mesure d'établir un inventaire des travaux en cours et des publications, ainsi que de connaître des physiciens dont la participation à l'assemblée générale est désirable.

Un rapport général national est alors préparé résumant, pour chacune des 7 commissions techniques, les travaux et les résultats parvenus à la connaissance du Secrétariat, ainsi que la liste bibliographique des publications originales qui ont été faites depuis l'assemblée générale précédente.

La liste de la délégation française à l'assemblée générale peut alors être établie, ainsi que celle des travaux qu'il est suggéré de présenter au programme de la discussion internationale. Les documents ainsi adressés par chaque comité national, et par exemple par le Comité National Français au Secrétariat Général de l'Union à Bruxelles, se composent des éléments suivants :

1<sup>o</sup> Le rapport général national, document d'environ 100 pages,

2<sup>o</sup> La bibliographie des travaux de radioélectricité scientifique originaux publiés depuis l'assemblée générale précédente,

3<sup>o</sup> Le texte d'un petit nombre de travaux récents

déjà publiés ou encore inédits proposés pour discussion à l'assemblée générale.

4<sup>o</sup> La liste des membres de la délégation française dans laquelle il est souhaitable que figurent les auteurs des communications mentionnées ci-dessus.

Les présidents des sept commissions internationales reçoivent alors chacun en ce qui le concerne les documents précédents émanant des 21 comités nationaux. Ils décident alors chacun de porter à l'ordre du jour des discussions internationales un nombre limité de sujets et choisissent parmi les communications qui leur ont été proposées un nombre très limité d'exposés destinés à ouvrir les séances de discussion internationales.

C'est ainsi qu'au cours d'une réunion qui dure de dix à douze jours, et au cours de laquelle chacune des 7 commissions internationales se réunit en cinq à dix séances de 2 heures, des échanges de vues très fructueux peuvent être effectués, accompagnés de la distribution de documents, souvent inédits et fort importants.

De cette méthode de travail résulte l'intérêt scientifique d'une assemblée générale de l'U.R.S.I.

Les sujets portés à l'ordre du jour des réunions sont toujours ceux qui présentent la plus grande actualité. Chaque séance de travail comporte un

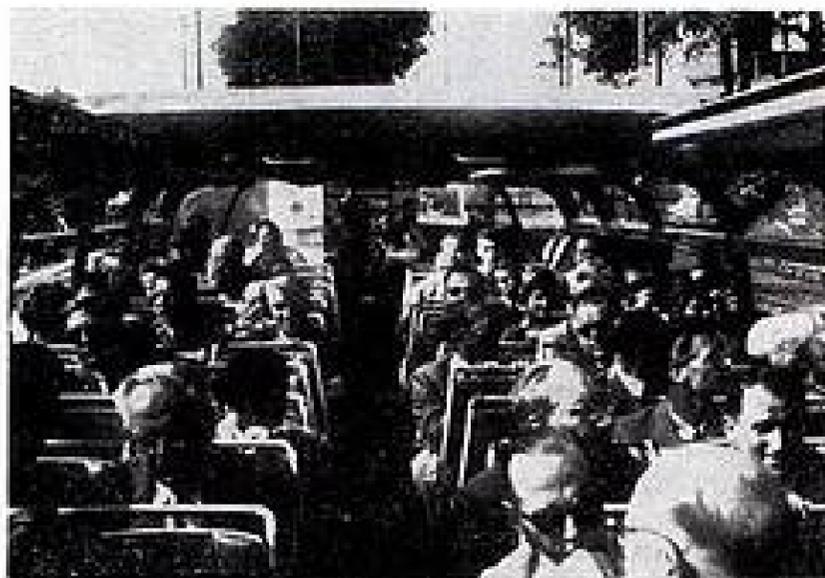


FIG. 5. — Quelques délégués, pendant la visite du port d'Amsterdam.

petit nombre de communications relativement courtes présentées par des savants de grande valeur. Certains de ces exposés constituent de vastes tours d'horizon ou une synthèse des connaissances récemment acquises dans un domaine nouveau, d'autres exposés le détail de certaines recherches et les résultats particuliers auxquels elles ont abouti. Des discussions fort animées suivent ces exposés, et l'une des plus grandes difficultés pour les participants consiste à acquérir une idée claire sur l'ensemble de ce qui est présenté afin de pouvoir en faire bénéficier dans les meilleures conditions les collègues qui ne participent pas aux assemblées générales. C'est précisément ce que se sont efforcés de faire les auteurs qui, dans les pages qui suivent, donnent un compte rendu des travaux des 7 commissions internationales.

A titre d'exemple des résultats fondamentaux dont l'U.R.S.I. a permis une discussion très rapide, rappelons que c'est à l'Assemblée Générale de Stockholm en 1948 que furent présentés les mémoires relatifs à la découverte des transistors ainsi qu'aux théories de physique moderne permettant d'interpréter les propriétés des semi-conducteurs.

Avant de céder la place aux exposés des travaux des sept commissions techniques, je voudrais ici souligner tout particulièrement le rôle joué par le Laboratoire National de Radioélectricité dans la recherche radioscientifique fondamentale en France.

Selon les statuts même qui définissent son rôle et son mode de fonctionnement, les travaux du Laboratoire National de Radioélectricité doivent avoir pour but, d'une part de promouvoir les recherches de base qui échappent normalement à l'activité des laboratoires techniques créés par les administrations utilisatrices de matériel radioélectrique, et par les industries qui construisent ces matériels. D'autre part, il a la responsabilité de la création et du perfectionnement des méthodes de mesure fondamentale, des étalons, et d'une façon générale de la métrologie radioélectrique. C'est au cours des assemblées générales de l'U.R.S.I. qu'il est aisé de se rendre compte à quel point le Laboratoire National de Radioélectricité remplit exactement cette mission. On en peut tout d'abord donner pour preuve les hautes fonctions qui ont été dévolues par l'U.R.S.I. aux savants travaillant dans le cadre du Laboratoire National de Radioélectricité.

rateurs du Laboratoire National de Radioélectricité venant exposer leurs travaux sur la propagation des ondes, les propriétés des atmosphériques, les méthodes de mesure, la mise au point des étalons. Mais c'est au cours des discussions même que l'autorité qui s'attache à l'étranger aux noms des chercheurs de notre Laboratoire National de Radioélectricité se mesure le plus aisément, et il nous est agréable de dire que la participation française aux travaux de l'U.R.S.I. est pour une très large part la participation du Laboratoire National de Radioélectricité.

Si les travaux du Laboratoire National de Radioélectricité, l'une des fondations essentielles du Général FERRÉ, sont entourés du calme nécessaire aux recherches de longue haleine et de la modestie chère à la tradition des chercheurs français, c'est dans les travaux de l'U.R.S.I. et dans l'opinion de nos collègues étrangers qu'il faut chercher l'appréciation de l'œuvre réalisée.

C'est l'un des privilèges du Président du Comité National Français, au cours de son mandat, d'être ainsi à même d'apprécier les efforts de notre propre pays, et en présentant les comptes rendus dans les pages suivantes, je désire adresser mes très vifs remerciements personnels à tous mes collègues du Comité National Français de Radioélectricité Scientifique dont les efforts incessants et désintéressés maintiennent la position française dans un des domaines de la physique moderne les plus passionnants et les plus importants.



FIG. 6. — Sir Ed. Appleton et le Prof. Rydbeck, à la visite du centre émetteur de Kootwijk.

Son Directeur tout d'abord, Monsieur BUREAU, associé depuis tant d'années à la fois au Laboratoire National de Radioélectricité et à l'U.R.S.I. dont il est actuellement Président d'honneur ; le Révérend Père LEJAY, Directeur du Bureau Ionosphérique Français, Président de l'U.R.S.I. ; Monsieur DECAUX, Chef du Service des Fréquences, Président international de la Commission I « Mesures radioélectriques ».

Il suffit de consulter les listes des rapports retenus pour discussion en assemblée générale à l'U.R.S.I. pour retrouver les noms de la plupart des collabo-

Extrait de l'Annuaire des Organisations Scientifiques Internationales  
publié par l'U.N.E.S.C.O.

#### CONSEIL INTERNATIONAL DES UNIONS SCIENTIFIQUES (ICSU)

Adresse : 29, Tavistock Square, London WC1 (Grande-Bretagne).

Secrétaire Général : Prof. A. V. HILL.

BUREAU DE LIAISON : Unesco, 19 avenue Kléber, Paris (16<sup>e</sup>), France.

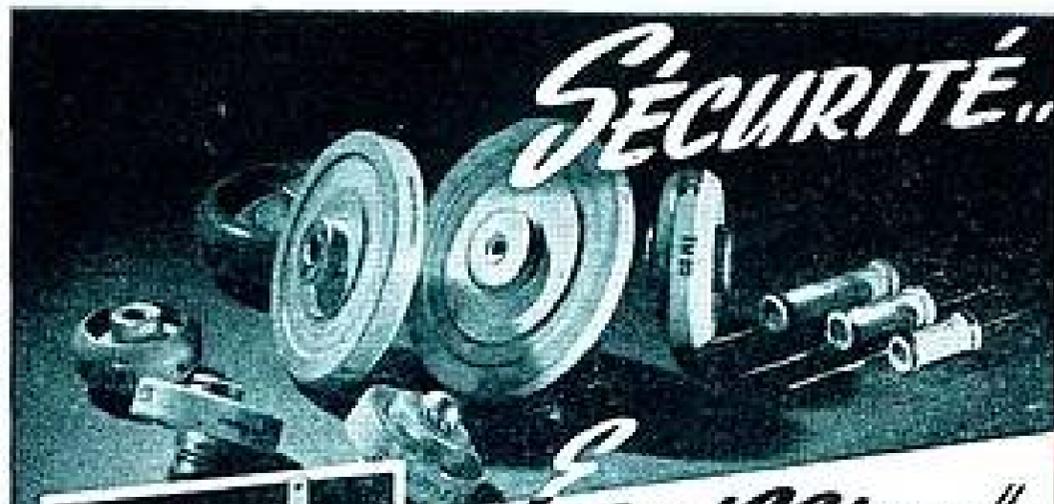
NATURE : Semi-gouvernemental.

BUT : Coordonner les organisations nationales adhérentes, ainsi que les diverses unions internationales ; orienter l'activité scientifique internationale dans les domaines qui ne tombent pas à l'intérieur de ceux des associations internationales existantes ; entrer, à travers les organisations nationales existantes, en relation avec les gouvernements des pays adhérents pour promouvoir les recherches scientifiques dans ces pays.

RELATIONS AVEC LES AUTRES ORGANISATIONS INTERNATIONALES : Un accord officiel de durée illimitée a été conclu en Décembre 1946 entre le Conseil et l'Unesco. Par cet accord l'Unesco reconnaît les Unions scientifiques internationales comme constituant le moyen naturel le mieux approprié pour l'organisation internationale de la science et l'ICSU comme leur organisme de coordination et de représentation ; l'ICSU reconnaît l'Unesco comme l'agence principale des Nations Unies dans le domaine des relations scientifiques internationales et il déclare son acceptation des principes servant de base à l'Unesco. L'accord établit les bases de la liberté des informations scientifiques, de la consultation permanente, de la représentation réciproque, de l'échange des informations et de la documentation, des facilités de voyage pour le personnel scientifique se rendant aux conférences internationales et du support financier de l'Unesco. Dans certains cas l'Unesco peut inviter l'ICSU ou les Unions qui en sont membres à entreprendre des travaux particuliers d'une grande importance scientifique et lui procurer le support financier nécessaire. Un délégué officiel nommé par l'ICSU représente le Conseil au Bureau central de l'Unesco.

# SÉCURITÉ...

# PERFORMANCES...



POUR VOS  
*découplages*



**ASSIETTES DÉCOUPLAGE**

CAP. 1.000 à 5.000 µF  
INTENS. 10 à 50 Amp.  
• 50 mm Ø

## "Emission"

★ ASSIETTES CIRCUITS

COEFFICIENT DE TEMPÉRATURE TRÈS FAIBLEMENT NÉGATIF  
CAPACITÉ : 10 à 100 µF  
• 5 à 25 KVAR  
• 5 à 20 AMPÈRES  
• 3.000 VOLTS-SERVICE  
DIAMÈTRES : 20 à 55 mm.

★ TUBULAIRES *petite Emission*

CAPACITÉ : 10 à 100 µF  
• 1 KVAR - 1,5 A



**PLATS** CAP. 200 à 1.200 µF  
INTENSITÉ 15 à 30 AMPÈRES  
• 4 à 15 KVAR



**TUBES** CAP. 1.000 à 2.000 µF  
• 30 KVAR - 30 AMPÈRES  
3.000 VOLTS-SERVICE  
DIN. MAX. 85 x 120 mm.

LES CONDENSATEURS CÉRAMIQUES L.C.C.

ÉQUIPE LES MATÉRIELS LES PLUS MODERNES : ÉMETTEURS RADIO-DIFFUSION ET TV - ÉMETTEURS DE TRANSMISSION RADIOÉLECTRIQUE - GÉNÉRATEURS HAUTE FRÉQUENCE INDUSTRIELLE - MATÉRIELS MILITAIRES - AIR - TERRE - MER - ETC...



**T.H.T.**

POUR FILTRAGE TRÈS HAUTE TENSION  
CAP. 100 µF  
20 KV.C.C. SERV.  
D - 35 mm Ø - 15 mm.

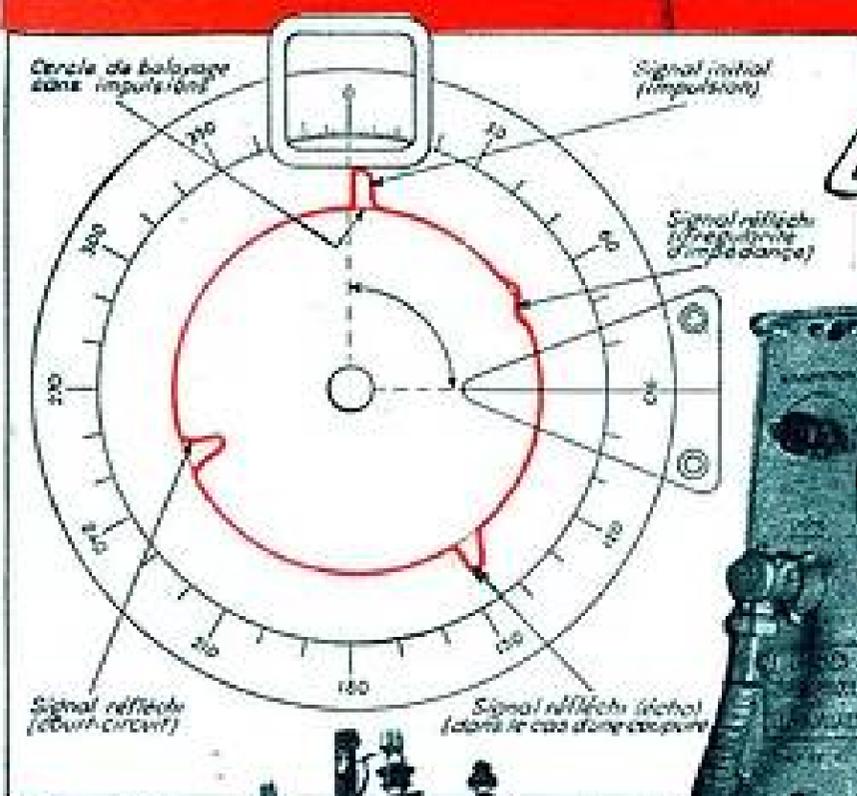
## LE CONDENSATEUR

# LCC

## CÉRAMIQUE L.C.C.

SERVICES COMMERCIAUX : 22, RUE DU GÉNÉRAL FOY, PARIS 8<sup>e</sup> - TEL. LABORDE 38-00

AERVOX CORP. • PRECISION CERAMICS INC. • U.S.A. • MICROFARAD • MILAN • HUNT • LELAND INST. LTD. • LONDRES • OUCON CONDENSER LTD. • AUSTRALIE • FERROPERM • DANEMARK



# Localisateur DE Défauts

PAR IMPULSIONS

• DIAGRAMME DÉVELOPPÉ PAR BALAYAGE CIRCULAIRE



★ LIGNES AÉRIENNES ÉNERGIE ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

★ CABLES SOUTERRAINS ÉNERGIE ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

★ CABLES SOUS-MARINS



LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

89, RUE DE LA FAISANDERIE - PARIS-16<sup>e</sup> - TÉLÉPHONE : TRO. 12-71 - 12-85

# MESURES ET ÉTALONS RADIOÉLECTRIQUES

(Commission I)

PAR

P. ABADIE

*Ingénieur en Chef au Laboratoire National de Radioélectricité*

La Commission I a tenu trois séances de travail à La Haye sous la présidence du D<sup>r</sup> R.L. SMITH-ROSE. Elle a examiné plus particulièrement les questions suivantes : étalons de fréquence, vitesse des ondes électromagnétiques, émissions de fréquences étalons et de signaux horaires, mesures de puissance aux ondes centimétriques.

## Étalons de fréquence

Dans les grands laboratoires nationaux, l'étalon primaire reste l'oscillateur à quartz, fonctionnant en général à 100 kc/s, et donnant une précision supérieure à  $1.10^{-9}$ . Dans l'extension vers les fréquences les plus élevées (jusqu'à 75 000 Mc/s), la précision diminue par suite du bruit, et de la modulation de phase et de fréquence produite par la multiplication de fréquence ( $1.10^{-8}$  à 300 Mc/s,  $1.10^{-7}$  à 24 000 Mc/s et  $1.10^{-6}$  à 54.000 Mc/s).

Pour les mesures des longueurs d'onde centimétriques et millimétriques, on utilise les méthodes interférométriques (dispositifs dérivés des interféromètres MICHELSON et FABRY-PEROT), la précision étant de l'ordre de  $1.10^{-4}$  pour les ondes millimétriques.

Aux Etats-Unis on a réalisé un étalon de fréquence à jet atomique qui a une précision de  $5.10^{-10}$  et qu'on espère porter avec l'équipement actuel à  $1.10^{-10}$ . La précision que l'on pense atteindre avec des dispositifs plus perfectionnés est de  $10^{-11}$  ou  $10^{-12}$ . L'appareil réalisé utilise du césium et fonctionne sur une fréquence de base d'environ 9 987 Mc/s. En vue de faire des comparaisons, il a été construit un autre appareil utilisant du potassium sur une fréquence de base de 480 Mc/s. Quelques détails sur ces appareils ont été donnés par un délégué américain, mais ils étaient trop sommaires pour ceux qui n'étaient pas déjà un peu au courant de la question.

## Vitesse des ondes électromagnétiques

A la dixième Assemblée Générale de l'U.R.S.I. tenue à Sydney en 1952, la Commission I avait recommandé d'adopter pour tout travail scientifique la valeur

$$299\,792 \pm 2 \text{ km/s}$$

comme vitesse des ondes électromagnétiques dans le vide. Cette valeur était la moyenne arithmétique de valeurs obtenues par les mesures les plus récentes, optiques et électromagnétiques. Depuis cette date, le D<sup>r</sup> FROOME en Grande Bretagne a trouvé 299 793,0 par une méthode interférométrique et des mesures menées en commun par le National Physical Laboratory et l'Ordnance Survey Service, par la méthode optique de Bergstrand, ont donné 299 790.

D'autre part, des mesures aux micro-ondes faites aux Etats-Unis par une méthode interférométrique ont fourni les valeurs 299 789,4 et 299 792,5 (précision non mentionnée). Des mesures faites par M. FLORMAN du National Bureau of Standards sur un long trajet en espace libre d'ondes de fréquence 172,8 Mc/s ont donné  $299\,795,1 \pm 3 \text{ km/s}$ .

Enfin, au Canada, a été obtenue une valeur très voisine de la valeur proposée plus haut lors de mesures effectuées avec un dispositif Shoran dans la mer de Baffin.

Les résultats expérimentaux les plus récents ne semblant donc pas être en contradiction avec la résolution prise à Sydney, cette dernière a donc été purement et simplement reconduite.

## Emissions de fréquences étalons et de signaux horaires

A la demande du Président, M. DECAUX, Rapporteur principal de la Commission VII du C.C.I.R.,

a exposé ses vues sur la contribution que peut apporter l'U.R.S.I. au C.C.I.R. dans ce domaine. Il a donné les caractéristiques principales des stations de fréquences étalons et de signaux horaires et indiqué les modifications qui ont été proposées par le C.C.I.R. pour la forme des émissions, en l'illustrant à l'aide d'oscillogrammes.

Par suite de l'effet Doppler, les mesures de fréquence de haute précision s'effectuent en réalité au moyen des signaux horaires. Il en résulte une tendance assez nette à accorder une importance croissante à la partie « signaux horaires » de ces émissions par rapport à la partie « fréquences étalons » proprement dite. Aussi à l'avenir, il y aura au moins, dans chaque heure une tranche de 5 minutes pendant lesquelles les signaux horaires seront transmis seuls ; en contre-partie les intervalles de temps pendant lesquels seront transmises les modulations audibles ne seront pas inférieures à 4 minutes. Des dispositions seront prises pour faciliter l'identification des signaux horaires lors de la réception simultanée de plusieurs émissions. Pour mieux repérer la minute ronde, habituellement signalée par l'absence du 59<sup>e</sup> signal, on allongera le signal de la seconde 0. Pour la constitution des signaux, ont été encore envisagées : la suppression de la modulation audible pendant chaque impulsion horaire (WWV, 20 ms), la constitution du signal par une brève coupure de l'émission (JJY, 20 ms ; 200 ms à la minute ronde).

Après avoir signalé le projet d'allongement des signaux de Rugby MSF, le Président a demandé aux membres de la Commission leur opinion sur les modifications effectuées ou proposées dans la forme des émissions, qui viennent d'être rappelées. Cette opinion a été unanimement favorable. Les délégués ont été alors priés de bien vouloir recueillir tous renseignements utiles sur l'utilisation de ces émissions et de les transmettre à M. DECAUX.

Il a été signalé d'autre part que, pour des études de propagation faites en Hollande, la réception de Washington WWV était gênée par celle de Rugby MSF. Le Président, en reconnaissant que des difficultés du même ordre avaient été rencontrées en Angleterre, a fait remarquer que ces études ne sont qu'un but accessoire des émissions en question, but qui n'est pas très bien atteint par Washington WWV dans le nord de l'Europe. Au sujet des interférences entre les diverses émissions de fréquences étalon, on a rappelé la résolution votée à l'Assemblée de Zurich (1950) relative à un programme horaire. Cette préoccupation d'un partage des programmes dans le temps figure dans le Programme d'Etudes N° 68 du C.C.I.R.

Quant au but principal constitué par les signaux horaires et les fréquences étalons, bien que les brouillages mutuels augmentent les difficultés d'identification des signaux, l'expérience a montré que des mesures de haute précision peuvent être faites, en dépit de la présence de plusieurs signaux, par l'emploi convenable d'un oscillographe cathodique.

Enfin, après avoir entendu qu'au Canada, des

émissions de fréquences étalonnées et de signaux horaires sur une fréquence de 100 Mc/s s'étaient montrées utiles pour des applications locales à courte distance, la Commission a adopté la résolution n° 3.

#### Mesures de puissances aux hyperfréquences

Un autre sujet important examiné à La Haye a été les mesures de puissance dans les bandes de 3 et 10 cm. Cette question a été étudiée principalement en Angleterre et aux Etats-Unis.

En Angleterre, a été réalisé un équipement portatif particulièrement adapté aux comparaisons internationales d'étalons de mesures de puissance. Dans la bande de 1 000 Mc/s, on utilise un dispositif à deux thermistors montés dans une ligne coaxiale ; le couplage au guide rectangulaire est effectué par un transformateur ligne coaxiale-guide à large bande. A 10 000 Mc/s, le dispositif ne comporte qu'un thermistor monté dans un guide rectangulaire. A chacun de ces dispositifs est associé un pont permettant la mesure de puissances de 0,5 à 1 milliwatt. L'étalonnage a été effectué à partir de calorimètres à eau. Pour des mesures courantes, on opère par substitution avec courant alternatif à fréquence industrielle.

Les appareils précédents ont été aussi comparés à un wattmètre à pression de radiation ; ce dernier est basé sur l'action exercée sur une vanne métallique suspendue par un fil de quartz à l'intérieur d'un guide parcouru par le champ électromagnétique. Cet appareil est donc un étalon absolu. La concordance des résultats donnés par le wattmètre à couple et les dispositifs à thermistor est meilleure que 1,7 %. On considère en définitive, que des puissances de l'ordre du milliwatt peuvent être mesurées avec une erreur inférieure à 2 %.

Aux Etats-Unis, le National Bureau of Standards a actuellement un service d'étalonnages de puissance jusqu'à 35 000 Mc/s. Des montages bolométriques sont utilisés comme étalons secondaires portatifs ; quand la longueur du fil chauffé devient une fraction appréciable de la longueur d'onde, les résultats obtenus avec un refroidissement par air sont plus précis qu'avec le fil placé dans une enceinte vidée. Avec un fil n'atteignant pas  $\lambda/8$ , l'erreur de substitution est inférieure à 2 %. Les étalonnages peuvent être faits par comparaison avec des calorimètres à eau. D'après un délégué américain, le D<sup>r</sup> LYONS de la Section Etalons pour micro-ondes du N.B.S. ne pense pas que la précision que l'on puisse obtenir soit nettement supérieure à 5 %.

Après ces généralités, des délégués ont rapidement commenté un travail théorique américain sur les mesures de puissance à l'aide de bolomètres, un document sur les précautions à prendre dans l'utilisation des bolomètres pour la mesure de puissances discontinues (impulsives). Un délégué hollandais a aussi donné quelques indications sur un calorimètre à puissance relativement faible (permettant des mesures de 20 mW avec une précision de 10 %).

Enfin, le Président a rappelé la résolution adoptée à Zurich en 1950, reconduite à Sydney en 1952, relative aux comparaisons des appareils étalons réalisés dans les divers laboratoires nationaux. Il a insisté en particulier auprès de la Commission I des États-Unis pour réaliser la comparaison de l'étalon du National Bureau of Standards avec l'étalon anglais.

Et on n'a pu mieux faire que de reconduire encore une fois la résolution précédente (Résolution n° 2).

#### Questions diverses.

D'autres questions ont été effleurées, notamment les mesures de champ (rappel du Programme d'Études du C.C.I.R.), les mesures de bruit (développement des tubes à gaz comme générateurs de bruit dans la gamme des hyperfréquences), les mesures d'impédance sans mise en évidence de réalisations remarquables.

#### Résolutions de la Commission I.

1. La résolution suivante qui a été adoptée par le X<sup>e</sup> Assemblée Générale, est confirmée ci-dessous :

De ce qu'il résulte des recherches faites au cours de ces dernières années à l'aide de différentes méthodes, on recommande que la valeur suivante de la vitesse des ondes électromagnétiques dans le vide soit adoptée pour tout travail scientifique :

$$299\,792 \pm 2 \text{ km/s}$$

2. En confirmation de la résolution prise par des Assemblées Générales antérieures, il est demandé que tous les laboratoires nationaux susceptibles de présenter un étalon de mesure de puissance pour des fréquences situées dans le voisinage de (1) 3 000 Mc/s et (2) 10 000 Mc/s pour le comparer aux appareils étalons réalisés en Grande-Bretagne et aux États-Unis d'Amérique, se mettent en rapport avec le Dr R. L. SMITH-ROSE, Director, Radio Research Station, Ditton Park, Slough, Bucks (England).

3. Pour aider le C.C.I.R. à répondre à la question N° 87 qui concerne l'établissement et l'exploitation d'un service mondial de fréquence et de temps étalon, il est recommandé aux membres de l'U.R.S.I. d'effectuer des observations sur la zone d'action et sur celles d'interférence mutuelle des émissions de fréquence étalon, ainsi que sur le type de modulation utilisé par les stations actuellement en service.

Les observations devraient être faites conformément au Programme d'Études n° 68 du C.C.I.R., et les résultats devraient être communiqués le plus rapidement possible au Président de la Commission I de l'U.R.S.I.

Des renseignements détaillés sur six stations sont donnés dans l'Avis n° 122 du C.C.I.R. Une station expérimentale supplémentaire fournissant un service restreint fonctionne actuellement à Uccle (Belgique).

# NEW LONDON INSTRUMENT Company INC. U.S.A.

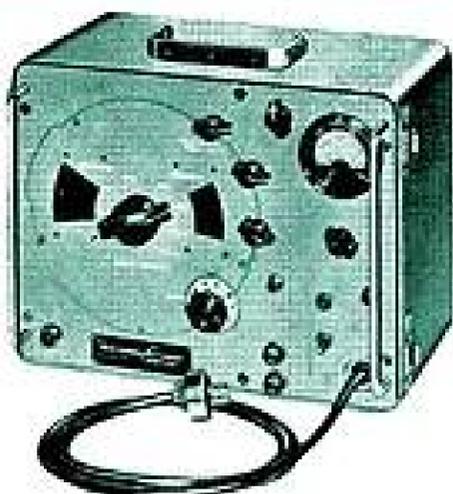
ÉQUIPEMENTS DE MESURES ÉLECTRONIQUES  
DE PRÉCISION

Ag. Publières-Domenach



### ANALYSEUR DE PENTE TYPE 901

Gammes 100, 500, 1 000, 5 000, 10 000 et 50 000 micromhos.  
Précision des mesures  $\pm 5\%$ .  
Chauffage 0 à 125 V  $\Delta_0$  ou 0,3 V  $\Delta_0$ .  
Anode 0-200  $\mu$ A, 20 mA, 200 mA / 300 V.  
Ecran 0-500  $\mu$ A, 5 mA, 50 mA / 300 V.  
Grille et Supres. 100-0-100  $\mu$ A.  
1-0-1 et 10-0-10 mA, 0+3, 15 et 150 V.  
Commande 0,01, 0,05 et 0,1 V  $\Delta_0$ .



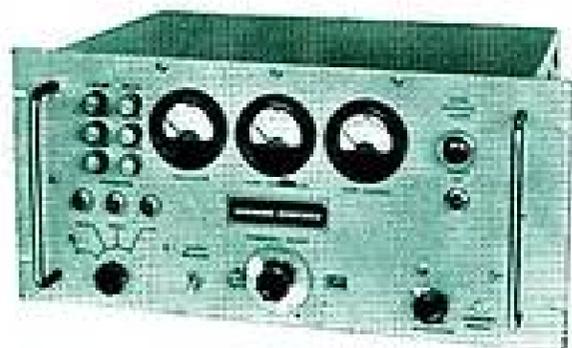
### GÉNÉRATEUR AM TYPE 162

9 gammes 10 Kc à 50 Mc.  
Sortie 0,1 V à 0,1  $\mu$ V / 50 ohms  
ou 1 V / 500 ohms sur toute la  $Z$ .  
Modulation AM Int. ou Ext.  
Scintillation :  $\leq 50$  p.  
Atténuateur en H. Var. contin.  
Quartz étalon Points repérés.  
Distorsion  $< 7\%$  avec mod. 50%.  
Cadran de précision. Ecran.



### GÉNÉRATEUR TYPE 183 SIGNAUX CARRÉS 10 c. à 1 Mc.

Sortie : H. Imp. 100 V / 1 000 ohms.  
Basse Imp. 10 V / 100 ohms.  
Montée : 0,05  $\mu$ S en haute Imp.  
0,02  $\mu$ S en basse Imp.  
Atten. par bandes 0,20, 40, 60 db  
progressif 20 db.  
Synchro. entrée 3 V. Sortie 5 V.  
Forme indépend. de l'Atténuateur.



### ÉTALON DE FRÉQUENCE TYPE 701

Fréquence fondamentale 1 Mc.  
Echelle de fréq. 1<sup>re</sup> par 10 Kc.  
100 Kc ou 1 Mc de 10 Kc à 50 Mc.  
2<sup>e</sup> Sortie sinus. 100 Kc-30 V / 50  $\Omega$ .  
Tension de sortie  $> 200$   $\mu$ V / 50  $\Omega$   
à 20 Mc  $> 10$   $\mu$ V / 50 ohms à 50 Mc.  
Stabilité  $10^{-7}$  système spéc. en  
fonction de la température.  
Fréq. fond. ajustable à 1 Mc  $\pm 10$  c.



### GÉNÉRATEUR UHF & TV TYPE 130A

Balayage en fréq. 450 à 900 Mc.  
Sortie : haute 0,25 à 1 V / 75 ohms  
basse approx. - 20 db.  
Stabilité  $< 0,1$  db/Mc de balay.  
Bande de balayage 0 à  $> 40$  Mc.  
Balayage 60 Htz sinusoïdal.  
Sortie synchro. pour plaque dir.  
Retour effaçable portant une base  
de référence à niveau.



### GÉNÉRATEUR FM TYPE 100 C

Gamme 27 à 230 Mc, une seule g.  
Sorties 0,1 V à 0,1  $\mu$ V / 25 ohms  
0,02 V à 0,02  $\mu$ V / 9 ohms,  
en direct impéd. 50 ohms.  
Excur. en fréq. 2 sous gammes  
0 à 30 Kc. & 0 à 250 Kc.  
à 1 Kc.  $< \pm 5\%$ .  
Atténuateur à piston  $\pm 10\%$ .  
Distorsion  $< 2\%$  à 250 Kc à 1 Kc.  
Cadran différentiel  $\pm 100$  Kc.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE  
SOCIÉTÉ ANONYME CAPITAL 10.000.000 FR.



LIAISON FRANCE-AMÉRIQUE  
ADR. TÉL. SILFAMERFRA

2, BOULEVARD PÉREIRE - PARIS 17<sup>e</sup> - TÉL. : CARNOT 33-67

# RADIOÉLECTRICITÉ ET TROPOSPHÈRE

(Commission II)

PAR

J. VOGÉ

*Ingénieur des Télécommunications*

La Commission II de l'U.R.S.I. (Radioélectricité et Troposphère) a tenu à La Haye sept réunions de travail sous la Présidence du Professeur Chas. R. Bunnows (Etats-Unis). Ces réunions ont été consacrées à la discussion d'un certain nombre de sujets présentés par des personnalités particulièrement compétentes. Six résolutions ont été adoptées, dont on trouvera le texte en Annexe. Deux rapports spéciaux consacrés l'un à la propagation en visibilité directe, l'autre à la propagation au-delà de l'horizon seront publiés d'ici quelques mois. Enfin, l'Assemblée Générale a ratifié la désignation du Dr R.L. SMITH-ROSE (Grande-Bretagne) pour succéder au Professeur Bunnows, comme Président de la Commission II. Le Professeur H.G. BOOKER (Etats-Unis) en est le Vice-Président.

On pourra trouver dans le Recueil des Travaux de l'Assemblée Générale de La Haye, qui sera publié par le Secrétariat Général de l'U.R.S.I. (Volume X), un compte-rendu des séances de travail. Nous nous contenterons de donner un aperçu des principaux sujets abordés, qui fera l'objet de la seconde partie de cet article. La première partie sera consacrée à un exposé un peu plus détaillé des bases et résultats les plus importants des théories de propagation à grande distance au-delà de l'horizon par diffusion turbulente — troposphérique et ionosphérique. C'est en effet l'un des points qui a été le plus développé tant à La Haye que dans les réunions précédentes de l'U.R.S.I. de Zurich (1950) et Sydney (1952).

## PREMIÈRE PARTIE

### THÉORIES DE PROPAGATION A GRANDE DISTANCE PAR DIFFUSION TURBULENTE DANS L'ATMOSPHÈRE

Nous traiterons ici essentiellement de la propagation permanente (par opposition aux propagations anormales ou exceptionnelles) des ondes métriques, décimétriques et centimétriques, à des distances de plusieurs centaines de kilomètres (jusqu'à 600 ou 700 km). Nous avons résumé, il y a un an,

les résultats expérimentaux [1], qui laissent prévoir pour l'avenir des liaisons multiplex radio-téléphoniques à grande distance. Nous nous limiterons cette fois à la théorie et même à une seule des théories en présence pour expliquer ces propagations (\*) : celle qui est le plus généralement admise et a fait l'objet des études les plus poussées, en particulier de la part de BOOKER, GORDON, MEGAW, NORTON et d'autres. Ces théoriciens supposent qu'une partie du rayonnement émis est diffusé vers le récepteur, par la région de la basse atmosphère qui est en visibilité directe à la fois de l'émetteur et du récepteur, ou plus précisément par des petites hétérogénéités locales de la constante diélectrique de l'air  $\epsilon$ , qui sont liées à la turbulence atmosphérique, à quelques kilomètres en altitude.

La même théorie a été appliquée à l'ionosphère, ou, pour être exact, à une zone de turbulence ionosphérique existant à la base de la couche E, à une altitude de 80 à 90 km, pour expliquer des propagations également permanentes observées en ondes métriques (entre 3 et 10 m de longueur d'onde environ) sur des distances de 1 000 à 2 000 km. Nous traiterons à la fois de la diffusion troposphérique et de la diffusion ionosphérique.

#### I. — Turbulence atmosphérique.

L'atmosphère, comme un grand nombre de fluides en mouvement dans la nature, est le siège d'un état turbulent permanent, c'est-à-dire de mouvements tourbillonnaires aléatoires, dont le vent représente une sorte de valeur moyenne. D'où vient l'énergie qui donne naissance à ces tourbillons ? A grande échelle, sans doute, des radiations solaires ou de la circulation énergétique qui se produit des régions équatoriales vers les régions polaires, un peu, selon une image de MEGAW, comme d'une chaudière vers un condenseur. Mais les influences locales, telles que le brassage de masses d'air par convection, lié à leur instabilité thermique et, au voisinage du sol, l'effet du

(\*) Nous donnerons, dans la seconde partie, un résumé des théories qui ne font pas appel à la turbulence atmosphérique.

relief sur le déplacement des basses couches, semblent prépondérantes.

La turbulence donne naissance à des fluctuations dans le temps et l'espace de toutes les caractéristiques de l'atmosphère et en particulier de celle qui nous intéresse au point de vue radioélectrique :  $\epsilon$ . Une théorie de la turbulence n'a pu être édiflée qu'en supposant cette turbulence homogène, isotrope et stationnaire, c'est-à-dire que ses propriétés statistiques ne dépendaient ni de la position dans l'espace, ni de la direction, ni du temps. Pour l'atmosphère ce n'est qu'une assez grossière approximation, car il intervient de nombreux phénomènes météorologiques locaux, et nous allons voir par exemple qu'il y a un effet d'altitude.

Les données statistiques qui sont nécessaires à l'édition des théories de propagation sont : le rapport  $\left| \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon} \right|$  de la valeur quadratique moyenne des fluctuations de  $\epsilon$  en un point à la valeur moyenne de  $\epsilon$ , égale sensiblement à celle du vide  $\epsilon_0$ , et la loi de corrélation :

$$\rho(r) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} \frac{\Delta \epsilon_i \Delta \epsilon_j}{|\Delta \epsilon|^2} dt \quad (1)$$

entre les fluctuations de  $\epsilon$  au cours du temps  $t$ , en deux points  $M_i$  et  $M_j$  séparés par une distance  $r$ . On utilise fréquemment la notion d'échelle moyenne de turbulence :

$$l = \int_0^{\infty} \rho(r) dr \quad (2)$$

Les théories statistiques récentes ont montré qu'on avait souvent intérêt à considérer, au lieu d'une fonction de corrélation, sa transformée de FOURIER

$$F(k) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \rho(r) \cos kr dr \quad (3)$$

et que cette fonction représentait la densité énergétique spectrale — il s'agit ici du spectre de répartition spatiale — du phénomène étudié. Cela revient, schématiquement à classer suivant leurs dimensions les tourbillons par lesquels se manifeste la turbulence, l'énergie des tourbillons de dimensions voisines de  $\Lambda = \frac{2\pi}{k}$  ( $\Lambda$  étant la période spatiale) étant caractérisée par la densité  $F(k)$ .

Restent à déterminer  $\left| \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon} \right|$  et  $\rho(r)$  ou  $F(k)$ .

#### a) COMMENÇONS PAR LA BASSE ATMOSPHÈRE.

On a pu mesurer directement aux États-Unis les fluctuations de  $\epsilon$  entre le sol et 4 000 m d'altitude environ, à l'aide d'un appareil nommé *réfractomètre*, qui mesure les fluctuations de la fréquence de résonance d'une cavité centimétrique traversée par l'air que l'on veut étudier [2] On trouve que  $\left| \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_0} \right|^2$  est

compris entre 0,4 et  $6,4 \times 10^{-12}$  et, en moyenne, décroît avec l'altitude. La confrontation des théories de propagation que nous allons étudier, et de l'expérience, semble montrer que la décroissance se poursuit au-dessus de 4 000 m. Deux lois approximatives de décroissance avec l'altitude ont été envisagées (figure 1) : une loi exponentielle (comme cela est à peu près vrai pour la pression et l'humidité) par NORTON [3] — et, à La Haye, une loi en raison inverse du carré de l'altitude [2] par GORDON (\*). Le réfractomètre n'est pas assez fin pour déterminer la fonction  $\rho(r)$ , mais permet d'évaluer l'échelle  $l$ , qui paraît être à peu près indépendante de l'altitude, de l'ordre de 50 à 100 m.

Pour obtenir  $\rho(r)$  ou  $F(k)$ , on n'a pu faire mieux jusqu'ici que de partir des théories hydrodynamiques de la turbulence. Celles-ci donnent la distribution statistique des vitesses des particules d'air, dont il faudrait déduire par les lois de la thermodynamique les fluctuations de pression, température et humidité, et, de là, celles de  $\epsilon$  par la relation classique :

$$\frac{\epsilon}{\epsilon_0} - 1 = 1,55 \times 10^{-4} \frac{p}{T} + 0,74 \frac{p'}{T^2} \quad (4)$$

( $p$  et  $p'$  pression de l'air et pression partielle de vapeur d'eau en millibars,  $T$  température en degrés absolus).

L'étude de cette formule et des données connues sur les fluctuations de  $p$ ,  $p'$  et  $T$  montre que les fluctuations de  $\epsilon$  sont dues pour une très faible part aux fluctuations de  $p$ , pour une part beaucoup plus importante à celle de  $T$ , et, en général, pour la part prépondérante à celles de l'humidité.

En 1950, BOOKER et GORDON [4] sont partis d'une théorie déjà ancienne de la turbulence qui les a conduit à la loi de corrélation :

$$\rho(r) = e^{-r/l} \quad (5)$$

entre les vitesses de turbulence des particules d'air. Ils ont admis que cette loi était valable aussi pour les fluctuations de  $\epsilon$ . La fonction  $F(k)$  correspondante est :

$$F(k) = \frac{2}{\pi} l \frac{1}{1 + k^2 l^2} \quad (6)$$

Pour  $kl$  supérieur à quelques unités,  $F(k)$  varie comme  $k^{-2}$ , et est représenté, en échelle bilogarithmique, par une droite de pente  $-2$  (fig. 2).

Mais déjà en 1950 existait une théorie de la turbulence plus récente et physiquement plus correcte, due aux travaux de KOLMOGOROFF, HEISENBERG, BATCHELOR et, en France, BASS et KAMPE DE FERRET. Cette théorie conduit à un spectre de turbulence, pour les vitesses de turbulence, de la forme (\*\*):

$$F(k) \sim (kl)^{-5/3} \left[ 1 + \left( \frac{ka_s}{\pi} \right)^4 \right]^{-4/3} \quad (7)$$

(\*) Cette dernière loi n'est valable qu'à partir de quelques centaines de mètres.

(\*\*) En réalité cette expression n'est valable que pour un certain intervalle de valeurs de  $k$  ( $kl$  supérieur à quelques unités et  $k$  pas trop supérieur à  $k_s$ ). Pour  $kl \ll 1$  et  $k \gg k_s$ , la densité  $F(k)$  doit s'annuler, pour de raisons physiques.



# TRANSYNS

TÉLÉINDICATIONS  
ASSERVISSEMENTS  
CALCULATEURS

Synchros normalisés Taille 23 et 31  
Matériel répondant aux normes  
U. S. A. MIL S. 16.892

RESOLVERS — PHASEMÈTRES  
MOTEURS DIPHASÉS A FAIBLE INERTIE  
ALTERNATEURS TACHYMÉTRIQUES  
TRANSFORMATEURS  
POTENTIOMÉTRIQUES  
DE HAUTE PRÉCISION, ETC..

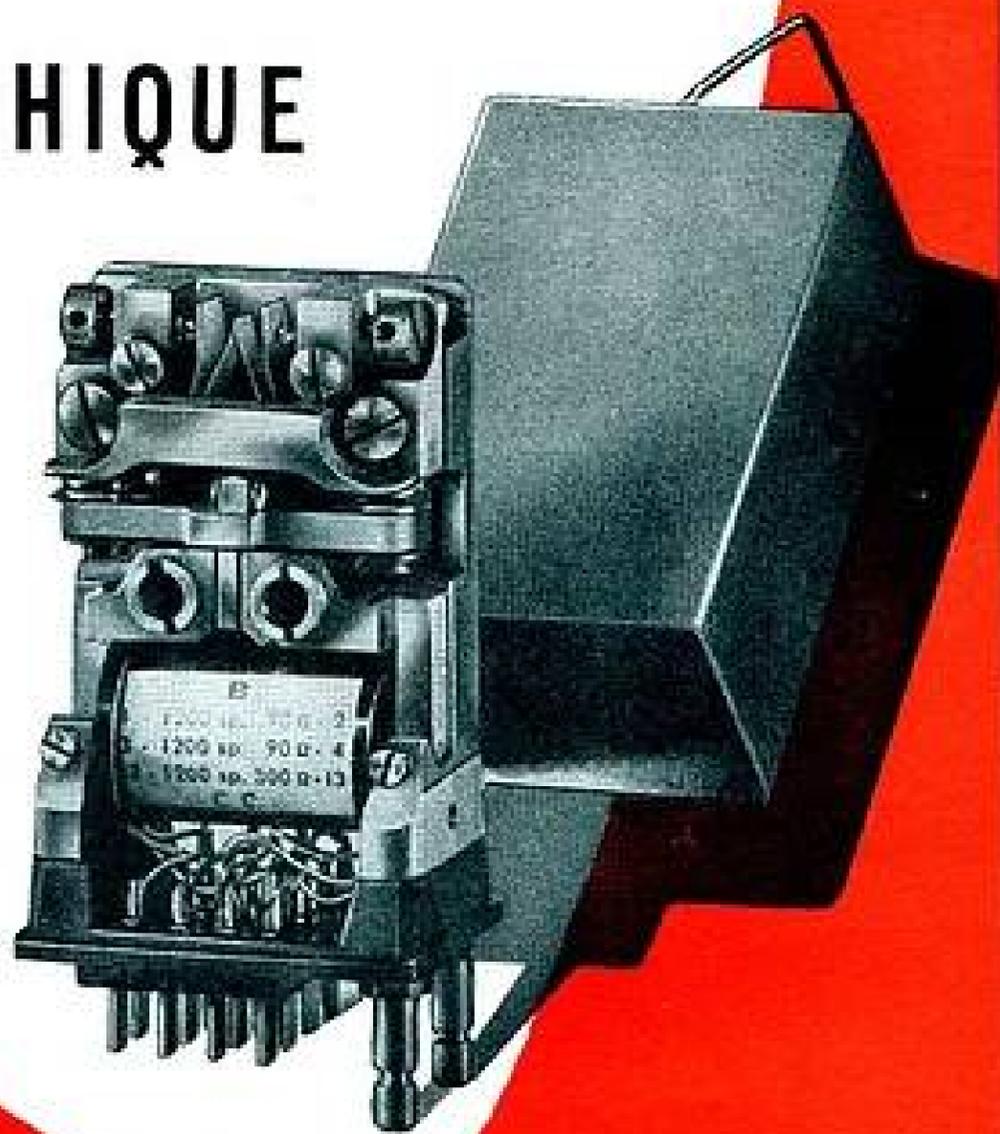
## RELAIS TÉLÉGRAPHIQUE

Type C

(Normalisés, P. T. T., MARINE, GUERRE)  
POLARISÉS - SENSIBLES - RAPIDES

APPLICATIONS:  
TÉLÉGRAPHIE  
TÉLÉCOMMANDE  
ASSERVISSEMENT

Modulateurs électromécaniques  
" CHOPPER "  
Bascules binaires rapides  
ETC...



*notices techniques sur demande*

# SADIR-CARPENTIER

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 600.000.000 DE FRANCS

DÉPARTEMENT ÉLECTROMÉCANIQUE

Siège Social : 101, bd Murat, PARIS 16<sup>e</sup> — Usines : 52, rue Guynemer, ISSY-LES-MOULINEAUX - MICHELET 39-20

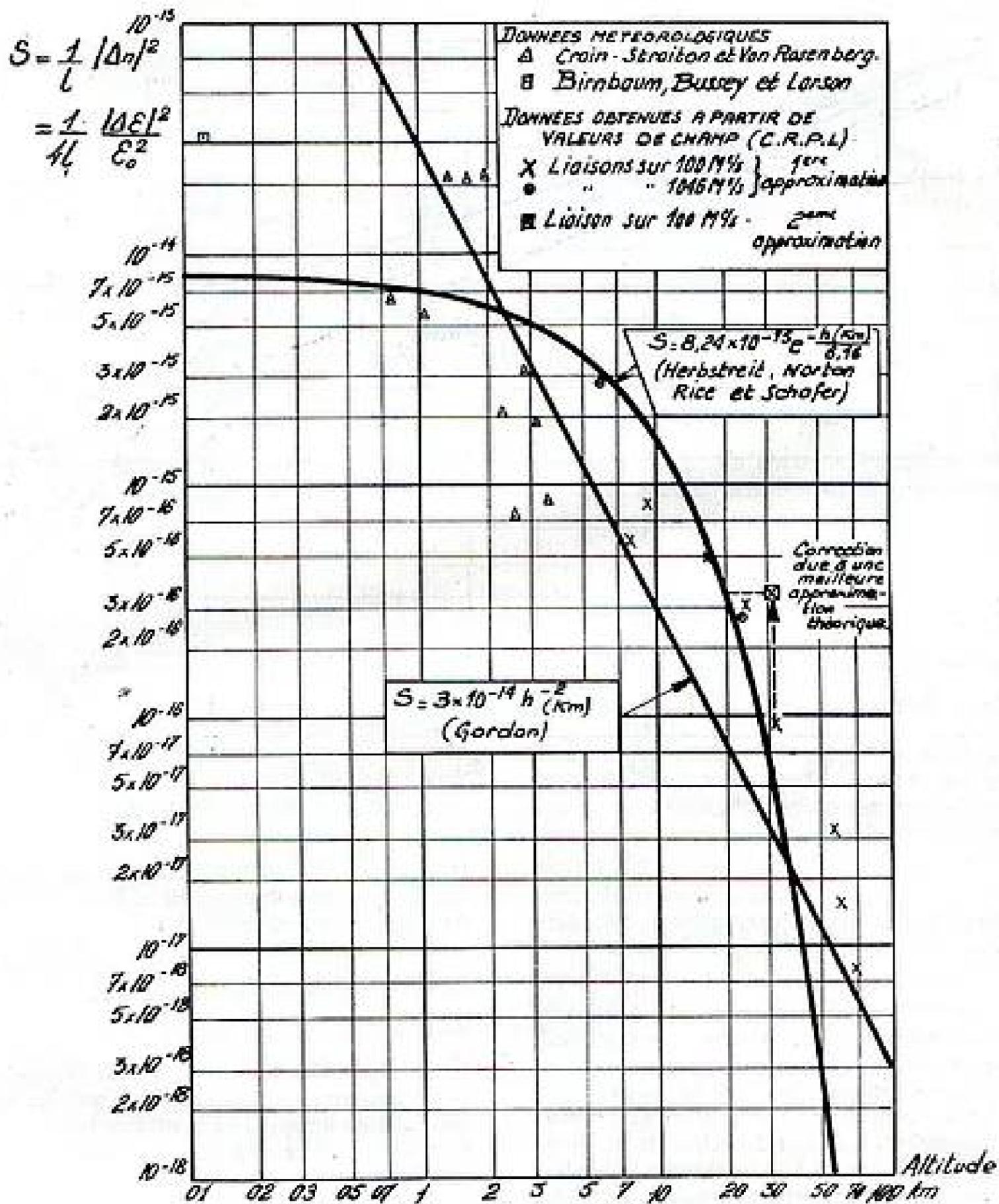


FIG. 1. — Variation de la turbulence avec l'altitude ( $n = \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_0}}$  l'indice de réfraction,  $L$  l'échelle de turbulence).

où  $\alpha_s$  est, pour la basse atmosphère, de l'ordre de 1 cm. On note que l'on passe d'une variation en  $k^{-5}$  à une variation en  $k^{-7}$ , lorsque l'on franchit la valeur  $k = \frac{\pi}{\alpha_s}$ . Cette chute de la densité spectrale est liée à la viscosité de l'air (fig. 2).

Dès 1950, MEGAW [5] a considéré le spectre précédent, valable pour les vitesses, comme valable aussi pour les fluctuations  $\Delta \epsilon$  de  $\epsilon$ . Des mesures de scintillation astronomique, phénomène lié également à la turbulence de l'atmosphère et aux fluctuations de  $\epsilon$ , ont permis récemment de décrire une partie importante de  $F(k)$  et de justifier cette hypothèse.

Ce n'est pas toutefois une justification absolue, car, pour les ondes lumineuses, le terme d'humidité est à supprimer dans l'expression de la constante diélectrique de l'air; ce sont au contraire, pour les ondes radioélectriques, les fluctuations de  $p'$  qui sont prépondérantes, dans celles de  $\epsilon$ .

En 1954, VILLARS et WEISSKOPF [6] ont fait remarquer que, d'après la loi de BERNOULLI bien connue en mécanique des fluides et qui relie pression et carré des vitesses, les fluctuations de pression devaient être proportionnelles au carré  $v^2$  des vitesses de turbulence. Pour le terme correspondant de  $\Delta \epsilon$ , on devrait donc considérer non pas le spectre des

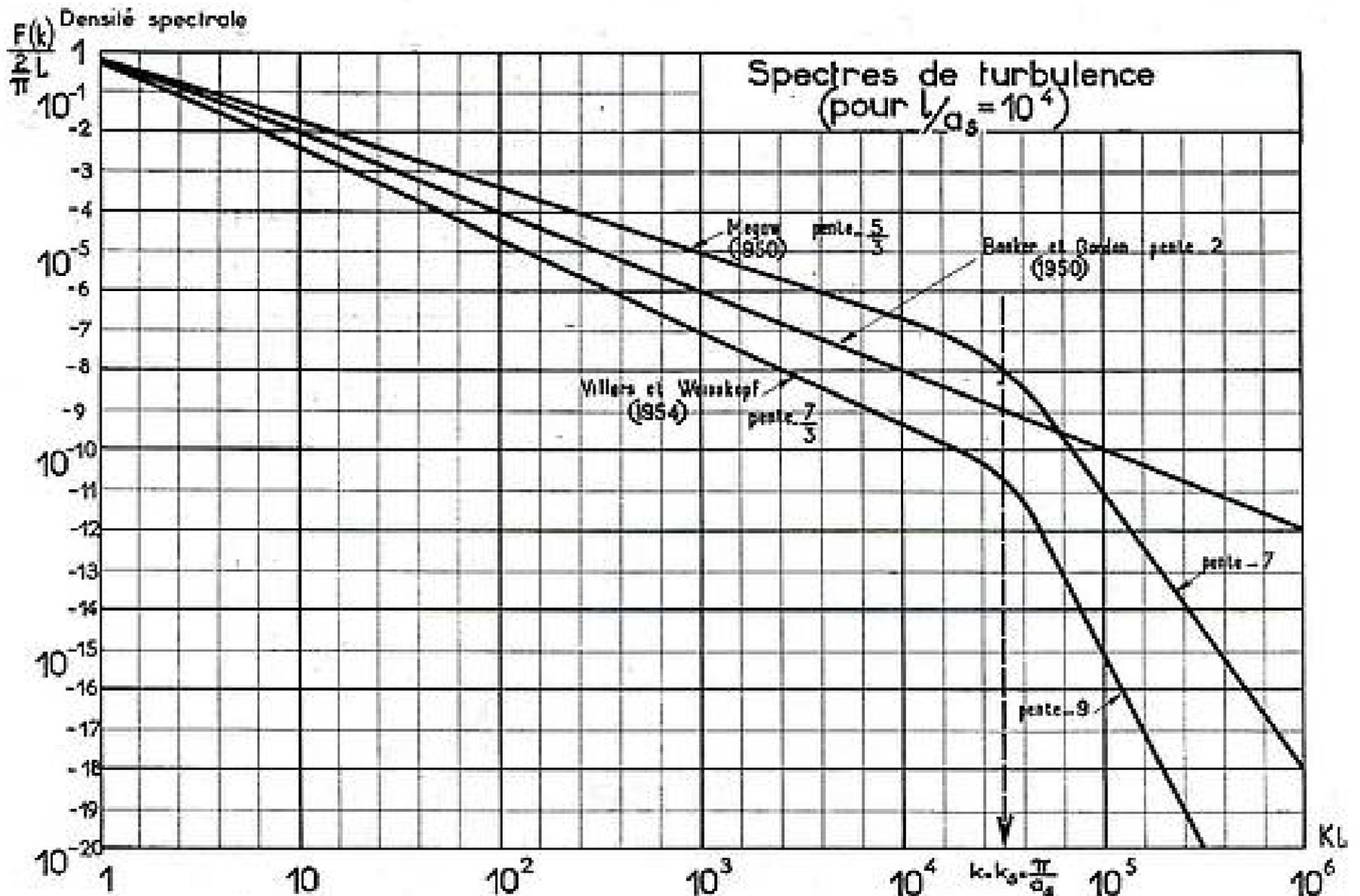


FIG. 2. — Spectres de turbulence de BOOKER et GORDON, MEGAW, et VILLARS et WEISSKOPF.

vitesse, mais celui du *carré des vitesses*. Celui-ci, pour la distribution statistique de KOLMOGOROFF-HEISENBERG, comprend également deux zones de variation de forme simple, en  $k^{-7/3}$  et  $k^{-9}$ , séparées par la valeur  $k_c$  (fig. 2).

VILLARS et WEISSKOPF ont essayé de démontrer que les fluctuations de température et d'humidité, et donc  $\Delta\varepsilon$ , étaient également proportionnelles à  $v^2$ ; mais leurs raisonnements, ils le reconnaissent d'ailleurs, sont assez sommaires. Et comme les fluctuations de  $\varepsilon$  dépendent très peu de celles de  $p$ , on ne saurait rien en conclure. Il faut seulement souhaiter que des mesures précises soient entreprises sur les fluctuations de température, et surtout d'humidité.

En résumé, on se trouve en présence de trois spectres, dont aucun n'est absolument sûr — le plus vraisemblable étant peut-être celui de MEGAW. Mais nous verrons bientôt que, pour la diffusion troposphérique, les seules régions du spectre à considérer sont les régions où  $k$  est inférieur à  $k_c$  — régions où les trois spectres sont relativement voisins.

#### b) PASSONS A L'IONOSPHERE.

La constante diélectrique d'un milieu ionisé est donnée par une formule classique :

$$\varepsilon \approx \varepsilon_0 \left( 1 - \frac{f_N^2}{f^2} \right) \quad (8)$$

$$\text{où } f_N^2 \text{ (Mc/s)} \approx 81 N \text{ (million par cm}^3\text{)} \quad (9)$$

( $f$  fréquence,  $N$  nombre d'électrons par unité de volume,  $f_N$  fréquence critique du milieu). Les fluctuations de  $\varepsilon$  sont liées à celles de  $N$  :

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon_0} = - \frac{f_N^2}{f^2} \frac{\Delta N}{N} \quad (10)$$

Leur amplitude décroît en raison inverse du carré de la fréquence — ce qui explique qu'elles deviennent négligeables lorsque l'on monte en fréquence, n'affectant ni les ondes décimétriques, ni les ondes centimétriques.

Les données acquises sur l'ionosphère et des observations [7, 8] effectuées sur les caractéristiques et les variations des signaux reçus par diffusion ionosphérique permettent d'estimer l'altitude de la couche diffusante (75 à 82 km le jour, 80 à 90 km la nuit), son épaisseur (ordre de 5 km), la fréquence  $f_N$  (ordre de 1,5 Mc/s), le rapport  $\frac{\Delta N}{N}$  (ordre de  $10^{-2}$ ), et aussi l'échelle moyenne de turbulence ( $l \approx 100$  m, comme pour la troposphère). L'ionisation correspondante serait due pour une part à l'activité solaire et pour une part aux passages de météores.

En ce qui concerne le spectre de turbulence, BOOKER [7] et récemment VILLARS et WEISSKOPF [6] ont considéré les deux mêmes spectres qu'ils avaient introduits à propos de la troposphère. Mais VILLARS et WEISSKOPF semblent fournir, dans ce cas, une

**CFTH**

LE GROUPE ÉLECTRONIQUE  
de la compagnie française  
**THOMSON - HOUSTON**

consacre des moyens considéra-  
bles au développement des  
semi-conducteurs.

Il a depuis plusieurs années  
en fabrication une gamme  
complète de cristaux  
détecteurs au silicium.

Dans le cadre du développement  
actuel des diodes au silicium et  
au germanium, le groupe  
met au point de nouvelles appli-  
cations des semi-conducteurs.



ÉTIRAGE D'UN CRISTAL  
DE GERMANIUM

C O M P A G N I E F R A N Ç A I S E

**THOMSON-HOUSTON**

G R O U P E É L E C T R O N I Q U E

173, BD HAUSSMANN, PARIS-8<sup>e</sup> - ÉLY. 83-70 - ADR. TÉL. ÉLIHU 42, PARIS

assez sérieuse justification. En effet, si  $\rho$  désigne la densité de l'air à l'altitude considérée, on a, en admettant que  $N$  est proportionnel au nombre de molécules d'air, donc à  $\rho$  :

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta \rho}{\rho}$$

La loi des gaz parfaits donne (en négligeant l'influence des fluctuations de température à cette altitude) :

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} \approx \frac{\Delta p}{p}$$

où  $p$  est la pression.

Enfin la loi de BERNOULLI permet d'écrire :

$$\Delta p \sim v^2$$

d'où :

$$\Delta N \sim v^2$$

Les fluctuations de  $\epsilon$  semblent donc suivre le spectre du carré des vitesses.

Notons qu'à une altitude de l'ordre de 100 km, la valeur de  $a_s$ , qui dépend de la viscosité de l'air, serait d'environ 8 ou 10 m, au lieu d'un cm pour la troposphère (\*). Il en résulte, nous le verrons, que la diffusion ionosphérique des ondes radio fait intervenir la partie du spectre qui s'étend au voisinage et au-delà de  $k = k_s$ . Pour  $k \gg k_s$ , les spectres de BOOKER et de VILLARS et WEISSKOPF conduiront à des résultats très différents.

## II. — Diffusion radioélectrique dans l'atmosphère.

### A. — DIFFUSION PAR UN ÉLÉMENT DE VOLUME.

Étudions maintenant l'influence des fluctuations de  $\epsilon$  sur la propagation. Considérons un élément de

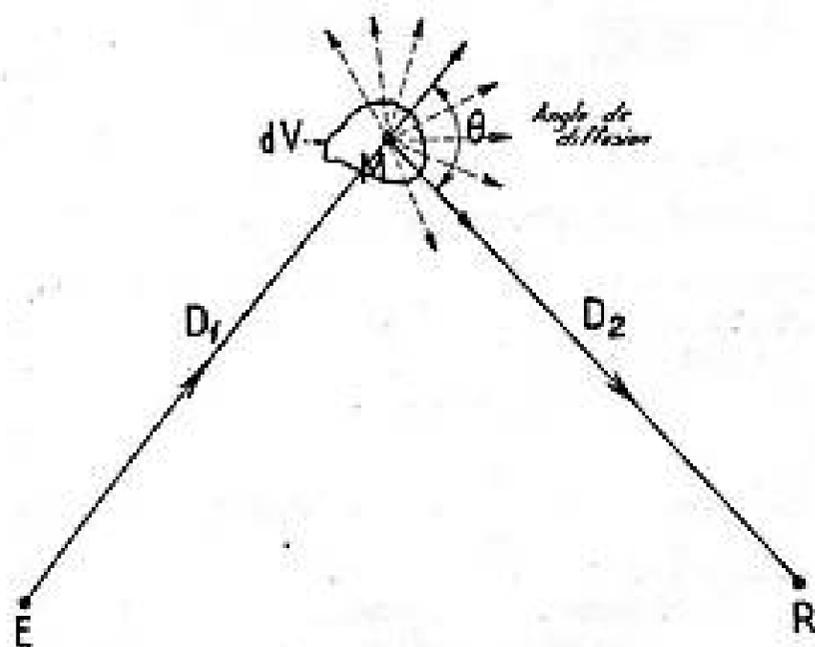


FIG. 3. — Diffusion par un volume  $dV$ .

(\*) Théoriquement  $a_s$  varie à peu près proportionnellement à  $\rho^{-3/4}$ ,  $\rho$  diminue exponentiellement avec l'altitude :  $\rho = \rho_0 e^{-h/k_0}$ , où  $k_0$  est de l'ordre de 7,5 km.

volume  $dV$  du milieu diffusant soumis au champ électromagnétique produit par un émetteur  $E$  (fig. 3).

Nous désignerons par  $\sigma$  la puissance moyenne diffusée par l'élément  $dV$ , par unité de flux de puissance incidente, par unité de volume et par unité d'angle solide dans la direction  $MR$  du récepteur. L'angle  $\theta$  des deux directions  $EM$  et  $MR$  sera appelé angle de diffusion.

La théorie électromagnétique [4, 9] conduit (\*) à la formule :

$$\sigma = - \frac{2\pi^4}{\lambda^4} \left| \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_0} \right|^2 \frac{1}{k} \frac{dF(k)}{dk} \sin^2 \chi \quad (11)$$

$\chi$  désigne l'angle du champ électrique en  $M$  et de la direction  $MR$ , et le paramètre  $k$  à la valeur

$$k = \frac{4\pi}{\lambda} \sin \frac{\theta}{2} \quad (12)$$

qui ne dépend que de  $\lambda$  et de  $\theta$ .

La raie du spectre de turbulence de période spatiale  $\Lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta/2}$  est donc seule à considérer. L'explication physique en est simple (cohérence de phase entre l'onde incidente et l'onde diffusée) ; on trouve des relations semblables dans la théorie des guides d'ondes métalliques ou dans celle des propagations anormales guidées dans l'atmosphère.

En polarisation horizontale  $\chi = \frac{\pi}{2}$ ,  $\sin^2 \chi = 1$  ; mais, même en polarisation verticale,  $\sin^2 \chi \approx 1$  pour  $\theta$  faible, ce qui est, nous le verrons, le cas le plus fréquent.

Dans une région du spectre où  $F(k) \sim k^{-n}$ ,  $\sigma$  sera proportionnel à

$$\left| \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_0} \right|^2 \lambda^{-4} k^{-(n+2)} \sim \left| \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_0} \right|^2 \lambda^{n-2} \left( \sin \frac{\theta}{2} \right)^{-(n+2)} \quad (13)$$

$\sigma$  diminuera, lorsque  $\theta$  augmentera, d'autant plus vite que  $n$  sera plus grand.

(\*) Les hypothèses nécessaires sont les suivantes :

a) turbulence homogène et isotrope ;

b) dimensions de  $dV$  : assez grandes pour que deux points de l'atmosphère pris l'un à l'intérieur, l'autre à l'extérieur, fluctuent indépendamment, sauf s'ils sont tous deux au voisinage de la surface limite (ceci revient à dire que les dimensions de  $dV$  sont assez supérieures à l'échelle de turbulence  $l$ ) ; mais assez petites pour que le champ électrique et l'angle  $\theta$  soient sensiblement constants pour tout point  $M$  de  $dV$  ;

c) Les variations de  $\epsilon$  sont négligeables pendant le temps de propagation  $t = D/c$  ( $D$  : distance  $ER$ ,  $c$  : vitesse de la lumière). Pour  $D = 500$  km,  $t = 1,6$  milliseconde ;

d)  $\lambda D_2 \gg \Lambda^2 = \left( \frac{2\pi}{k} \right)^2$ ,  $D_2$  étant la distance  $MR$  et  $k$  donné par la relation (12). Cette hypothèse sera toujours satisfaite en pratique dans les applications indiquées plus loin.

Pour le spectre de BOOKER et GORDON ( $n = 2$ ), on aura :

$$\sigma \sim \left| \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon_0} \right|^2 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right)^{-4} \quad (14)$$

$\sigma$  ne dépendra alors de la longueur d'onde que par  $\left| \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon_0} \right|^2$ , c'est-à-dire uniquement dans le cas de l'ionosphère.

Montrons maintenant que, pour la diffusion troposphérique,  $k$  est toujours inférieur à  $k_s$ , et que l'on reste ainsi dans la partie des spectres où ils sont relativement voisins.  $k < k_s$  revient à écrire :

$$\sin \frac{\theta}{2} < \frac{\lambda}{4 a_s}$$

$a_s$  étant de l'ordre de 1 cm, la relation est toujours satisfaite pour  $\lambda > 4$  cm. Comme nous établirons que, pour la diffusion troposphérique,  $\theta$  est en pratique très faible, de l'ordre de quelques degrés, on a même :  $k \ll k_s$ .

Pour l'ionosphère il en va autrement parce que  $a_s$  est beaucoup plus grand. Sur une liaison de 1 200 km, avec diffusion à une altitude de 80 km, un calcul géométrique simple montre que  $\theta \approx 20^\circ$ .

Pour  $\lambda = 6$  m,  $\sin \frac{\theta}{2} = 0,18 \approx \frac{\lambda}{4 a_s}$ , c'est-à-dire  $k \approx k_s$ . En changeant légèrement les données, on pourrait même avoir  $k > k_s$ . Les résultats théoriques pourront alors différer considérablement suivant le spectre considéré.

#### B. — PUISSANCE DIFFUSÉE. — LARGEUR DE BANDE UTILISABLE. — PERTES DE GAIN D'AÉRIENS.

Revenons à la formule (11).  $\sigma$  étant connu, on peut calculer la puissance moyenne  $P_r$  reçue par diffusion d'un volume  $V$  de l'atmosphère. Elle est liée à la puissance  $P_0$  que l'on recevrait à la même distance  $D$  en espace libre par la relation (\*) :

$$\frac{P_r}{P_0} \approx \int_V \frac{D^2}{D_1^2 D_2^2} \sigma dV \quad (15)$$

où  $D_1$  et  $D_2$  désignent les distances de l'émetteur et du récepteur à l'élément  $dV$ .

##### 1° Diffusion troposphérique.

Considérons d'abord le cas de la troposphère. Le volume  $V$  de diffusion est la partie de l'espace en

(\*) Cette relation est valable en toute rigueur :

a) en négligeant les diffusions multiples (trajets de propagation comportant plusieurs diffusions successives) ;

b) si les aériens d'émission et de réception sont omnidirectionnels.

La légitimité de l'hypothèse a n'a pas été, semble-t-il, encore parfaitement démontrée. Par contre, on peut établir que la relation reste correcte en pratique, tant que les aériens ne sont pas très directifs. Nous précisons plus loin les limites de validité.

visibilité directe à la fois de l'émetteur et du récepteur : il est limité par les deux plans d'horizons tangents à la terre en  $E$  et  $R$ , le point le plus bas étant  $M_0$  (fig. 4). On a :

$$\theta_0 = \frac{D}{a} \quad (16)$$

$a$  étant le rayon de la terre (environ 8 000 km pour tenir compte de la correction de réfraction standard).  $\theta_0$  est très faible.

Pour  $D = 300$  km,  $\theta_0 = 2,1^\circ$  ;

Pour  $D = 500$  km,  $\theta_0 = 3,5^\circ$ .

Un calcul élémentaire montre que l'altitude de  $M_0$  au-dessus de  $ER$  est deux fois son altitude  $h_0$  au-dessus du sol et que

$$h_0 = \frac{D^2}{8 a} \quad (17)$$

Pour  $D = 300$  km,  $h_0 = 1,4$  km

Pour  $D = 500$  km,  $h_0 = 3,9$  km

Le volume de diffusion s'étend à l'infini à la fois en altitude et perpendiculairement au plan vertical  $EM_0 R$ . Mais heureusement la plus grande partie de la puissance diffusée provient, nous allons le voir, d'une zone beaucoup plus restreinte. GORDON a établi, dans un document présenté à La Haye [2], que cette zone était sensiblement prismatique ; la section droite triangulaire du prisme s'étend du point  $M_0$  jusqu'à une altitude  $h_0$  au-dessus de  $M_0$  et l'épaisseur, perpendiculairement au plan  $EM_0 R$ ,

vaut sensiblement  $\frac{8}{3} h_0$  (fig. 4). Le volume  $V_0$  correspondant est égal à :

$$\frac{1}{2} h_0 \times \frac{2 h_0}{\sin \theta_{0/2}} \times \frac{8}{3} h_0 = \frac{8}{3} \frac{h_0^3}{\sin \theta_{0/2}} \approx \frac{1}{96} D^3 \theta_0^3 \quad (18)$$

Il est proportionnel à  $D^3$ .

Pourquoi cette limitation du volume de diffusion ?

Supposons d'abord qu'on déplace un petit volume élémentaire, d'altitude  $h$  au-dessus du plan horizontal passant par  $E$  et  $R$ , perpendiculairement au plan  $EM_0 R$ . L'angle  $\theta$ , minimum à la traversée de ce plan, augmente lorsqu'on s'en écarte, et  $k$ , qui est proportionnel à  $\sin \frac{\theta}{2}$ , augmente aussi.  $\sigma$  diminue

donc rapidement. La figure 5 montre la décroissance de  $\sigma$  avec la distance  $y$  au plan  $EM_0 R$ , dans l'hypothèse du spectre de BOOKER et GORDON. Comme dans le cas des ouvertures de faisceaux d'aériens ou des largeurs de bande, on peut se limiter aux points pour lesquels la diminution de  $\sigma$  est de 3 décibels. Pour  $h \approx 2 h_0$ , ceci correspond sensiblement à des distances  $\frac{4}{3} h_0$  de part et d'autre de  $EM_0 R$ .

# PRÉCILEC



*Savez-vous que...*

dans l'ensemble des brillantes réalisations de l'Electronique française : radars, calculateurs, conduites de tir etc.,

il est bien rare de ne pas trouver des appareils

## PRÉCILEC...

5, RUE DE LA BIENFAISANCE, PARIS 8<sup>e</sup> \* TÉLÉPHONE LABORDE 15-64

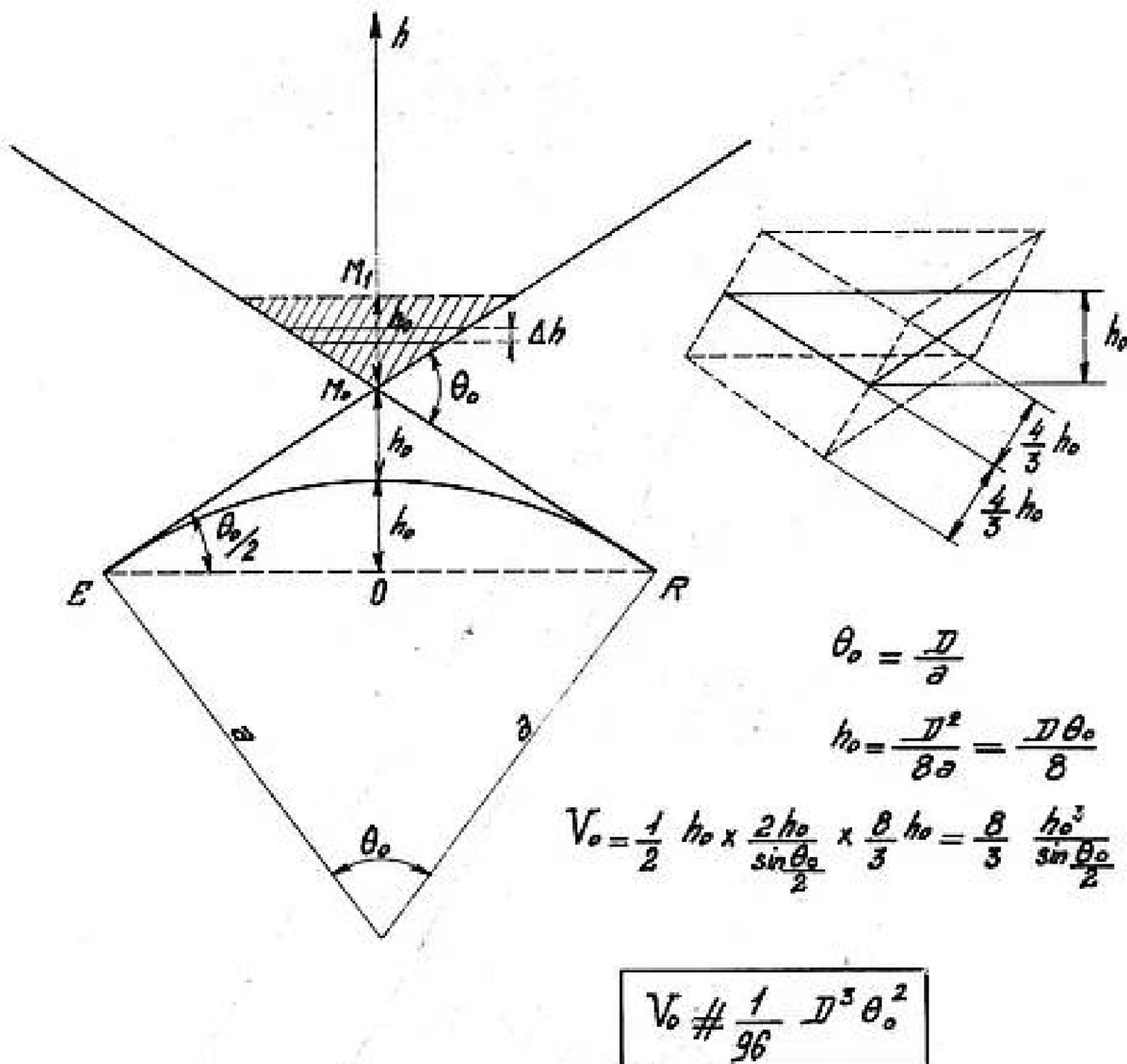


FIG. 4. — Diffusion troposphérique. Volume de diffusion.

Considérons maintenant la puissance diffusée par une tranche élémentaire d'épaisseur constante  $dh$  et cherchons comment varie cette puissance, lorsque l'altitude  $h$  de la tranche augmente. Le volume correspondant, nul à l'altitude de  $M_0$ , augmente proportionnellement à la largeur de la tranche. Par contre  $\sigma$  diminue rapidement, parce que  $\theta$  et donc  $k$  augmentent, et aussi parce que  $\left| \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon_0} \right|^2$ , qui figure dans l'expression de  $\sigma$ , décroît avec l'altitude. Sous l'influence de ces effets antagonistes, la puissance élémentaire commence par croître, passe par un maximum, puis diminue rapidement (fig. 5). Elle tombe à 3 décibels au-dessous du maximum pour  $h \approx 3 h_0$ .

On peut donc, en première approximation, limiter le volume de diffusion à cette altitude.

Notons que le temps de propagation  $T$  qui correspond à la diffusion par une tranche d'épaisseur  $dh$  augmente légèrement avec l'altitude, de sorte que, si on envoyait une impulsion infiniment courte, on

recevrait successivement les puissances élémentaires correspondant aux tranches d'altitudes croissantes<sup>(1)</sup>. Il est facile d'établir que l'écart  $\Delta T$  entre la durée d'un trajet  $EMR$  et celui du trajet minimum  $EM_0R$  est proportionnel à la différence du carré des altitudes de  $M$  et  $M_0$  au-dessus de  $O$ , de sorte qu'on peut graduer l'échelle des abscisses de la figure 5 en temps, et qu'on a alors la forme de l'impulsion reçue de durée minimum, en fonction du temps. La largeur de bande utilisable pour des transmissions sera à peu près l'inverse de la durée de cette impulsion, définie entre les points inférieurs de 3 décibels à l'amplitude de crête. On peut ainsi déterminer la largeur de bande : elle est inversement proportion-

(1) En réalité, les temps de propagation diffèrent légèrement, même pour les points d'une même tranche élémentaire. La valeur de 4,6 Mc/s, trouvée par GONNOR pour la largeur de bande à 300 km par le raisonnement simple que nous indiquons, est par suite un peu erronée. Une correction introduite par BOOKER et de BERTHECOURT [11] réduit la bande à 300 km à 3,35 Mc/s. Un calcul rigoureux nous a conduit à une valeur de 2,75 Mc/s.

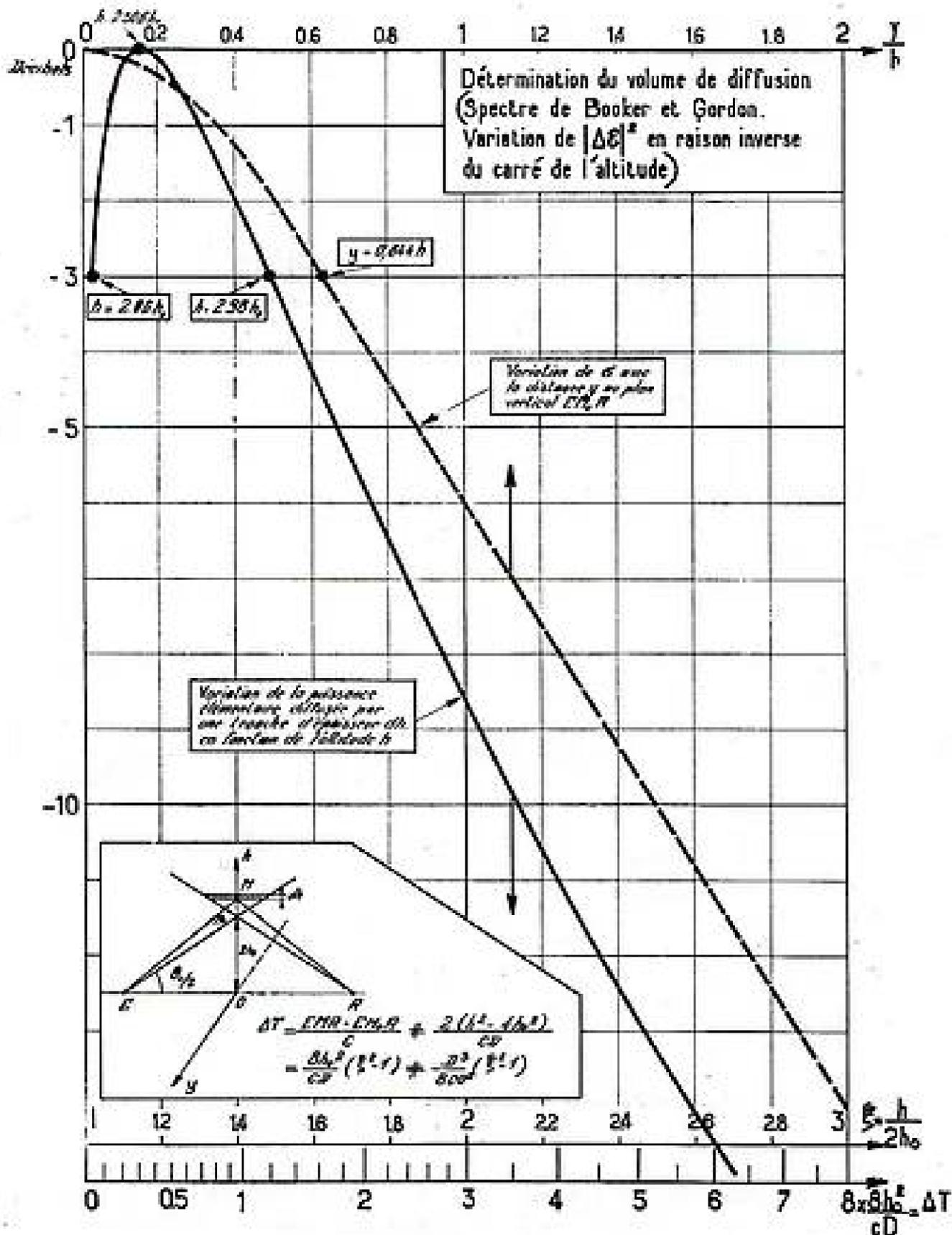


FIG. 5. — Variation de  $\sigma$  avec la distance  $y$  au plan vertical  $EM_0R$  (courbe en pointillé) et variation de la puissance élémentaire diffusée par une tranche d'épaisseur  $dh$  en fonction de l'altitude  $h$  (courbe en trait plein). La courbe en trait plein représente également la forme de l'impulsion reçue correspondant à une impulsion émise infiniment courte (lire les écarts de temps  $\Delta T$  sur l'échelle du bas).

nelle au cube de la distance et si on la calcule [2] pour  $D = 300$  km, on trouve environ 4,6 Mc/s<sup>(1)</sup>.

(1) Un calcul approché de GORDON, [2] dans l'hypothèse où  $\left(\frac{\Delta \mathcal{E}}{\mathcal{E}_0}\right)^2 = cH^{-2}$  ( $H$ , altitude au-dessus du sol), le conduit à la formule :

$$\frac{P_r}{P_0} = 2,45 \left(1 + |\rho|^2\right) \frac{c a^4}{2\pi l} \times \frac{1}{D^3}$$

où  $l$  est l'échelle moyenne de turbulence et  $\rho$  le coefficient de réflexion sur le sol.

Dans les mêmes hypothèses nous avons trouvé, qu'en effectuant une intégration rigoureuse de la relation [15], le coefficient 2,45 était remplacé par 3,4.

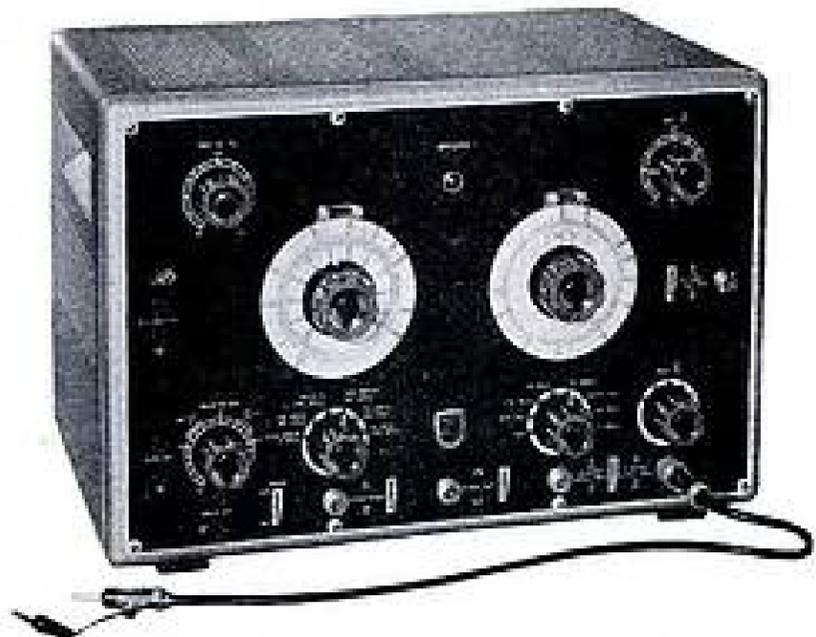
Notons que le prisme de GORDON est vu de  $E$  ou  $R$  sous un angle vertical  $\alpha_V = \frac{\theta_0}{4}$ , puisque sa hauteur est  $h_0$  et que la distance  $OM_0 = 2h_0$  est vue sous un angle  $\frac{\theta_0}{2}$ . Le même volume de GORDON sera vu de

$E$  ou  $R$  sous un angle horizontal  $\alpha_H = \frac{8}{3} \frac{\theta_0}{4} = \frac{2\theta_0}{3}$ .

Cherchons maintenant comment la puissance reçue varie, avec la distance.

Dans la formule (15),  $D_1$  et  $D_2$  sont à peu près égaux à  $D$  et l'on peut écrire :

ELVINGE 1276



## L'appareil dont votre laboratoire a besoin...

- pour l'essai
  - des circuits amplificateurs Vidéo
  - de l'adaptation des lignes de transmissions
  - des lignes à retard
- l'étude
  - des ondes de choc
  - des perturbations dans les lignes de transmissions
  - des réflexions dans les câbles
- le contrôle
  - des circuits radar
  - des systèmes basculeurs électroniques
  - des circuits de télécommande multiplex, etc...

## Le générateur d'impulsions **PHILIPS** TYPE GM.2314

- Tension sinusoïdale : 15 cps à 200.000 cps  
Amplitude réglable de 0 à 1 V.
- Impulsions rectangulaires positives ou négatives :  
fréquence de récurrence: 15 cps à 200.000 cps  
largeur d'impulsion : 0,75  $\mu$ s. à 60% du temps de récurrence
- Temps de montée < 0,1  $\mu$ s.
- Tension de sortie maximum 40 V.
- Possibilité de sortir simultanément des tops de synchronisation, des impulsions de largeur variable, des signaux carrés et une tension sinusoïdale.

Doc. N° 578

**PHILIPS-INDUSTRIE**  
103, R. DE PARIS, BOBIGNY (Seine) - Tél. VILLETTE 28-55 (lignes groupées)

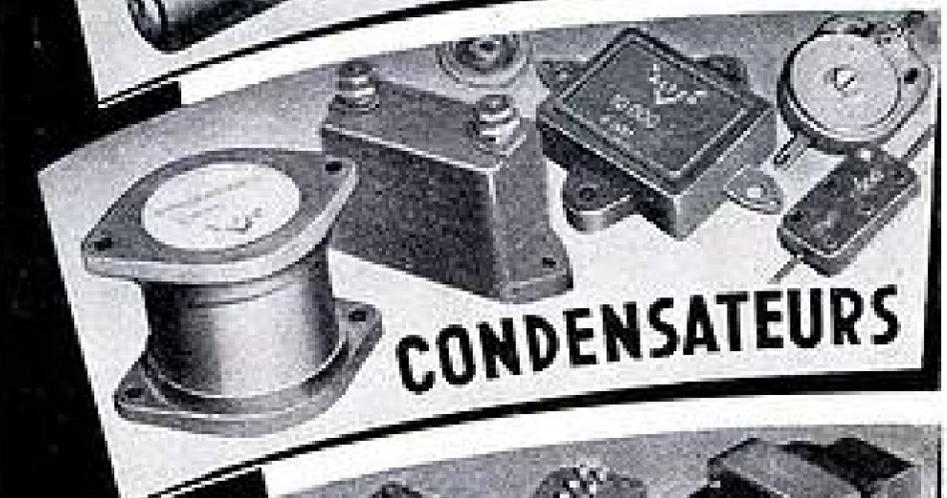
08 186



### POTENTIOMETRES



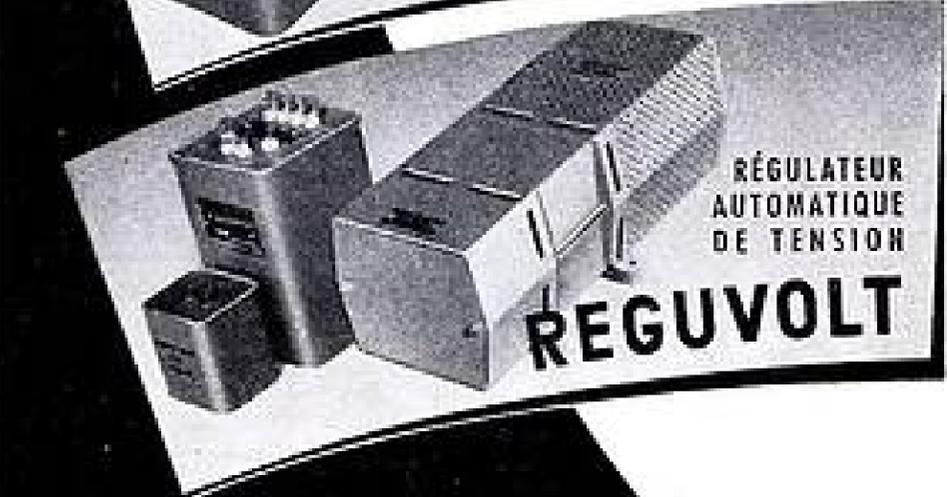
### RESISTANCES



### CONDENSATEURS



### TRANSFORMATEURS



RÉGULATEUR  
AUTOMATIQUE  
DE TENSION

### REGUVOLT

## M.C.B et VERITABLE ALTER

11 rue Pierre Lhomme - Courbevoie - Tel: Défense +20-90

$$\frac{P_r}{P_o} \# \frac{16}{D^2} \int_{V_o} \sigma dV \quad (19)$$

où  $V_o$  est proportionnel à  $D^3$ .

La valeur  $\sigma_o$  de  $\sigma$  au point  $M_o$  renseigne sur la façon dont  $\sigma$  varie avec la distance  $D$ . Plaçons nous dans le cas du spectre de BOOKER et GORDON et supposons que  $\left| \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_o} \right|^2$  soit, comme l'a admis GORDON, inversement proportionnel au carré de l'altitude.

$$\sigma_o \sim \frac{1}{h_o^2} \times \frac{1}{\theta_o^4} \sim \frac{1}{D^2} \quad (20)$$

D'où : (\*)

$$\frac{P_r}{P_o} \sim \frac{D^3}{D^2 D^2} = \frac{1}{D^1} \quad (21)$$

(\*) Un calcul simple, de BOOKER et de DATTENCOURT [11], montre que la largeur de bande est, pour  $2\alpha \ll \theta_o$ , inversement proportionnelle à  $\alpha$  et au carré de la distance  $D$ . Pour  $D = 300$  km,  $B \approx \frac{3}{\alpha}$  (Mc/s),  $\alpha$  étant exprimé en degré.

Ceci est assez bien en accord avec l'expérience, en particulier avec les résultats de BULLINGTON [10]. Celui-ci avait trouvé empiriquement une loi en  $\frac{1}{D^4}$  mais la dispersion des points de mesure était telle qu'une loi en  $\frac{1}{D^2}$  serait presque également acceptable.

2° Diffusion troposphérique avec des aériens de très grand gain [11].

Les résultats précédents supposaient que le prisme de GORDON tout entier contribuait à la diffusion. Il n'en sera plus ainsi si les faisceaux d'émission et de réception sont très étroits, de sorte que leur volume commun ne soit qu'une fraction du volume de GORDON. Seul ce volume commun contribuera à la diffusion (fig. 6).

Ceci se produira si l'angle d'ouverture  $2\alpha$  des faisceaux est inférieur aux angles  $\alpha_V$  et  $\alpha_H$  sous lesquels le volume de GORDON est vu de E ou R.  $\theta_o$  étant de quelques degrés,  $2\alpha$  devra n'être qu'une fraction de degré — ce qui n'est guère réalisable qu'en ondes centimétriques, avec des aériens de très

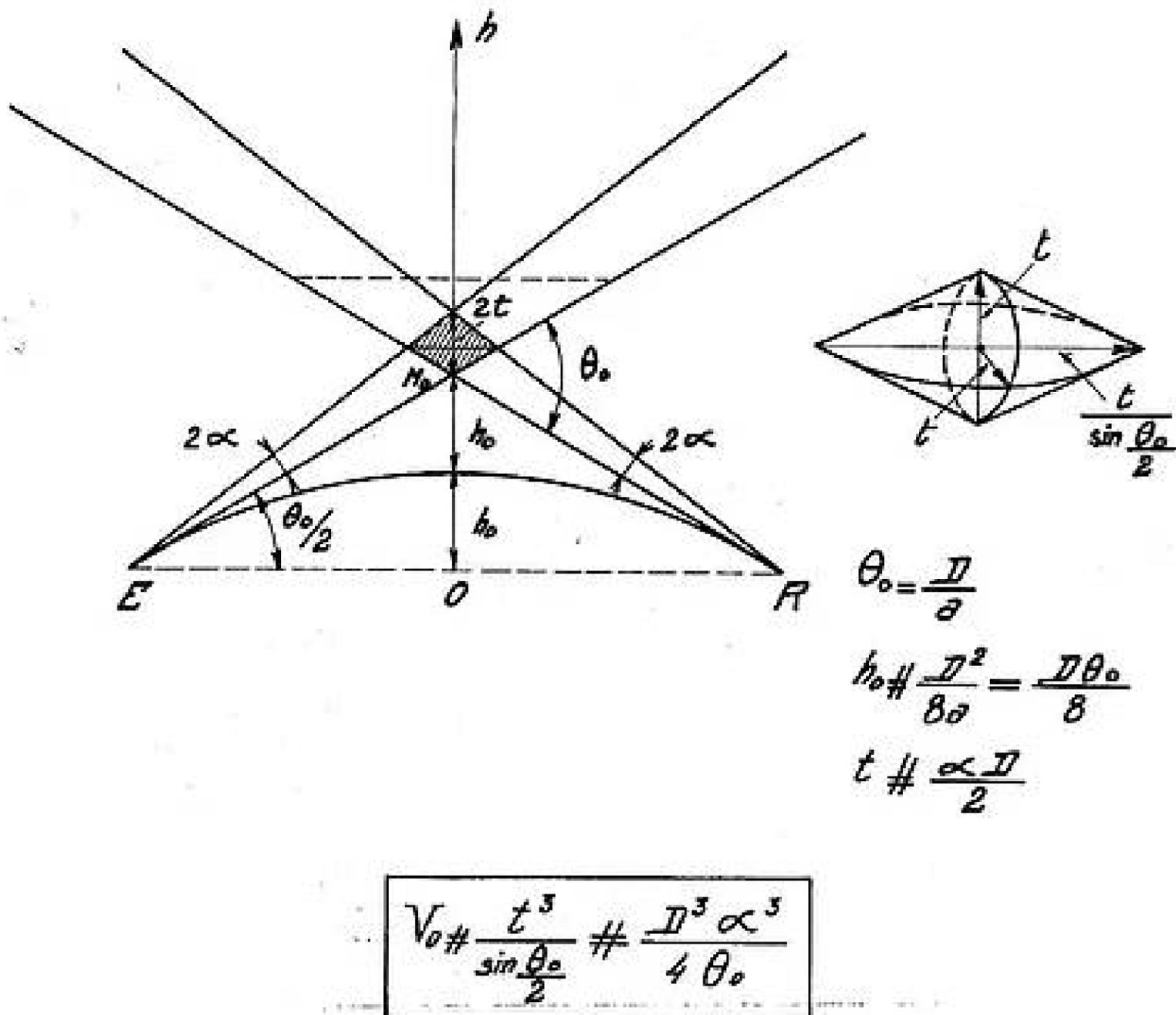


FIG. 6. — Diffusion troposphérique. Volume de diffusion dans le cas des faisceaux très étroits.

grande surface, par exemple des paraboles de 10 m de diamètre.

S'il en est ainsi, le volume de diffusion, que nous désignerons encore par  $V_0$ , sera réduit, et proportionnel à  $\alpha^3$  — toutes ses dimensions étant proportionnelles à  $\alpha$ . La réduction du volume de diffusion réduira aussi les écarts de temps de propagation entre les différents trajets de diffusion possibles et augmentera donc la largeur de bande utilisable <sup>(1)</sup>. Par contre, il en résultera une perte de gain des aériens.

En effet, comme  $V_0 \sim \alpha^3$ , le rapport  $\frac{P_r}{P_0}$  qui est donné par l'intégration de la formule (15) sur le volume  $V_0$  sera aussi, en première approximation, proportionnel à  $\alpha^3$ . En espace libre, le gain des aériens d'émission et de réception augmente, si l'on dimi-

nue l'ouverture des faisceaux, proportionnellement à  $\frac{1}{\alpha^2}$ . D'où l'on déduit :

$$P_0 \sim \frac{1}{\alpha^4}$$

et

$$P_r \sim \frac{1}{\alpha} \quad (22)$$

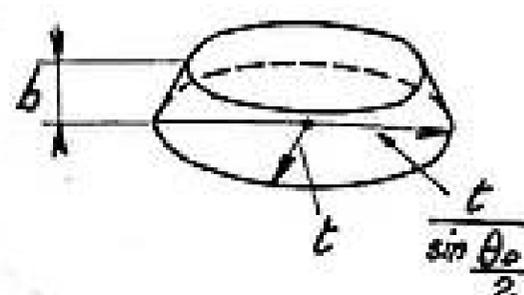
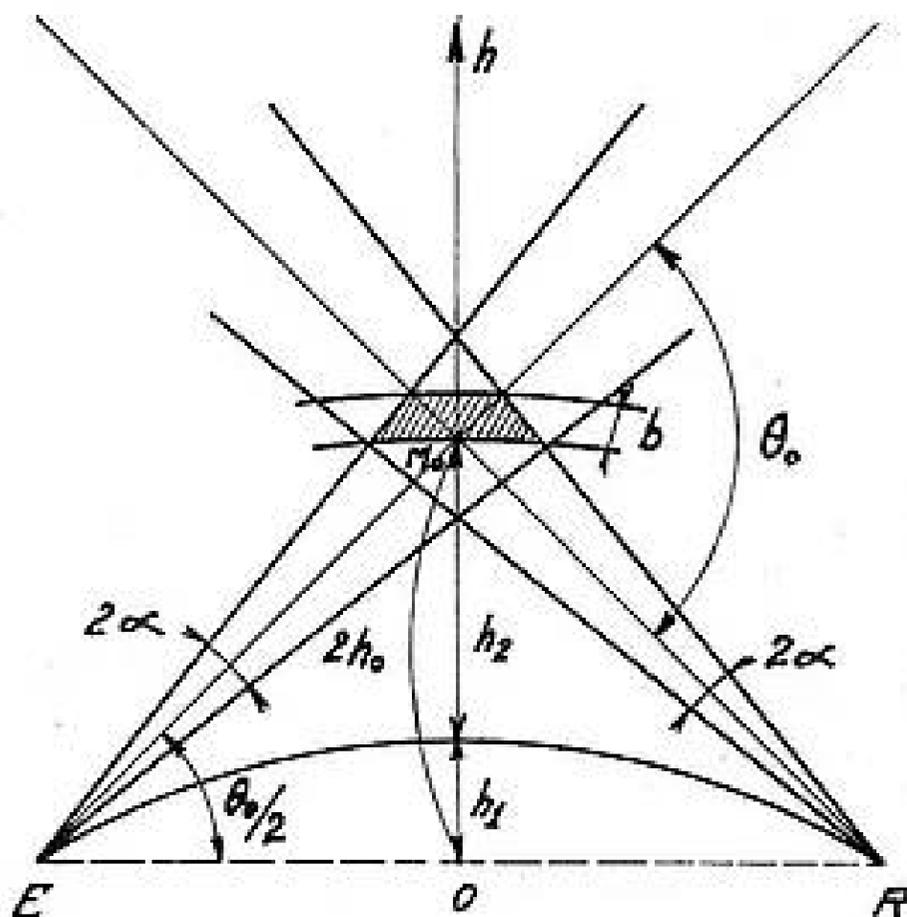
La puissance reçue, lorsque  $\alpha$  diminue, n'augmente donc qu'en  $\frac{1}{\alpha}$  au lieu de  $\frac{1}{\alpha^4}$ , ce qui doit apparaître comme une réduction importante du gain des aériens. Des essais sont en cours aux États-Unis pour vérifier sur ce point les prévisions théoriques.

### 3° Diffusion ionosphérique.

Passons au cas de l'ionosphère (fig. 7).

a) Le point  $M_0$ , dans le plan vertical passant par  $E$  et  $R$ , ne sera plus à l'intersection des deux horizons, mais au point situé à la base de la couche ionosphérique à égale distance de  $E$  et  $R$ . L'angle  $\theta_0$  et

<sup>(1)</sup> On rappelle que la température potentielle  $\theta$  se déduit de la température réelle  $T$  (en degrés absolus) par la relation  $\theta = T \left( \frac{1000}{p} \right)^{0,28}$ ,  $p$  étant la pression en millibars.



$$h_1 = \frac{D^2}{8\alpha}$$

$$2h_0 = h_1 + h_2$$

$$\sin \frac{\theta_0}{2} \approx \frac{2h_0}{D/2}$$

$$t \approx \frac{\alpha D}{2}$$

$$V_0 = \frac{\pi t^2 b}{\sin \frac{\theta_0}{2}} \approx \frac{\pi}{2} \cdot \frac{D^2 \alpha^2 b}{\theta_0}$$

FIG. 7. — Diffusion ionosphérique. Volume de diffusion dans le cas des faisceaux étroits.

# UNE RÉALISATION FRANÇAISE

# DE CLASSE INTERNATIONALE

## MESURE DES FRÉQUENCES

LECTURE DIRECTE  
EN CHIFFRES  
DES FRÉQUENCES (F), DE  
0 A 100.000 Hz  
ERREUR DE MESURE:  
 $\pm \frac{1}{100.000} \pm \frac{1}{T}$  (T = TEMPS  
DE MESURE, COMPRIS  
ENTRE 0,01 ET 10 SEC.)

## précision $\pm 10^{-5}$

FRÉQUENCEMÈTRE  
TACHYMÈTRE  
CHRONOMÈTRE  
PÉRIODEMÈTRE  
ÉLECTRONIQUE

## MODÈLE A-477

## MESURE DES VITESSES

LECTURE DIRECTE  
EN CHIFFRES  
DES VITESSES DE ROTATION (V)  
EN TOURS/MINUTE  
À L'AIDE DE GÉNÉRATRICES  
D'IMPULSIONS A-064/60  
ERREUR DE MESURE:  
 $\pm \frac{V}{100.000} \pm \frac{1}{T}$  (T = TEMPS  
DE MESURE, COMPRIS  
ENTRE 0,01 ET 10 SEC.)



## MESURE DES TEMPS

LECTURE DIRECTE  
EN CHIFFRES  
DES INTERVALLES DE TEMPS (I)  
EN DIZAINES DE  
MICROSECONDES

ERREUR DE MESURE:  
 $\pm \frac{1}{100.000} \pm 10$  MICRO-  
SECONDES

CAPACITÉ DE COMPTAGE  
100.000 SECONDES

## INDUSTRIES ET LABORATOIRES

- Applications de la Basse Fréquence (Electromécanique, Aéronautique, Automobile, Industrie horlogère...)
- Mesure précise des B.F. et T.B.F. de 0 à 100.000 Hz.
- Étude des filtres B.F.
- Mesure précise des intervalles de temps (Ballistique - Contrôle des relais, contacteurs, retardateurs, etc.)
- Mesure précise des vitesses de rotation (0 à 100.000 tours/minute)
- Contrôle instantané et précis de la fréquence des Réseaux.
- Documentation technique et offres de fournitures sur demande à r.

## MESURE DES PÉRIODES

(PROCÉDÉ DE MESURE  
DE HAUTE PRÉCISION  
DES T.B.F.)

LECTURE DIRECTE  
EN CHIFFRES  
DE LA DURÉE DE PÉRIODES  
EN MICROSECONDES  
OU DIZAINES DE  
MICROSECONDES  
(SUIVANT MODÈLE)

# Rochor

électronique

71, RUE RACINE - MONTROUGE - SEINE - TÉL : ALÉ. 00-07

l'altitude  $2 h_0$  de  $M_0$  au-dessus de la droite  $E R$  dépendent de la distance suivant une loi plus complexe que précédemment.  $\theta_0$  et  $2 h_0$  ont d'ailleurs des valeurs plus élevées : nous avons noté que  $\theta_0$  était d'environ  $20^\circ$  pour  $D = 1\,200$  km.

b) Le volume de diffusion est limité en altitude par l'épaisseur  $b$  de la couche ionosphérique (quelques kilomètres). En l'absence d'aériens directifs, il est limité horizontalement par la croissance de  $\theta$  (et la décroissance de  $\sigma$ ), lorsqu'on s'éloigne de  $M_0$  en se déplaçant perpendiculairement au plan  $EM_0 R$

(épaisseur limite égale encore à  $\frac{8}{3} h_0$  avec le spectre

de BOOKER et GORDON), et, à un degré moindre, en se déplaçant dans le plan  $E M_0 R$ . Mais l'angle horizontal sous lequel ce volume est vu de  $E$  ou de  $R$ , égal à  $\frac{2 \theta_0}{3}$  avec le spectre de BOOKER et GORDON,

sera beaucoup plus grand que dans le cas de la diffusion troposphérique (12 ou 13 degrés pour  $\theta_0 = 20$  degrés). Même en ondes métriques, les faisceaux d'émission et de réception peuvent avoir un angle d'ouverture bien inférieur (5 à 6 degrés dans les expériences américaines récentes). Le volume de diffusion sera alors limité horizontalement par ces faisceaux, et donc proportionnel à  $\alpha^2$ . Il en résultera une perte de gain, la puissance reçue augmentant,

lorsque  $\alpha$  diminuera, en  $\frac{1}{\alpha^2}$  au lieu de  $\frac{1}{\alpha^4}$  en espace

libre. Cette perte de gain a été observée expérimentalement [8].

c) Comme nous l'avons vu, les valeurs de  $k$  à considérer pour l'ionosphère peuvent atteindre et dépasser la valeur  $k_z$  ; les 3 spectres ne sont plus équivalents, celui de VILLARS et WEISSKOPF paraissant théoriquement le plus acceptable. Des mesures [8] ont été effectuées aux Etats-Unis dans des conditions où  $k$  était voisin de  $k_z$ . Les variations du champ avec la longueur d'onde et la distance étaient bien intermédiaires entre celles qui correspondraient aux deux portions (en  $k^{-2/3}$  et  $k^{-6}$ ) du spectre de VILLARS et WEISSKOPF, mais ne semblaient pas en accord avec le spectre de BOOKER et GORDON.

## DEUXIÈME PARTIE

### APERÇU DE QUELQUES SUJETS ABORDÉS A LA HAYE

#### I. — Facteurs météorologiques ayant une influence sur la propagation.

##### A. — COUCHES D'INVERSION DE SURFACE (d'après l'exposé de J.B. SMYTH, délégué des Etats-Unis).

On connaît depuis longtemps, d'un point de vue qualitatif, l'influence de ces couches d'inversion sur les variations du champ à l'extrémité de liaisons en ondes ultra-courtes, entre points situés à faible altitude et non en visibilité directe (propagations anormales guidées). Une étude plus précise exige la con-

naissance dans la couche d'inversion de la variation de la constante diélectrique  $\epsilon$  ou de l'indice de réfraction  $n = \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_0}}$  en fonction de l'altitude au-dessus du sol  $h$ . Une théorie récente, due à DEACON [12], conduit à un gradient vertical de la forme

$$\frac{dn}{dh} = - \left\{ \frac{a}{h^2} + b \right\} \quad (23)$$

$a$  et  $b$  désignant des constantes ( $-b$  est sensiblement le gradient « standard » :  $-0,039 \times 10^{-6}$  par mètre). Le coefficient  $\beta$  est inférieur à l'unité (de 0,7 à 1 environ) dans des conditions de stabilité atmosphérique, supérieur à l'unité (de 1 à 1,2) en atmosphère instable. DEACON a montré que  $\beta$  était une fonction univoque, pouvant être déterminée par l'expérience, du rapport  $\frac{\theta_2 - \theta_1}{V_s^2}$  où  $\theta_1$  et  $\theta_2$  désignent

les températures potentielles de l'air (<sup>(1)</sup>) à deux altitudes  $h_1$  et  $h_2$ , et  $V_s$  la vitesse du vent à une altitude  $h_3$ . La formule (23) n'est valable qu'au dessus d'une altitude  $h_0$ , d'ailleurs très faible, qui dépend de la rugosité du sol. Sur mer,  $h_0$  serait de 0,6 cm pour les vents supérieurs à 24 km/heure, de 0,0015 cm pour les vents inférieurs à 24 km/heure. La mesure de l'indice de réfraction à la surface du sol (altitude  $h_4$ ) ou de la mer (l'indice est déterminé par la température de la mer), et sa mesure à une certaine altitude  $h_5$  (par exemple sur le pont d'un bateau) donne la valeur de  $a$ . On connaît ainsi toutes les caractéristiques de la couche d'inversion et on peut calculer la longueur d'onde de « coupure » du guide d'onde atmosphérique. Lorsque celle-ci est supérieure à la longueur d'onde utilisée sur une liaison située dans la région où a lieu l'inversion, on doit observer des champs de réception élevés. La méthode a été appliquée par ANDERSON et GOSSARD [13], pour un trajet maritime de 90 km dans les Iles Britanniques, entre deux points situés à 30 m d'altitude. Les longueurs d'onde étaient de 3 à 10 cm. On avait

$$h_1 = 5 \text{ m} \quad h_2 = 0,2 \text{ m} \quad h_3 = 1 \text{ m} \quad h_4 = 30 \text{ m}$$

Les résultats furent assez satisfaisants, surtout pour la longueur d'onde de 3 cm et les vents de vitesses supérieures à 24 km/heure, ou, pour les vitesses inférieures, en cas de stabilité atmosphérique. Un trajet terrestre de 43 km entre deux stations basses (altitudes 7,5 m), dans le Sud-Ouest de l'Arizona, a été étudié de la même façon. Les longueurs d'onde d'essai étaient de 3, 10 et 30 cm. On avait choisi  $h_4 = 2$  m,  $h_5 = 22$  m.

La méthode a été appliquée d'une manière un peu différente par ANDERSON et GOSSARD sur des liaisons de 160 km étudiées par le Central Radio Propagation Laboratory, dans le Colorado. Dans cette région, une couche d'inversion de surface s'établit pendant la nuit par suite du refroidissement du sol. La théorie de DEACON permet de déduire la hauteur

(<sup>1</sup>) Il s'agit ici d'une médiane spatiale, prise sur les différents emplacements de réception possibles.

$\delta$  de la couche d'inversion de la connaissance de  $\beta$  et de la vitesse du vent (donc de  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  et de  $V_2$ ). La mesure de l'indice de réfraction à une seule altitude  $h_2$  (à l'aide d'un abri météorologique) suffit alors à la détermination de la constante  $\alpha$ , en admettant que l'indice est le même, à l'altitude  $\delta$ , qu'en l'absence de couche d'inversion, c'est-à-dire que pendant la journée où l'atmosphère est sensiblement standard.

Ceci étant, des mesures directes ont montré que la variation en décibels du signal reçu par rapport à sa valeur en l'absence d'inversion était une fonction linéaire de  $\alpha$ . On peut donc prévoir la variation diurne du signal, si l'on détermine la valeur maximum de  $\alpha$  au cours de la nuit. En se basant sur les données météorologiques usuelles (pression, température, humidité, vitesse du vent) obtenues sur une période de temps assez longue dans une région donnée, on peut ainsi faire des prévisions statistiques mensuelles des variations diurnes de champ. Les résultats se sont révélés très encourageants dans le cas des liaisons du C.R.P.L., sur les longueurs d'onde de 30 cm et 3 m.

#### B. — COUCHES TURBULENTES EN ALTITUDE.

Nous avons indiqué dans la première partie quelques données, obtenues au réfractomètre, sur la turbulence atmosphérique. Cet appareil a révélé également l'existence fréquente (50 à 70 % du temps), entre le sol et 3 000 m d'altitude, de couches très fortement turbulentes, d'épaisseur limitée, dans lesquelles le rapport  $\left| \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_0} \right|$  atteint plusieurs fois la valeur observée normalement dans l'atmosphère. GORDON [2] a calculé la puissance diffusée correspondante, dont l'importance peut être appréciable à certaines distances. Par exemple une couche de 300 m d'épaisseur, à une altitude de 1 800 m, dans laquelle

$$S = \frac{1}{4l} \left| \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_0} \right|^2 = 3 \times 10^{-13}/m,$$

conduirait, pour des distances comprises entre 250 et 300 km, à une puissance diffusée supérieure de plus d'une dizaine de décibels à celle que l'on obtiendrait avec l'atmosphère caractérisée par la courbe de GORDON sur la figure 1. A des distances inférieures à 200 km ou supérieures à 350 km, l'influence de cette couche turbulente serait par contre négligeable.

Ceci pourrait expliquer une observation faite en 1949 par MEGAW qui, en déterminant expérimentalement la loi de variation de la puissance reçue avec la distance, sur des trajets maritimes, à une longueur d'onde de 10 cm, avait noté un renforcement assez curieux du champ entre 200 et 350 km.

#### C. — TRAVAUX FRANÇAIS.

Parmi les travaux français concernant la radiométéorologie, présentés à La Haye, citons une méthode de mesure directe des gradients d'indice de

réfraction à l'aide de thermo-couples, mise au point à la Faculté des Sciences de Paris [14], et un procédé original permettant de séparer, à l'extrémité d'une liaison, le champ de propagation normale et le champ de diffusion turbulente [15].

## II. — Propagation en visibilité directe.

### A. — LIAISONS MARITIMES ENTRE POINTS BAS ET POINTS HAUT (SOL-AVION).

M. S. WONG, délégué des Etats-Unis, décrit des essais effectués sur 10 cm de longueur d'onde, avec un émetteur situé à une altitude de 6,6 m. Le récepteur, placé à bord d'un avion, s'éloignait au-dessus de la mer jusqu'à une distance de plus de 300 km, à une altitude de 6 600 m. Bien que l'on soit en atmosphère à peu près standard (ceci étant vérifié par des mesures de l'indice au réfractomètre), le champ reçu passait par un nombre de maximum et de minimum très supérieur à ce que laissait prévoir l'interférence entre rayon direct et rayon réfléchi sur la mer : on notait environ 80 minimum séparés par des distances de l'ordre de 1,5 à 2 km. L'explication en est difficile.

### B. — FADINGS PROFONDS (« RADIO HOLES ») SUR DES LIAISONS ENTRE AVIONS (16).

M. S. WONG présenta des enregistrements de champ mettant en évidence d'importants affaiblissements du signal reçu, dans certaines zones, sur des liaisons entre avions. Les tracés de rayons radioélectriques peuvent conduire à de telles zones « d'ombre », lorsqu'il existe des couches d'inversion en altitude et que l'un des avions au moins se trouve au-dessus. Dans certains cas, on a pu vérifier la bonne concordance entre la position des zones d'ombre déterminée par enregistrement de champ, et celle que l'on peut déduire d'un tracé de rayons, lorsque l'on connaît (par radiosondages ou mesures au réfractomètre) la distribution de l'indice de réfraction dans le plan vertical de propagation. WONG donna quelques indications sur des méthodes permettant le calcul du champ reçu.

J. VOGÉ [17] fit remarquer que, si l'on se base sur des tracés de rayons, les zones d'ombre semblent théoriquement affecter le rayon direct beaucoup plus que le rayon réfléchi sur le sol, plus incliné sur l'horizon. Ceci pourrait expliquer certaines caractéristiques des fadings et fluctuations observés, lorsque la réflexion au sol est importante, et en particulier sur mer.

### C. — LIAISONS AU SOL ENTRE STATIONS FIXES.

1° H. DALH, délégué de la Norvège, présenta quelques résultats de propagation, sur 10 cm de longueur d'onde, au-dessus de sols variés : mer, fjords semés de petits îlots, moraines de glaciers. Les pourcentages de temps pendant lesquels la profondeur des évanouissements excédait 15 décibels étaient respectivement de 30 %, 4,7 % et 0,8 %. La stabilité

TÉLÉVISION \* MODULATION DE FRÉQUENCE

# Un ensemble homogène

Pour les revendeurs

\*  
Pour les centres techniques de dépannage

\*  
Pour les contrôles de fin de chaîne

**268 A**  
OSCILLOSCOPE  
PORTATIF  
10 - 1 MHz  
16 mV e/f/cm  
Balayage relaxé  
10-30 KHz  
φ = 70 mm.



**267 B**  
OSCILLOSCOPE  
UNIVERSEL  
0-1MHz ou 20-800 KHz  
Balayage déclenché  
1-140 KHz  
Contrôle tensions  
φ = 90 mm.



**410 A**  
WOBULATEUR T.V.  
ET MODULATION DE FRÉQUENCE  
3 gammes 0-80, 80-125, 160-220 MHz  
Marqueur au quartz et oscillo B.F. incorporés



**466 A**  
MIRE ELECTRONIQUE  
gamme 20-40 et 40-55 MHz  
gamme étalée 160-220 MHz

**Ribet Desjardins**

13, R. PÉRIER, MONTROUGE (SEINE) - ALE. 24-40 (5 lignes)

Liste de nos Agents adressée sur demande

VENTE A CRÉDIT GE-TE-RA - 3 - 6 - 9 - 12 MOIS

augmentait donc, lorsque le coefficient de réflexion sur le sol allait en diminuant.

2° P. CHAVANCE [18] résuma les observations effectuées sur une liaison de 227 km en visibilité, entre le Continent et la Corse. Les longueurs d'onde étaient voisines de 22 cm et 10 cm. Des essais de diversité d'altitude permirent de réduire considérablement les fadings.

L'importance du dégagement sur la stabilité et le niveau moyen fut mis en évidence en considérant quatre trajets de dégagements variés, dans un même plan vertical.

Les sondages météorologiques par avion ont montré de nombreux noyaux d'inversion, mais très peu de couches stratifiées. Le mécanisme des évanouissements est alors difficile à analyser ; on est presque toujours en présence de trajets multiples.

Une liaison beaucoup plus courte (29 km) a été aussi étudiée, afin d'approfondir le phénomène d'interférence entre rayon direct et rayon réfléchi sur la mer.

### III. — Propagation au-delà de l'horizon.

#### A. — THÉORIE.

1° *Théories de propagation troposphérique à grande distance ne faisant pas appel à la turbulence.*

a) *Influence de la stratification atmosphérique.* — J. FEINSTEIN et T.J. CAROLL [19, 20] avaient établi en 1951-1952 que la diminution linéaire de la constante diélectrique de l'air en atmosphère « standard » ( $\frac{d(\epsilon/\epsilon_0)}{dh} = -0,078$  par mètre) donnait lieu à des réflexions partielles. Ils avaient calculé la puissance réfléchie vers le récepteur, par la région de l'espace en visibilité directe de l'émetteur et du récepteur, et montré qu'elle était suffisante pour expliquer les propagations à grande distance. Mais il a été prouvé par la suite que la contribution de la partie de l'espace située au-dessous des horizons de l'émetteur et du récepteur était loin d'être négligeable et, si on tenait compte des variations de phase, annulait sensiblement la puissance précédemment calculée.

T.J. CAROLL fit observer alors que la diminution linéaire standard de  $\epsilon$  n'était admissible que jusqu'à une certaine altitude. Au-dessus de 10 km (limite, en moyenne, de la troposphère),  $\epsilon$  est sensiblement constant (égal à  $\epsilon_0$ ). CAROLL a donc considéré l'atmosphère « bi-linéaire », définie par une décroissance linéaire de  $\epsilon$  jusqu'à 10 km, et par  $\epsilon$  constant au-dessus. Il a calculé, parmi les « modes » de propagation correspondant à ce schéma, ceux d'affaiblissement minimum en fonction de la distance ; il a trouvé ainsi des valeurs de champ d'un ordre de grandeur acceptable du point de vue expérimental [21]. Mais des objections ont été élevées concernant l'introduction de la discontinuité du gradient de  $\epsilon$  à 10 km (la transition est en réalité beaucoup plus progressive) et d'autre part la méthode de calcul du champ

utilisée par CAROLL. La discussion, assez vive à La Haye, se poursuit.

b) *Théorie de diffraction pure.* — Sans faire intervenir la distribution de  $\epsilon$  dans l'atmosphère, J. ORTUSI [22] a présenté une théorie dérivée de celle de la diffraction par un écran (ou une arête montagnueuse), par application du principe d'HUYGHENS et des formules de KOTTLER. Il a obtenu un accord assez frappant avec les courbes expérimentales donnant les variations du champ avec la distance, mais surtout avec les courbes de gains de hauteur publiées par les États-Unis [23], lors du C.C.I.R. de Londres (1953). Cependant, le recours au principe d'HUYGHENS est sujet à des limitations, et là encore la discussion reste ouverte.

2° *Théories de diffusion turbulente (compléments à la première partie).*

a) *Variations du signal en fonction du temps.* — Le calcul des variations et fluctuations dans le temps du signal reçu par diffusion n'est possible qu'en ajoutant aux hypothèses sur la turbulence énoncées dans la première partie. Si l'on admet que les vitesses des particules turbulentes sont distribuées suivant une loi normale de probabilité — et ceci pour tout intervalle spectral  $k, k + dk$  — on peut établir, comme S.O. RICE [24] ou W.E. GORDON [2], que le signal reçu suit une loi de distribution de RAYLEIGH et que la période moyenne des fluctuations est liée à la vitesse quadratique moyenne de turbulence  $v$  et à la vitesse du vent  $V_0$  dans une direction perpendiculaire au trajet de propagation, par la relation :

$$T \approx \frac{\lambda}{2 \sin \frac{\theta_0}{2} \sqrt{v^2 + V_0^2}} \quad (24)$$

où  $\theta_0$  est l'angle de diffusion.

La distribution statistique de HEISENBERG-KOLMOGOROFF conduit également à une loi de RAYLEIGH [25].

b) *Emploi de faisceaux d'aériens très directifs.* — H.G. BOOKER et J.T. BERRENCOURT (États-Unis) ont étudié en détail, [11] du point de vue des applications numériques, le cas des faisceaux très directifs (voir la première partie, paragraphe II, B 2).

Des paraboles de 10 m de diamètre, opérant sur 10 cm de longueur d'onde (faisceaux de 0,73° d'ouverture), permettent théoriquement d'accroître la largeur de bande utilisable, à une distance de 300 km jusqu'à 6 Mc/s. La perte de gain d'antenne relativement à l'espace libre, s'accompagne d'un accroissement apparent de l'angle d'ouverture : un dépointage de 1° des deux antennes par rapport au plan vertical de propagation conduirait à une diminution de la puissance reçue de 7 dB, au lieu de 40 dB en propagation normale. C'est un résultat que l'on va s'efforcer de mettre en évidence expérimentale — pour justifier les théories de diffusion.

c) *Variation du champ en fonction de l'angle de diffusion.* — Nous avons vu dans la première partie le rôle joué par l'angle  $\theta_0$  que font les deux plans

d'horizons de l'émetteur et du récepteur. Cet angle est proportionnel à la longueur  $D$  du trajet de propagation, lorsque l'émetteur et le récepteur sont à la surface d'une terre parfaitement sphérique. Mais dans le cas général où les antennes sont surélevées par rapport au sol et où le relief est marqué, il est plus normal, comme l'a montré K.A. NORTON (États-Unis), de considérer l'angle  $\theta_0$  que la distance  $D$ . Le rapport entre la puissance émise et la puissance reçue, pour une longueur d'onde donnée et des aériens de gains donnés, dépend presque uniquement de l'angle  $\theta_0$  et très peu de l'altitude des aériens au-dessus du sol. Ce résultat est valable non seulement aux très grandes distances (zones de diffusion), mais aussi dans la zone de diffraction normale qui s'étend de l'horizon jusqu'à la zone de diffusion [26].

Dans la région de transition entre ces deux zones (pour  $\theta_0$  de l'ordre d'une dizaine de milliradians), le champ reçu résultera de la superposition d'un champ relativement stable (de diffraction) et d'un champ fluctuant suivant une distribution de RAYLEIGH (champ de diffusion). Dans ces conditions, le rapport du champ dépassé pendant 10 % au temps du champ dépassé pendant 90 % du temps pendant une période assez courte, par exemple 5 à 10 minutes, ne devrait dépendre sensiblement que de la fréquence et de  $\theta_0$  : il serait au maximum de 13,6 décibels dans la zone de diffusion (loi de RAYLEIGH) [27].

#### B. — RÉSULTATS D'EXPÉRIENCE.

##### a) Zone de diffraction.

Des liaisons maritimes de 200 à 300 km, en ondes métriques, ont été étudiées en différentes régions de la Méditerranée (Continent-Corse, Sardaigne-Algérie, Sicile - Tunisie). On a comparé les distributions statistiques du gradient vertical moyen de  $z$  obtenues à partir de données de propagation (en appliquant les théories classiques de la diffraction) avec les distributions que l'on peut déduire de radio-sondages météorologiques. Une communication française a été présentée à La Haye à ce sujet [28, 29].

##### b) Zone de diffusion.

1° *Périodes de fluctuations. Gains d'aériens.* — K.A. NORTON a décrit des essais effectués aux États-Unis [30], sur des trajets de 350 et 600 km, à une longueur d'onde de 3 m. Les périodes moyennes des fluctuations étaient légèrement variables avec le temps, de l'ordre de 5 à 30 secondes sur le trajet le plus long.

La réception fut effectuée simultanément sur deux antennes, losange et yagi : le gain apparent (médiann horaire) du losange par rapport au yagi se modifiait au cours du temps, les écarts étant de quelques décibels autour de la valeur en espace libre (6,5 décibels). Mais la période des fluctuations restait dans tous les cas sensiblement la même pour les signaux captés par les deux antennes.

2° *Variation du champ avec la distance.* — B. ABILD (Allemagne) résuma les résultats d'enregistrements du champ de stations de radiodiffusion en

modulation de fréquence, à des longueurs d'onde voisines de 3 m, sur des distances  $D$  échelonnées entre 25 et 330 km. Le rapport de la puissance médiane reçue à la puissance théorique en espace libre variait approximativement en  $1/D^{2,3}$ . Ceci est à rapprocher de la variation théorique, en  $1/D^2$ , indiquée dans la première partie [31, 32].

3° *Travaux français.* — J. VOGÉ présenta les résultats obtenus par le Laboratoire National de Radio-électricité [33] et la Direction des Services Radio-électriques des P.T.T. [34], sur une longueur d'onde de 3 m (Réception de l'émetteur anglais de WROTHAM à Bagneux, Poitiers et Arcahon — Transmissions à travers la Méditerranée, de Corse en Algérie). Ces essais confirment en général les observations effectuées à l'étranger, mais les niveaux de réception apparaissent comme exceptionnellement élevés sur le trajet maritime.

#### IV. — Influence des irrégularités du sol.

##### A. — RÉFLEXION ET DIFFUSION SUR UN SOL IRRÉGULIER (THÉORIE).

La réflexion sur une surface unie a lieu dans une direction bien déterminée. Sur un sol irrégulier, l'énergie réfléchie est partiellement diffusée dans toutes les directions, la direction de réflexion maximum étant toutefois sensiblement la même que précédemment. Du point de vue théorique, on devra distinguer le cas de l'irrégularité isolée et celui d'un ensemble d'irrégularités distribuées suivant certaines lois statistiques. V. TWENSKY (États-Unis) a résumé à La Haye les résultats acquis dans ce domaine, en ce qui concerne le calcul du coefficient de réflexion, et celui de la puissance élémentaire diffusée en fonction de l'angle d'incidence et de la direction de diffusion [35]. TWENSKY a considéré en particulier le cas d'une distribution à une dimension d'irrégularités sur un plan (surfaces striées), les positions de ces irrégularités étant aléatoires, mais leurs distances obéissant à une loi de corrélation supposée connue. Il a tenu compte des diffusions multiples (effets de plusieurs réflexions successives) et montré que leur influence était négligeable en polarisation horizontale, sur un sol parfaitement conducteur. La forme de la section droite des irrégularités (arc de cercle, de parabole, etc...) doit être prise en considération pour des calculs précis.

##### B. — INFLUENCE DES IRRÉGULARITÉS DU SOL SUR LA PROPAGATION DANS LA ZONE DE VISIBILITÉ DIRECTE (Résultats expérimentaux).

J.A. SAXTON a présenté les résultats d'expériences effectuées en Grande-Bretagne, pour déterminer la zone de service d'émetteurs de télévision ou de radio-diffusion en modulation de fréquence, en ondes métriques et décimétriques [36, 37]. Pour un récepteur à faible altitude, et un sol parfaitement uni, la théorie conduit à un champ  $E_0$ , qui, à puissance d'émission et gain d'émission donnés, augmente avec la fréquence.



# LES CÂBLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CÂBLES ÉLECTRIQUES DE LA C<sup>IE</sup> GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

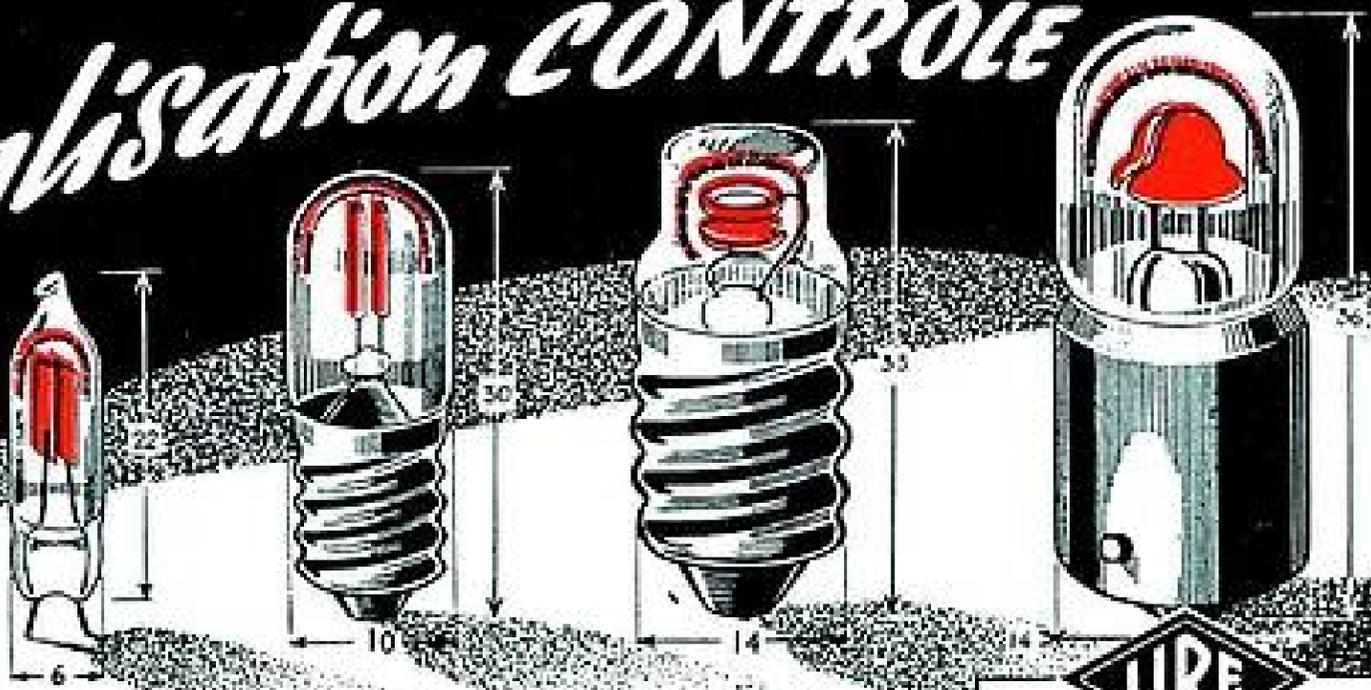
170 Av. JEAN JAURÈS LYON

USINES A: LYON-BEZONS-CALAIS



CÂBLES SPECIAUX POUR H.F. ET U.H.F.

# Signalisation CONTRÔLE



# NÉON L.I.R.E.

LABORATOIRE INDUSTRIEL ET DE RECHERCHES ELECTRONIQUES

69, RUE DES GALVENTS — CLAMART (SEINE) — TÉL. : MIC 46-19



DEMANDEZ  
notre documentation  
complète

Agence DOMENACH

En particulier, dans la zone où la courbure du sol est négligeable, on aurait :

$$E_0 \approx \sqrt[3]{7} \frac{\sqrt{P g_1}}{D} \times \frac{4 \pi h_E h_R}{\lambda D} \quad (25)$$

(pour  $h_E + h_R \ll D$ ).

Dans cette formule les notations sont les suivantes :  $P$  puissance d'émission en  $W$ ,  $D$  distance en  $m$ ,  $h_E$ ,  $h_R$  altitudes des antennes d'émission et de réception en  $m$ ,  $\lambda$  longueur d'onde en  $m$ ,  $g_1$  gain de l'antenne d'émission par rapport au dipôle demi-onde,  $E_0$  champ reçu en  $V/m$ .

L'expérience a montré que l'effet des irrégularités du sol était de réduire, de façon sensible en ondes décimétriques, le champ médian (\*) reçu, au-dessous de la valeur  $E_0$  sur sol uni. Cette réduction est telle que le champ médian  $E_m$  diminue lorsque la fréquence augmente. Le rapport  $\frac{E_m}{E_0}$  est à peu près indépendant de l'altitude d'émission (de 100 à 300 m par exemple) il est donné approximativement par la relation

$$20 \log_{10} \frac{E_m}{E_0} = (37 - 20 \log_{10} f) \text{ décibels,} \quad (26)$$

où la fréquence  $f$  est en  $Mc/s$ . Cette formule est valable de 50 à 1 000  $Mc/s$  environ, mais n'est pas applicable en terrain montagneux, ni dans une zone urbaine. Les valeurs de champs observés présentent en fonction du point de réception une certaine dispersion autour de la valeur médiane  $E_m$ , l'écart restant dans 80 % des cas inférieur à  $\pm 10$  dB sur 100  $Mc/s$ , à  $\pm 15$  dB pour 500 - 600  $Mc/s$ .

#### C. — PROPAGATION SUR UN SOL DE CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES VARIABLES (THÉORIE).

H. BREMMER (Pays-Bas) a abordé ce problème, sur sol plan, suivant une méthode relativement simple. Soit  $W(x)$  le rapport du champ électrique à la distance  $x$  de l'émetteur au champ que l'on aurait à la même distance sur un sol parfaitement conducteur.

BREMMER établit [38] l'équation intégrale suivante :

$$W(x) = 1 + i \sqrt{\frac{x}{\pi}} \int_0^x \frac{\mu(\xi) W(\xi)}{\sqrt{\xi(x-\xi)}} d\xi \quad (27)$$

où

$$\mu = \sqrt{\frac{i \pi (\eta - 1)}{\lambda \eta^2}} \quad \text{et} \quad \eta = \frac{\epsilon_0}{\epsilon} - i 60 \lambda \sigma \quad (28)$$

$\frac{\epsilon}{\epsilon_0}$  désigne la constante diélectrique relative du sol par rapport au vide,  $\sigma$  la conductibilité du sol en mhos par mètre, et  $\lambda$  la longueur d'onde en mètres.

$\frac{\epsilon}{\epsilon_0}$  et  $\sigma$  peuvent varier le long du sol, en fonction de  $x$ .

Partant de cette équation, BREMMER a étudié de façon détaillée le cas particulier de la propagation sur un trajet mixte comportant deux ou trois régions adjacentes de caractéristiques différentes (trajet terre-mer par exemple).

#### V. — Divers.

J.S. MARSHALL (Canada) a fait le point sur les études de pluies et précipitations à l'aide du radar, puis présenté quelques unes de ses recherches personnelles [34].

R. LHERMITTE (France) a exposé une théorie qui permet d'expliquer l'aspect des échos d'averse, et le phénomène des « bandes supérieures » qui apparaissent dans certaines conditions sur l'écran des radars, au-dessus de la région de l'isotherme zéro degré [40]. Nous espérons que R. LHERMITTE pourra donner prochainement un compte-rendu plus complet des travaux de l'U.R.S.I. dans ce domaine.

Signalons enfin une communication de P. POINCELOT, sur la non-existence de l'onde de surface à laquelle A. SOMMERFELD avait été conduit, dans sa théorie célèbre de la propagation sur sol plan [41].

#### ANNEXE

#### RÉSOLUTIONS DE LA COMMISSION II

##### RÉSOLUTION 1.

A la lumière des communications sur la diffusion des ondes radioélectriques par les fluctuations de l'indice de réfraction atmosphérique, présentées à l'Assemblée Générale de Sydney, la Commission II a finalement recommandé que l'étude de ce problème soit orientée par l'U.R.S.I. dans les directions suivantes :

a) Influence de la latitude, du climat et de la nature du sol sur le champ dispersé, à l'aide d'observations effectuées dans divers pays.

b) Mise en œuvre des progrès récents de la technique de mesure micrométéorologique pour explorer les caractéristiques statistiques des fluctuations de l'indice de réfraction atmosphérique.

c) Connaissance quantitative plus poussée des moyens qui permettent de relier les observations, dont il est question au paragraphe b, aux résultats pratiques d'ordre radioélectrique, en particulier dans le but d'obtenir des approximations satisfaisantes dans le cas des ondes métriques.

d) En particulier, des mesures du champ d'émetteurs à grande puissance, aux fréquences supérieures à 100  $Mc/s$ , pour de faibles hauteurs d'aériens et de grandes distances, surtout au-delà de 200 miles, sont hautement désirables. Des mesures radiométéorologiques destinées à mieux faire comprendre les mécanismes de propagation sont également souhaitables.

- [14] M. ELNESE. — C. Rendus Académie des Sciences, Paris, Vol. 237, p. 1270 (16 Novembre 1953).
- [15] J. ORTUSI. — *Annales de Radioélectricité*, Vol. 9, p. 227 (Juillet 1954) : ANNEXE 3.
- [16] M.S. WONG. — Symposium on Tropospheric Radio Wave Propagation within the Horizon, Rapport n° 409 des U.S. Navy Electronics Laboratory, p. 56 (Septembre 1953).
- [17] J. VONX. — *Note Préliminaire du Laboratoire National de Radioélectricité n° 167* (18 Août 1953).  
— C. Rendus Académie des Sciences, Paris, Vol. 237, p. 491 (31 août 1953).
- [18] P. CHAVANCE, L. BOITRELLAS, P. BLASSEL. — *Annales des Télécommunications*, Vol. 9, n° 6, p. 158 (Juin 1954).
- [19] J. FEINSTEIN. — *Transactions of the I.R.E.* PGAP-2, p. 2 (Mars 1952) et PGAP-3, p. 101 (Août 1952).
- [20] T.J. CARROLL. — *Transactions of the I.R.E.*, PGAP-2, p. 9 (Mars 1952) et PGAP-3, p. 84 (Août 1952).
- [21] T.J. CARROLL, R.M. KING. — *Proceedings of the Conference on Radio Meteorology*, 1-6 (Novembre 1953).
- [22] J. ORTUSI. — *Annales de Radioélectricité*, Vol. 9, p. 227 (Juillet 1954).
- [23] Document n° 201, C.C.I.R., Londres 1953, présenté par les Etats-Unis.
- [24] S.O. RICE. — *P.I.R.E.*, Vol. 41, p. 274 (Février 1953).
- [25] H.A. SILVERMAN, M. BALSER. — *Physical Review*, Vol. 96, p. 560 (1 Novembre 1954).
- [26] K.A. NORTON. — Document n° 134 présenté à l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I., La Haye 1954.
- [27] K.A. NORTON. — Document n° 187 présenté à l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I., La Haye 1954.
- [28] F. DU CASTEL. — *Note Préliminaire du Laboratoire National de Radioélectricité n° 175*, 10 Juin 1954.
- [29] F. DU CASTEL et J. VOGEL. — Document n° 154, présenté à l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I., La Haye, 1954.
- [30] A.P. BARRIS. — *Convention Record of I.R.E.*, Part. 1, 1954, p. 98.
- [31] B. ANLID. — Document n° 62 présenté à l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I., La Haye, 1954.
- [32] J. GROSSKOPF, K.H. KAPPELHOFF. — Document n° 61 présenté à l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I., La Haye, 1954.
- [33] B. SADOUN. — *Annales des Télécommunications*, Vol. 8, p. 299 (Août-Septembre 1953).
- [34] Y. PLACE, P. DEMAN, O. BLAUWART, J. FOISSARD. — *Bulletin des Services Radiométriques*, Vol. 9, p. 13 (Octobre 1954), Vol. 10, p. 5 (Janvier 1955).
- [35] V. TWOSKY. — *Journal of Applied Physics*, Vol. 22, p. 825 (1951) et Vol. 23, p. 407 et 1099 (1952) ;  
— *Journal Acoustical Soc. America*, Vol. 24, p. 42 (1952) ;  
— *Symposium on Tropospheric Radio Wave Propagation within the Horizon*, Rapport n° 409 des U.S. Navy Electronics Laboratory p. 27 (Septembre 1953).
- [36] J.A. SAXTON. — *P.I.E.E.*, Vol. 101, Part. III, p. 211 (Juillet 1954).
- [37] J.A. SAXTON, B.N. HARDEN. — *P.I.E.E.*, Vol. 101, Part. III, p. 215 (Juillet 1954).
- [38] H. BREMER. — *Physica*, Vol. 20, p. 441 (Août 1954).
- [39] Document n° 192 (Rapport du Comité National Canadien) présenté à l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I., La Haye 1954.
- [40] R. LIERRETTE. — *Journal Scientifique de la Météorologie*, Vol. 6, n° 21, (Janvier — Mars 1954).
- [41] P. POINCELOT. — *Comptes Rendus Académie des Sciences, Paris*, Vol. 235, p. 350 (3 Août 1952) ;  
*Annales des Télécommunications*, Vol. 8, p. 206 (Juin 1953).

**POUR LA BANDE des 10cm...**



**GÉNÉRATEUR type LG-201  
1800 - 4000 MHz**

Toutes commandes à lecture directe :  
- fréquence - atténuation.

Modulations internes en : signaux  
carrés - impulsions - modulation de  
fréquence (dents de scie).

Le générateur LG 201 est l'appareil qui  
convient à tous les laboratoires, aussi bien  
pour les mesures sur les récepteurs que  
pour les mesures d'impédances sur lignes.

Toutes ses possibilités en font l'appareil  
de base pour les études dans la bande 10 cm.

Bande 20 cm : générateur type LG 101  
mêmes caractéristiques que le LG 201 sauf  
plage de fréquences : 900-2200MHz.

**ETS GEFROY & C<sup>IE</sup>**

SOCIÉTÉ ANONYME - CAP. 72.192.000 FR.

**7 A 9, RUE DES CLOYS - PARIS XVIII<sup>e</sup>**

**: MON 44-65**

**NOUVEAU CENTRE DE PRODUCTION : 18, AVENUE VAILLANT-COUTURIER - TRAPPES (S. & O.)**



# RADIOÉLECTRICITÉ IONOSPHERIQUE

(Commission III)

PAR

D. LEPECHINSKY

*Ingénieur en Chef  
au Bureau Ionosphérique Français*

## 1) Introduction.

La Commission III a tenu à La Haye 6 séances consacrées aux sujets suivants :

1° Phénomènes ionosphériques dans les hautes latitudes ;

2° Structure de la couche D ;

3° Mouvements dans l'ionosphère (avec la Commission V de Radio-Astronomie) ;

4° Exploration de l'ionosphère par fusées ;

5° Etude de l'absorption et de la diffusion vers l'avant. (forward scattering) ;

6° L'anomalie géomagnétique et les tempêtes ionosphériques.

D'autre part, la préparation de l'Année Géophysique Internationale 1957/58 a donné lieu à deux réunions du Comité Spécial de l'A.G.I. de l'U.R.S.I., préparatoires de la réunion du C.S.A.G.I. de Rome de septembre de la même année.

Comme à Sydney, en 1952, lors de la X<sup>e</sup> Assemblée Générale, la participation internationale aux travaux sur l'ionosphère et sur la Propagation Ionosphérique a été très importante. Plus de quatorze pays ont en effet soumis des contributions scientifiques sur les sujets ionosphériques les plus divers.

C'est dire que l'étude de l'ionosphère est plus que jamais à l'ordre du jour et que l'on ressent de plus en plus dans le monde la nécessité d'y consacrer tous les efforts possibles.

Comme à Sydney, cette fois encore, les Etats-Unis d'Amérique, le Canada, la Grande-Bretagne et l'Australie sont venus en tête par l'ampleur des travaux expérimentaux et théoriques accomplis durant les deux années écoulées.

L'effort de la France a toutefois retenu l'attention : les résultats des sondages ionosphériques de la Terre Adélie, ceux de Casablanca, ceux de Bangui durant l'éclipse du 25 février 1952, les travaux du SPIM (\*) sous incidence oblique à grande distance et ceux en vue de la discrimination des échos verticaux et obliques, les travaux théoriques du BIF (\*\*) et du SPIM, ont nettement affirmé la participation active française dans cet important domaine de recherches.

## 2) Aperçu des principales questions traitées.

Il est impossible dans un exposé limité de rendre compte de tous les problèmes abordés à La Haye, qui pourtant constituent chacun un aspect particulier de l'énigme que la Nature nous pose dans cette région de la Haute Atmosphère qui s'est révélée si utile aux télécommunications. Je me bornerai donc à passer en revue les principaux dans l'ordre des séances où ils ont été débattus.

— Les phénomènes ionosphériques dans les hautes altitudes examinés dans la 1<sup>re</sup> séance, se révèlent extrêmement complexes et leur compréhension nécessite des méthodes de sondage appropriées. Un groupe d'études spécial a été nommé pour la mise au point de ces méthodes.

— Une attention particulière a été consacrée aux Etats-Unis, au Canada et en Norvège à l'étude des aurores boréales par radar sur 30 à 100 Mc/s. Il semble que les rayons auroraux soient formés de cylindres de très forte densité ionique et qu'ils suivent approximativement les lignes de force du champ terrestre. Leur localisation et leur variation diurne fait l'objet de recherches.

(\*) SPIM : Service de Prévion Ionosphérique Militaire.

(\*\*) BIF : Bureau Ionosphérique Français.

— La structure de la couche *D* et son origine probable, examinées dans la 2<sup>e</sup> séance ont fait l'objet de nouvelles hypothèses.

Le système de courants « *Sq* » responsables de la variation magnétique diurne serait situé vers 100 km d'altitude (c'est-à-dire dans la couche *E*). L'effet des éruptions chromosphériques solaires sur la basse ionosphère serait réparti entre les couches *D* et *E*. Selon A.P. MITRA et le D<sup>r</sup> NICOLET, la couche *D* serait produite par l'ionisation de *NO* par le rayonnement  $L\alpha$  (1217 Å). Le D<sup>r</sup> NICOLET a signalé la probabilité d'une lente descente du *NO* par malaxage. Si celui-ci est plus fort en hiver qu'en été, une plus forte densité électronique et donc une plus forte absorption dans la couche « *D* » peuvent se manifester en hiver. A ce point de vue, il semble que l'on doive actuellement admettre l'existence de deux maxima d'absorption : l'un situé à 93 km d'altitude, c'est-à-dire dans la couche *E* inférieure, l'autre à 80 km dans la couche *D* proprement dite. En définitive, il y aurait lieu de distinguer de haut en bas :

- a) La région des courants « *Sq* » vers 100 km ;
- b) La région des renforcements d'ionisation par les éruptions chromosphériques, entre 90 et 100 km ;
- c) la région absorbante proprement dite.

Au point de vue expérimental, des échos « *D* » ont été obtenus en Allemagne sur 4 et 5 Mc/s à des altitudes variant entre 70 et 95 km. Ces échos plus fréquents en hiver qu'en été pourraient être dûs selon le D<sup>r</sup> DIEMINGER à une réflexion partielle sur un fort gradient de densité électronique à la base de *E*. D'intéressantes mesures de la polarisation des échos sur 150 kc/s ont été faites aux Etats-Unis en vue de déterminer la structure électronique de la couche *D*.

— Conjointement avec la Commission V de la radio-astronomie, la Commission III a examiné dans sa 3<sup>e</sup> séance les résultats des études faites sur les mouvements dans l'ionosphère par la méthode de scintillation des étoiles radioélectriques. On sait que la méthode ordinaire consiste à comparer l'allure des fluctuations d'intensité sur ondes métriques en trois points peu éloignés et de déduire du déplacement systématique des maxima et minima successifs, la direction et la vitesse du vent dans la haute atmosphère.

Le D<sup>r</sup> PAWSEY (Australie) a perfectionné le procédé en explorant rapidement le spectre radioélectrique émis par l'étoile, entre 40 et 70 Mc/s. L'intensité plus ou moins grande du champ reçu lors du balayage de fréquence se traduit sur le film par un trait plus ou moins foncé et les irrégularités en mouvement systématique dans l'ionosphère supérieure se manifestent par des zones sombres régulièrement espacées sur le film et dont la direction générale et l'espacement permettent d'apprécier la direction et la vitesse du vent ionosphérique. Celle-ci a été trouvée de l'ordre de 80 à 100 m/s. Un doute subsiste néanmoins sur la région ionosphérique en cause car *Es*

tout comme *F2* sont susceptibles d'affecter ces fréquences.

En Grande Bretagne (Jordell Bank), le D<sup>r</sup> LOVELL, utilisant lui aussi la constellation du Cygne, a poursuivi les mesures des vents par la méthode habituelle sur 18 Mc/s avec 3 points de réception. Une bonne corrélation a été ainsi trouvée entre les fortes fluctuations enregistrées et la présence de traces diffuses dans les sondages de la région *F*. Au contraire, aucune n'a été aperçue avec la couche *E* sporadique. Le vent constaté avait en général une direction nettement vers l'Ouest avant minuit et vers l'Est après 0200 heures locales. La vitesse du fading était le plus élevée au moment du changement de sens. Lorsque la Constellation du Cygne rayonnait à travers la zone des aurores, de fortes fluctuations avaient lieu de jour et de nuit. A ces époques, le changement de direction du vent se produisait vers 2100 heures locales. Les vitesses de vent trouvées variaient entre 50 et 300 m/s.

Des mesures de vent, par la même méthode, ont également été faites aux Etats-Unis. Il semble bien que la région ionosphérique intéressée soit la haute ionosphère ; pourtant certaine corrélation a été observée avec la couche *Es*. Le problème de la localisation exacte de ces mouvements n'est donc pas encore résolu.

Nous en arrivons maintenant aux trois dernières séances de la Commission III au cours desquelles ont été étudiés les trois sujets les plus marquants de cette session de 1954, à savoir :

- 1) L'exploration de l'ionosphère par fusées.
- 2) L'absorption et la diffusion vers l'avant (forward scattering) ;
- 3) L'anomalie géomagnétique dans l'ionosphère et les essais d'interprétation du phénomène.

Je n'insisterai pas ici sur l'intéressante question du « forward scattering » qui est développée tout spécialement dans le compte rendu de la Commission II et peu de chose sur l'absorption, si ce n'est que devant la difficulté de ce problème et de l'interprétation correcte des mesures faites par la seule méthode utilisée jusqu'ici, et surtout devant les objections de principe soulevées par la délégation française, la Commission III a décidé de confier à un Comité Spécial le soin de décider des procédés à mettre en œuvre à cet effet durant l'Année Géophysique Internationale.

Je vais par contre esquisser avec plus de détails les deux autres très importantes questions, dont l'une est du domaine purement expérimental : l'exploration de l'ionosphère par fusées et l'autre de nature plutôt théorique puisqu'il s'agit d'essais d'explication de l'effet de longitude dans la région *F*.

### 3) L'exploration de l'ionosphère par fusées.

Des communications détaillées ont été faites par plusieurs membres de la délégation américaine sur

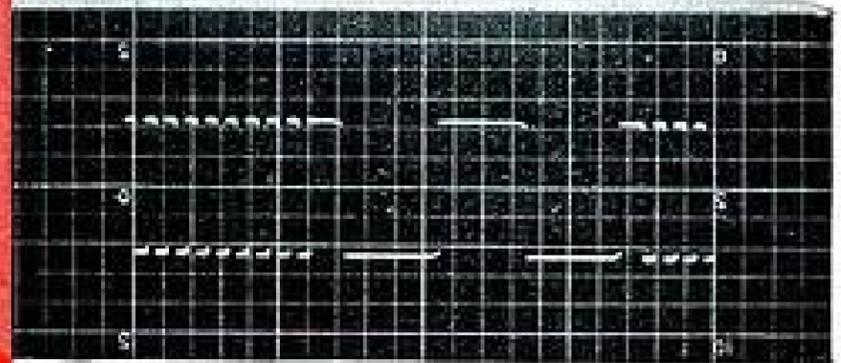
*Un seul OSCILLOSCOPE*

# DU MONT

## TYPE 323

RÉUNIT EN UN SEUL APPAREIL toutes les possibilités en sensibilité et en haute précision que peuvent souhaiter les laboratoires les plus exigeants. CC à 20 MG.

- ← Loupe électronique grossissant le balayage 10 fois.
- ★ OSCILLOGRAPHES CATHODIQUES pour tous usages scientifiques et industriels.
- ★ TUBES CATHODIQUES DE PRÉCISION



ALLEN B. DUMONT Lab. U.S.A.  
AGENT GÉNÉRAL FRANCE & U. F.



TUBES PHOTO-MULTIPLICATEURS

LOUPE GROSSISSANTE



### ETS RADIOPHON

50 FG POISSONNIÈRE - PARIS - PRO. 52-03

AGENCE PUBLÉDITEC-DOMENACH

# ATOMIC

CAMBRIDGE Mass. U.S.A.

INSTRUMENT  
COMPANY

APPAREILS POUR LES RECHERCHES DANS LE DOMAINE NUCLÉAIRE ET ANNEXE.

COMPTEURS. AMPLIFICATEURS. ALIMENTATIONS H.T., COMPTEURS DE CADENCE D'IMPULSIONS DE COINCIDENCE, D'ANTICOINCIDENCE etc...



**CONTROLEUR DE RADIATIONS PORTABLE**

Type 404 A

Avec nouvelle échelle Logarithmique — Gamme 3 à 3.000 MR/H pour détecteur de radiations gamma et bêta.

Précision:  $\pm 10\%$  en tous points de l'échelle.

AGENT EXCLUSIF FRANCE & U. F.

### ETS RADIOPHON

50 FG POISSONNIÈRE - PARIS - PRO. 52-03



AGENCE PUBLÉDITEC-DOMENACH

l'étude de l'ionosphère par les fusées, faite aux Etats-Unis depuis 1952.

Par ordre d'importance les fusées actuellement utilisées dans ce pays sont : (1) les V2, (2) les « Aerobee », (3) les Vikings, (4) les Skyhook-Deacon.

Rappelons que la fusée est le plus simple des moteurs thermiques et pourtant celui dont le rendement est le meilleur.

Elle peut se propulser dans l'espace vide étant donné qu'elle porte son propre combustible et son propre comburant : l'alcool et l'oxygène liquide.

— Les V2 sont les plus importantes — elles dérivent des fameuses V2 de la dernière guerre. Une V2 expérimentale est longue d'environ 14 mètres et son diamètre est de 1,60 m environ. Elle pèse près de 14 tonnes dont 9,5 t d'alcool et d'oxygène et peut porter 900 kg d'équipement scientifique jusqu'à 170 km d'altitude.

L'alcool et l'oxygène liquide sont introduits dans la chambre de combustion sous haute pression. La combustion elle-même dure près d'une minute. La poussée ainsi obtenue atteint 28 t environ. La vitesse maximum atteinte au moment de la combustion est de 1,5 km/s. Des conduits en graphite disposés dans le réacteur assurent le guidage au départ. La stabilisation azimutale est réalisée par des gyroscopes fixes qui contrôlent l'inclinaison des ailettes de la fusée durant sa montée. Cette inclinaison varie de manière que l'engin retombe à environ 50 km du point de lancement. Après épuisement du combustible, la fusée n'est pratiquement plus contrôlée et acquiert un roulis et un tangage difficilement prévisibles. Elle parcourt sa trajectoire en 7 à 8 minutes environ dont 4 minutes au-dessus de l'altitude de 80 km, le maximum atteint étant de 170 km.

En général, une charge d'explosif arrache la tête de la fusée retombante à une cinquantaine de kilomètres du sol et l'équipement scientifique parvient à terre à des vitesses de l'ordre de 100 m/s seulement qui permettent de le récupérer dans des conditions acceptables et même parfois de le réutiliser.

— L'« Aerobee » est une fusée plus simple et moins onéreuse que la V2. Elle est couramment utilisée aux Etats-Unis à l'heure actuelle. Construite en matériaux pratiquement non magnétiques tels que l'aluminium et l'acier inoxydable, elle mesure près de 6 m de long et son diamètre est de 40 cm environ. Le nez de la fusée, long de 2,25 m, contient l'équipement scientifique, pesant près de 70 kg. C'est d'abord l'accélérateur de la fusée — sorte de court réacteur à ailettes qui assure le départ.

Cet accélérateur fonctionne avec un combustible solide et imprime à l'engin une vitesse de près de 300 m/s. Il se détache ensuite automatiquement tandis que le réacteur à combustible liquide de la fusée proprement dite entre en action. La propulsion de l'engin est assurée jusqu'à une altitude de 30 km environ, lorsque la vitesse atteinte est de l'ordre de 1,25 km/s. La fusée monte ensuite jusqu'à 120 km, rarement davantage. La stabilité en vol est obtenue au moyen de trois ailettes fixes et la trajectoire est

imposée par l'inclinaison d'une tour de lancement spéciale longue de 40 mètres environ.

— La fusée « Viking » est une version modifiée de l'Aerobee. Elle a l'avantage, au point de vue de l'interprétation des mesures, d'être stabilisée durant la descente par des jets d'air comprimé (4).

— Les fusées « Deacon », sont les plus réduites. Elles sont longues de moins d'un mètre et pourtant sont susceptibles d'emporter une charge utile d'une vingtaine de kg jusqu'à 80 km d'altitude. Elles sont prévues pour un lancement à haute altitude à partir de ballons, c'est-à-dire dans des conditions aérodynamiques très favorables.

— L'appareillage scientifique à bord des fusées doit fonctionner dans des conditions de pression et de température très défavorables et nécessite des précautions spéciales. Il comprend en général des baromètres de type très différents (puisque la pression à mesurer varie de 700 mm à  $10^{-6}$  mm) ; des spectrographes spéciaux pour la photographie du spectre ultraviolet, des émetteurs radio pour études ionosphériques, des appareils de prise d'échantillons d'air, des caméras pour photographie du sol, des appareils pour la mesure de l'intensité des rayons cosmiques, un magnétomètre et enfin et surtout l'équipement radioélectrique pour la transmission à la station de contrôle, au sol, d'impulsions, traduisant les indications de tous ces appareils de mesure à chaque instant et permettant à la station de contrôle de suivre pas à pas, pour ainsi dire, la variation des différents paramètres relevés au cours du vol de la fusée. On choisit habituellement pour cette transmission une fréquence de l'ordre de 1000 Mc/s qui présente l'avantage d'être suffisamment éloignée des autres fréquences utilisées dans la fusée et de pénétrer l'ionosphère. On arrive ainsi à transmettre jusqu'à 200 mesures par seconde en convertissant les tensions relevées en intervalles de temps entre deux impulsions successives. Ajoutons que les dispositifs installés au sol permettent l'enregistrement continu de toutes ces données.

Voici maintenant en quelques mots l'essentiel des techniques employées et des résultats obtenus :

#### — Le spectre solaire ultra-violet.

L'étude de ce spectre fournit des données d'une part sur la transparence de l'atmosphère terrestre et d'autre part sur la répartition des intensités dans le spectre lui-même. On utilise en général un réseau concave pour la dispersion et on a mis au point, un système à miroir tournant qui suit automatiquement le Soleil au moyen d'un moteur commandé par deux cellules photoélectriques symétriques et illumine constamment la fente du spectrographe.

Le spectre solaire s'étend rapidement vers l'ultra-violet lorsque la fusée a franchi la couche d'ozone, c'est-à-dire au delà de 50 km d'altitude. C'est vers

(4) Nous apprenons depuis la rédaction de ce compte rendu, qu'une fusée Viking X du Naval Research Laboratory des Etats-Unis a atteint en mai 1954, l'altitude record de 219 km.

70 à 80 km que la transparence aux longueurs d'onde de moins de 1 300 Å commence à devenir appréciable. Il faut atteindre près de 100 km d'altitude pour que les longueurs d'onde de moins de 100 Å se manifestent.

D'une manière générale il semble que l'intensité de l'ultraviolet solaire soit bien moins forte que celle correspondant à un corps noir à 6 000° K : les vapeurs métalliques de l'atmosphère solaire pourraient en être la cause.

#### — La pression atmosphérique.

Elle varie comme on l'a vu, dans des proportions énormes : 700 mm au sol à  $10^{-6}$  mm à 160 km d'altitude. On utilise des dispositifs à dépression de diverses sensibilités, jusqu'à 10 mm de mercure. Pour les pressions inférieures, on a recours, jusqu'à 0,1 mm de mercure, au bolomètre Pirani à fil chauffé électriquement et pour les pressions très basses au dispositif Philips à décharge entre deux électrodes sous une tension de 3 000 volts. L'intensité du courant de décharge est une mesure indirecte de la pression. La décroissance de la pression avec l'altitude a été trouvée presque exponentielle jusqu'à 120 km.

#### La température de l'atmosphère.

La vitesse de la fusée étant beaucoup plus grande que la vitesse moyenne des molécules d'air, il est impossible de faire des mesures directes de la température.

D'ailleurs, aux hautes altitudes, au delà de 60 km, les éléments thermométriques, même soigneusement protégés ne sont plus commandés par le processus ordinaire de la conduction thermique. On a donc recours aux données recueillies sur la pression pour en déduire la température indirectement en se servant soit : de la relation applicable à l'équilibre isotherme (loi de Laplace) :

$$\text{Log} (P/P_0) = -h/H,$$

(où  $P$  est la pression à l'altitude  $h$ ,  $P_0$  étant la pression au niveau du sol), d'après laquelle la pente de la courbe  $\text{Log} (P/P_0)$  est proportionnelle à la hauteur d'échelle  $H$ , à la condition toutefois d'admettre que la composition de l'air atmosphérique soit constante — ce qui n'est correct que jusqu'à une altitude de 80 km environ —. On obtient alors la température

par la relation  $H = \frac{KT}{mg}$ , où  $K$  est la constante

de Boltzmann,  $g$ , l'accélération de la pesanteur et  $m$  la masse de la molécule d'air ; — soit du rapport des pressions enregistrées sur le nez de la fusée et sur ses faces latérales. On sait en effet que ce rapport varie d'une manière connue avec le rapport de la vitesse de la fusée à celle du son, dit rapport de «Mach» ; or celle du son est proportionnelle à  $\sqrt{T/mg}$  et détermine donc la température  $T$ . Toutefois, l'erreur obtenue avec ce procédé atteint  $\pm 40^\circ$  C au delà de 100 km.

Les expériences américaines ont ainsi révélé que la densité moléculaire moyenne à environ 200 km d'altitude est inférieure d'un ordre de grandeur à

celle prévue. Aucun niveau de séparation gravitationnelle n'a pu être décelé. Le spectrographe de masse a pu être utilisé pour la détermination de la densité ionique.

Voici les résultats obtenus par les Laboratoires du Corps des Transmissions jusqu'en septembre 1953 (jusqu'à 80 km d'altitude) à partir des 59 mesures faites par fusées :

a. La température moyenne maximum trouvée a été de 270° K à 50 km d'altitude ;

b. Un gradient de température très faible de 2,5° K par km entre 50 et 80 km ;

c. Absence de variation saisonnière dans cette région du globe.

d. Fortes différences entre les résultats de mesures successives : la valeur de la température maximum trouvée oscillant entre 256° K et 283° K.

e. Occurrence de profils de température exceptionnels (p. ex. en octobre 1950 et août 1953) et différences de près de 36° K sur des mesures faites en décembre 1950 à cinq heures d'intervalle.

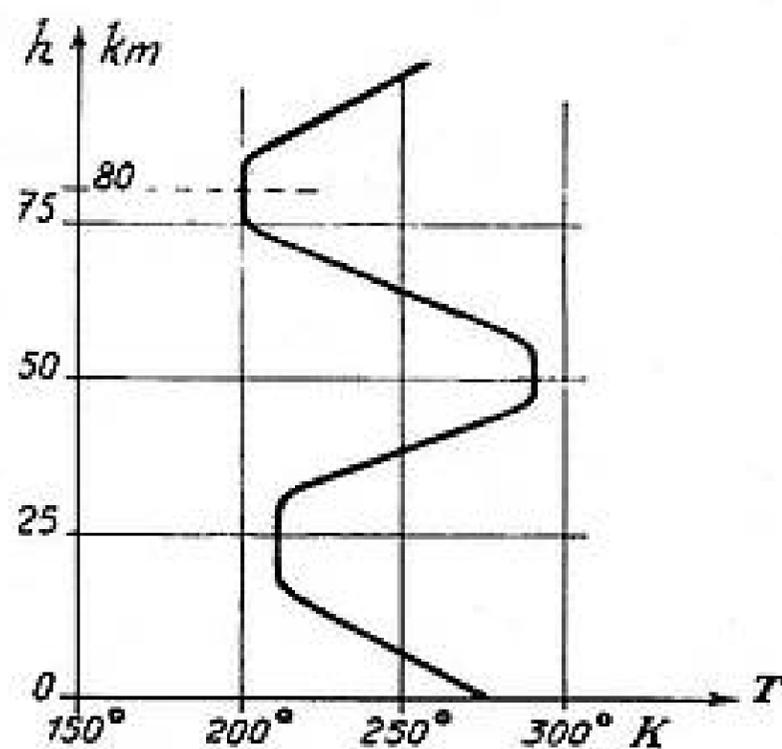


FIG. 1

f. Bien que seules des mesures de nuit aient été faites une variation diurne de la température est certaine en raison du fait qu'une différence systématique existe entre les températures moyennes mesurées au coucher du soleil et celles obtenues six heures plus tard.

La température moyenne obtenue à 50 km est plus basse, parfois de 30° K que celle donnée par d'autres méthodes. Pour les autres niveaux la précision des valeurs obtenues est toutefois de l'ordre de 5 %.

#### La composition de la haute atmosphère.

Jusqu'à 70 km d'altitude cette composition a été trouvée pratiquement identique à celle de la troposphère.

# HEWLETT-PACKARD



hp

UNE GAMME COMPLÈTE  
*d'appareils de mesures*  
POUR L'ÉLECTRONIQUE

VOUS ASSURANT  
*précision et rapidité*

- GÉNÉRATEURS DE SIGNAUX DE 10 A 21.000 MCS
- OSCILLATEURS DE 0,01 CPS A 10 MCS.
- VOLTMÈTRES A LAMPES HF ET VHF DE HAUTE SENSIBILITÉ.
- GÉNÉRATEURS DE SIGNAUX CARRÉS.
- GÉNÉRATEURS D'IMPULSIONS.
- ANALYSEURS DE FORME D'ONDES ET DISTORSIOMÈTRES.
- FRÉQUENCÉMÈTRES BF.
- COMPTEURS DE FRÉQUENCE.
- SCINTILLOMÈTRES.
- COMPTEURS ÉLECTRONIQUES.
- TACHYMÈTRES ÉLECTRONIQUES.
- INSTRUMENTS DE MESURES POUR ONDES CENTIMÉTRIQUES SUR LIGNES COAXIALES ET GUIDES.
- MESUREURS DE PUISSANCE PAR BOLOMÈTRES.
- INDICATEURS D'ONDES STATIONNAIRES, ETC.
- ACCESSOIRES POUR BANCS DE MESURES SUR GUIDES.
- AMPLIFICATEURS A LARGE BANDE POUR TUBES A ONDES PROGRESSIVES.
- ALIMENTATIONS DE GRANDE STABILITÉ POUR TRAVAUX DE LABORATOIRE, POUR KLYSTRONS ETC.

## WATTMÈTRE UHF 430 C



Le plus nouveau et le plus précis des instruments de mesures de puissance U.H.F.

### UTILISATION

Ce wattmètre permet la lecture directe en milliwatts et en dB par rapport au milliwatt, des puissances dissipées ou entretenues ou en impulsions. Accouplé à un système bolométrique (thermistor ou fusible) à coefficient négatif ou positif de température, de 200 ou 100 ohms de résistance. Cet instrument ne demande aucun réglage ou computation durant les mesures.

### CARACTÉRISTIQUES

Lecture sur 5 échelles de 0,1; 0,3; 1; 3 et 10 milliwatts. Lecture continue de +10 à -20 db. Extension des mesures de puissance par adjonction d'atténuateurs ou de coupleurs directifs, sur guides ou coaxiaux.

Précision  $\pm 5\%$  de l'échelle utilisée.

DISTRIBUTEURS EXCLUSIFS FRANCE ET U.F.

## RADIO-ÉQUIPEMENTS

65, rue de Richelieu, PARIS-2<sup>e</sup> - RIC. 49-88

L'air ambiant est généralement recueilli dans des bouteilles d'acier où le vide a été fait au préalable. Elles sont ouvertes à des instants prédéterminés et ensuite automatiquement scellées. Il est intéressant de noter que l'oxygène n'a pu être décelé dans ces prélèvements, ayant apparemment été épuisé lors du scellement des bouteilles.

Par contre, une proportion notable de NO a été trouvée aux environs de 80 km d'altitude.

#### Mesures ionosphériques.

Celles-ci ont pour objet essentiel la détermination de l'indice de réfraction atmosphérique en présence des électrons et des ions.

Le procédé courant consiste à émettre à partir de la fusée deux fréquences: l'une de 4 Mc/s, voisine de la fréquence critique de la couche E, l'autre de 24 Mc/s et à recevoir l'une et l'autre au sol. Après multiplication par 6 de la plus basse reçue on obtient un battement plus ou moins aigu avec la fréquence de 24 Mc/s; la différence de phase constatée permet de déduire l'indice de réfraction. En général, aucun battement n'apparaît tant que la fusée est au-dessous de la région E. La fréquence du battement augmente ensuite durant la traversée de cette région pour redécroître et cesser à 110 km.

La densité électronique effective a été trouvée d'environ  $1,5 \cdot 10^8/\text{cm}^3$  vers 100 km et de  $10^8/\text{cm}^3$  seulement à 130 km.

En 1953, utilisant 3 fusées V2 dans le Nouveau Mexique, le Naval Research Laboratory a pu déterminer par une autre méthode radioélectrique à ondes entretenues le profil de la densité électronique jusqu'à près de 160 km. Une brusque diminution de cette densité a été constatée vers 145 km, suivie d'un faible gradient positif annonçant la couche F1.

De leur côté des fusées Viking qui ont atteint l'altitude maximum maximum de 170 km au cours d'une autre série de mesures ont montré que l'ionosphère était une région ionisée continue et épaisse dont les couches E2 et F1 sont des stratifications à faible gradient. Par contre, les couches E1 et F2 présentent un gradient de densité électronique extrêmement important à leur base.

Quant à E sporadique il semble que son occurrence coïncide avec la présence d'un gradient de densité très élevé au voisinage immédiat du maximum d'ionisation de la couche E.

#### Mesure des vents dans l'ionosphère.

Une intéressante méthode a été utilisée par les Laboratoires du Corps des Transmissions des États-Unis de juillet 1950 à septembre 1953, pour mesurer la vitesse du vent ionosphérique au moyen de fusées « Aerobee » dans la région de White Sands (Nouveau Mexique).

Elle est fondée sur la mesure de la vitesse de propagation du son produit par l'explosion de grenades éjectées de la fusée « Aerobee » à des intervalles de

temps réguliers, durant la montée presque verticale de l'engin. Les moments des explosions et leurs positions dans l'espace sont déterminés avec exactitude. Les moments d'arrivée au sol des ondes sonores sont enregistrés au moyen d'un dispositif spécial placé directement au-dessous des grenades (voir fig.). D1 est un détecteur optique de l'explosion, à cellule photoélectrique (les mesures ont été faites de nuit) et D2, un détecteur acoustique. La position des explosions a été photographiée par 3 caméras fixes placées au sol.

En principe, la vitesse du son dans la couche d'air limitée en altitude par deux explosions successives,

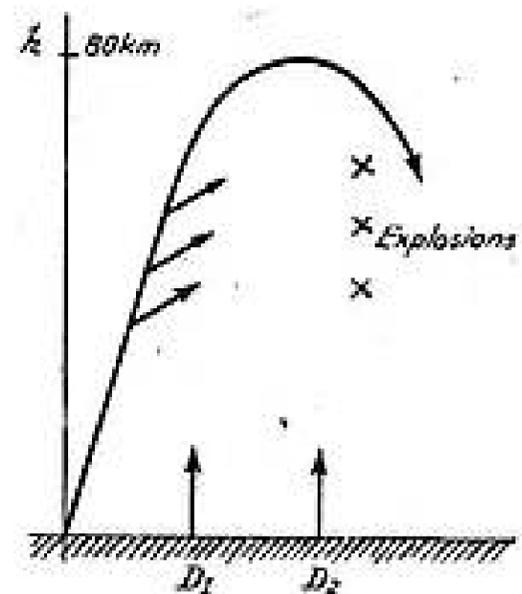


FIG. 2

et donc sa température peuvent être trouvés en divisant l'épaisseur de cette couche d'air par le temps mis par le son à la traverser. En pratique, il faut tenir compte du fait que le problème est à résoudre dans un espace à 3 dimensions et surtout de ce que les vents atmosphériques influencent la vitesse de propagation du son.

Les équations de base sont :

$$C = K\sqrt{T} \quad \text{et} \quad V = C + W$$

où C est la vitesse du son correspondant aux propriétés élastiques du milieu, K — une constante de ce milieu, T — sa température absolue, V — la vitesse de propagation de l'onde sonore, W — la vitesse du vent. Tandis qu'on recherchait une méthode de correction des résultats pour tenir compte de l'existence de vents, on s'est aperçu que l'on pouvait en même temps déterminer ceux-ci à partir du concept de source sonore « virtuelle » localisée dans l'espace par la mesure des angles de site et azimutal de l'arrivée du son au sol. Le quotient de la distance séparant la source réelle de la source virtuelle du son, à l'altitude de la couche d'air étudiée, par le temps mis par l'onde pour arriver au sol est en effet égale à la vitesse moyenne du vent dans cette couche.

L'Aerobee utilisée, construite par l'Applied Physics Laboratory, l'Université Johns Hopkins

et l'Aerjet-General Corp., mesurait 20 pieds de long et 15" de diamètre. Elle comportait un moteur auxiliaire à réaction, des ailettes fixes et était stabilisée au lancement par une tour-guide de 140 pieds. Le poids des grenades était de 155 livres. Elles étaient au nombre de sept, montées dans des lance-grenades superposés, actionnés par des déclencheurs à retard.

On a pu constater ainsi :

a) Qu'il existe un effet saisonnier très net : les vents sont forts et viennent d'Ouest en hiver (octobre à février) ; ils sont de sens contraire et moins forts en été ; ils viennent du Nord et sont faibles en septembre.

b) Qu'en toute saison, la vitesse maximum des vents se manifeste entre 50 et 60 km d'altitude. La vitesse la plus élevée mesurée a été de 104 m/s et la plus faible de 5 m/s. Les fortes variations de température ont toujours coïncidé avec un changement net de la direction du vent.

#### *Mesure du champ magnétique terrestre et localisation de la nappe de courant « Sq ».*

Un magnétomètre spécial a été réalisé par la Marine et les Laboratoires Bell pour la mesure de la force magnétique totale, quelle que soit l'orientation de l'appareil. Il comporte 3 bobines perpendiculaires deux à deux, à noyau en « permalloy ». Un oscillateur branché à leurs bornes produit 3 tensions dont on fait la somme des carrés ; la tension résultante est de cette manière proportionnelle au carré du champ magnétique agissant sur les bobines. La décroissance du champ magnétique en  $1/h^2$  avec l'altitude  $h$  a toujours été bien vérifiée. Quant à la discontinuité dans cette décroissance, qui, au droit de la nappe de courant « Sq », doit se traduire théoriquement par une diminution du champ total variable avec l'intensité du courant Sq, elle a effectivement été décelée aux environs de 100 km d'altitude où la conductibilité ionosphérique est la plus grande. Au moment du maximum diurne de la variation magnétique et au voisinage de l'équateur magnétique — cette diminution a effectivement atteint la valeur prévue d'environ 400 gammas. C'est là une brillante confirmation de la théorie de la variation diurne du magnétisme de Balfour Stewart vieille de plus de 70 ans et qui sert de base, comme nous le verrons tout à l'heure à la toute récente « dynamo-théorie » des anomalies de la haute ionosphère.

#### *Un projet de fusée satellite à la Terre.*

Les récents progrès réalisés dans les réacteurs de propulsion des fusées ont amené le Naval Research Laboratory à envisager la création d'une fusée satellite à la Terre. Rien ne s'oppose plus en effet à la réalisation de cet ambitieux projet puisqu'il suffit de lancer un engin d'un poids ne dépassant pas une cinquantaine de kilos non plus verticale-

ment, mais obliquement avec une vitesse initiale telle qu'il ne puisse plus retomber sous l'effet de la pesanteur — vitesse réalisable aujourd'hui. La fusée satellite projetée, dénommée « Mouse » (souris) serait un engin de moins d'un mètre de long qui décrirait une orbite située à 300 km d'altitude. Elle pourrait demeurer utilisable durant plusieurs jours et constituer une véritable station de mesure volante, en pleine ionosphère. L'énergie électrique nécessaire aux divers appareils placés à son bord serait fournie au moyen d'un capteur permanent d'énergie solaire (cellules spéciales ou miroir tournant p. ex.), s'orientant automatiquement vers le Soleil. L'orbite choisie serait en effet située approximativement le long de la ligne du crépuscule de telle sorte que l'engin reçoive constamment la lumière solaire. Une telle orbite, passant pratiquement par les deux pôles, serait parcourue en 90 minutes seulement !

Le projet prévoit un système de propulsion au départ à trois étages successifs — c'est dire que la réalisation est en bonne voie.

Les délégués américains ont d'ailleurs affirmé que la « souris » serait essayée avant 1957 de manière à être prête pour l'Année Géophysique Internationale.

A l'issue de cet exposé, la Commission III a immédiatement adopté les deux Résolutions<sup>7</sup> suivantes :

La Commission III recommande :

- 1) La réalisation d'observations extra-terrestres à partir d'une altitude supérieure à celle de la couche E.
- 2) L'extension des observations actuelles par fusées à des fusées satellites spécialement aménagées.
- 4) L'anomalie géomagnétique dans l'ionosphère et les essais d'interprétation du phénomène.

On sait que deux profondes anomalies caractérisent le comportement de la haute ionosphère si importante pour les télécommunications. La première est l'anomalie « saisonnière », du fait de laquelle la région F est plus ionisée semble-t-il en hiver qu'en été, la seconde est l'anomalie géomagnétique également appelée « effet de longitude », parce qu'à angle zénithal solaire égal, mais à des longitudes différentes, la région F est, ou du moins paraît être, d'autant plus ionisée que l'inclinaison du champ magnétique terrestre est moindre. Ainsi par ex. les fréquences critiques de la couche F2 à midi local sur un même parallèle géographique sont nettement plus élevées au Japon que sur la côte Est des Etats-Unis d'Amérique. Cette anomalie, très gênante pour les prévisions de propagation a conduit à la division du Monde en zones « Ouest », « Intermédiaire » et « Est » dont les limites sont d'ailleurs assez arbitraires.

L'anomalie saisonnière serait due à une sorte de contraction de l'ionisation en hiver et à son épanouissement en altitude durant la saison chaude. Une

*Securwhite*



RELAIS

**STOMM**

controverse subsiste toutefois sur la cause possible d'un tel comportement. Faut-il l'attribuer à une variation de la température des gaz soumis à la photo-ionisation ? Faut-il au contraire admettre que celle-ci reste invariable et que la contraction et l'épanouissement sont dus à des transports d'ionisation dans cette région où sa durée de vie est particulièrement grande ?

Le problème est posé mais il est loin d'être résolu.

À Bruxelles et à La Haye l'effort des théoriciens avec le Dr MARTYN en tête s'est porté sur l'anomalie géomagnétique. Mais là encore deux thèses sont en présence, bien qu'elles ne s'excluent pas mutuellement :

— L'une envisage la possibilité de mouvements d'ensemble de masses ionisées d'un point à un autre de l'ionosphère, renforçant la densité électronique de certaines zones au détriment des zones voisines — c'est la thèse du « drift », c'est-à-dire du transport de l'ionisation en bloc sous l'effet « dynamo » de deux champs croisés : le champ magnétique terrestre et un champ électrostatique.

— L'autre explication possible est l'influence combinée des chocs entre électrons et molécules neutres et du champ magnétique terrestre sur les conditions mêmes de la réflexion des ondes : on peut montrer en effet que l'inclinaison du champ magnétique terrestre joue un rôle décisif dans la variation de l'indice de réfraction en fonction de la densité électronique et fait varier la valeur requise de celle-ci pour la réflexion.

#### La thèse du « drift » de l'ionisation.

La force transportant l'ionisation dans la théorie du Dr MARTYN, est la force d'Ampère agissant sur une masse conductrice — en l'occurrence une masse ionisée neutre, en présence du champ magnétique terrestre et d'un champ électrique croisé. L'origine de ce dernier champ est gravitationnelle. Elle s'explique par la théorie de Balfour Stuart basée sur les marées atmosphériques. Le mouvement de marée solaire de l'atmosphère engendre dans la partie la plus conductrice de celle-ci, c'est-à-dire vers 100 km d'altitude, un système de courants intenses et il a récemment été montré quantitativement que ces courants rendent bien compte de la variation diurne du magnétisme terrestre. Mais leur effet ne s'arrête sans doute pas là et il n'est pas déraisonnable de considérer qu'ils agissent électrodynamiquement sur les autres parties de l'ionosphère et en particulier sur la région *F* de celle-ci.

MM. HIRONO et MAEDA ont suggéré de calculer directement la force d'Ampère s'exerçant sur l'ionisation de la région *F* et la vitesse qu'elle imprime à l'ionisation en négligeant la conductibilité de cette région devant celle de la région *E* et en déterminant le champ électrique agissant Est-Ouest,  $E_y$  à partir des mesures de la variation diurne,  $\Delta H$  du magné-

tisme terrestre. Sur l'équateur magnétique, on a en effet, puisqu'il s'agit d'une nappe de courant :

$$\Delta H = 2\pi I = 2\pi K \cdot E_y,$$

où  $K$  est la conductibilité Est-Ouest intégrée en fonction de l'altitude, dans la région *E*, et par suite :

$$E_y = \Delta H / 2\pi K.$$

Connaissant  $E_y$ , on trouve la vitesse  $W$  du transport vertical de l'ionisation par la relation :

$$W = f(z) E_y / H,$$

où  $H$  est la force magnétique totale et  $f(z)$ , une fonction du nombre de chocs des électrons et des ions ainsi que de la gyrofréquence.

Lorsque le champ magnétique terrestre est horizontal,  $f(z)$  tend vers l'unité au delà de 120 km d'altitude, de sorte que l'élément déterminant de la vitesse  $W$  est la conductibilité  $K$  dans la région *E*. Se limitant au cas de pays situés sur l'équateur magnétique, M<sup>r</sup> MAEDA a pu déterminer par une analyse statistique des données pour Huancayo relatives aux onze années 1922 à 1933, la variation de cette conductibilité  $K$  et donc de la vitesse verticale  $W$  en fonction de l'heure locale à l'altitude de 300 km : elle varierait de  $-12$  mètres/s (c'est-à-dire vers le bas) à minuit à  $+12$  m/s (c'est-à-dire vers le haut) à midi local.

La connaissance de la vitesse verticale de transport, permet de calculer la densité électronique « dynamique » de la couche *F2* en fonction de l'heure locale en admettant qu'elle se forme suivant le processus de photo-ionisation de Chapman et obéit à une loi simple de variation du coefficient de recombinaison apparent avec l'altitude. Evidemment l'équation d'équilibre doit s'écrire, lorsqu'on considère le « drift », avec un terme différentiel supplémentaire :

$$\frac{dN}{dt} = q - \alpha N^2 - \frac{\partial}{\partial h} (N \cdot W),$$

c'est une équation « dynamique », où  $N$  est la densité électronique,  $\alpha$  le coefficient de recombinaison apparent et  $q$  le taux de productions d'ions. Dans la région *F*, la vitesse  $W$  peut être considérée comme indépendante de l'altitude  $h$ , de sorte que l'on doit écrire :

$$\frac{dN}{dt} = [q]_h - [\alpha]_h N^2,$$

où le symbole de dérivation ( $d/dt$ ), par rapport au temps s'entend pour une intégration « suivant le mouvement » ; cette équation représente en effet l'évolution de l'ionisation dans un volume unité entraîné par le « drift ».

Poursuivant le calcul sur cette base, MM. HIRONO et MAEDA aboutissent à deux courbes de variation en fonction de l'heure locale, de la densité électronique maximum de F2 d'une part et de l'altitude de ce maximum d'autre part, pour Huancayo. Leur allure présente une ressemblance frappante avec les courbes expérimentales obtenues par sondages pour ces deux paramètres (voir fig. 3 et 4).

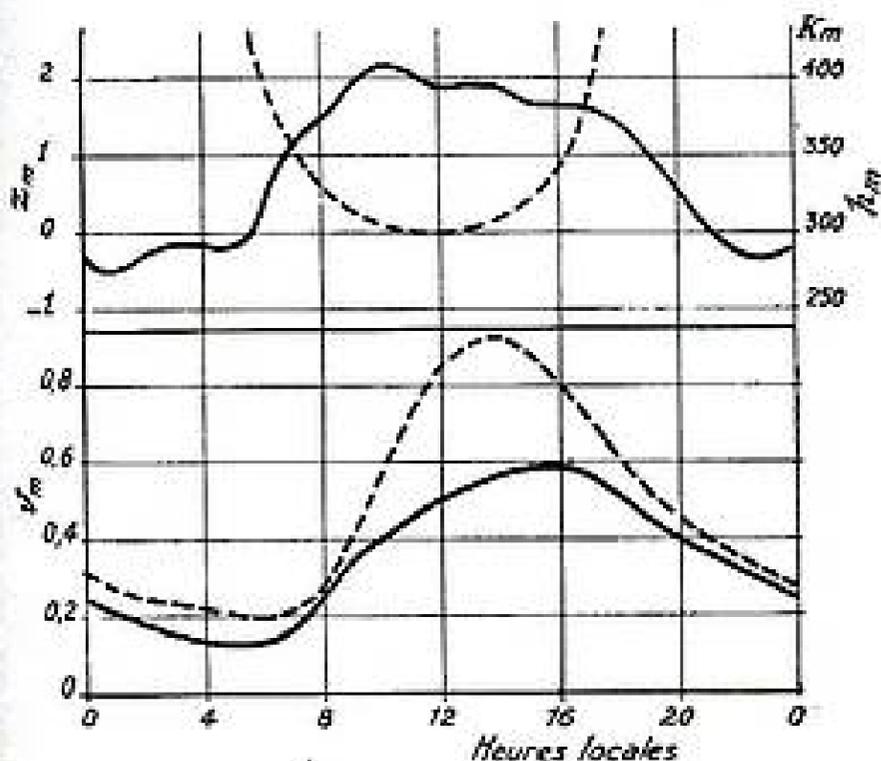


FIG. 3. — Variation diurne calculée de

$$N_m(F_2) = \frac{N_{m0}}{N_0} \quad \text{et de} \quad h_m(F_2) = \frac{h_m - h_0}{H}$$

pour une région immobile (trait tireté) et pour une région en mouvement (trait plein) sous l'action du « drift », d'après les données géomagnétiques pour Huancayo (années 1922, 23, 32 et 33).

Par ailleurs, pour l'ensemble de l'ionosphère, les physiciens japonais ont trouvé des résultats

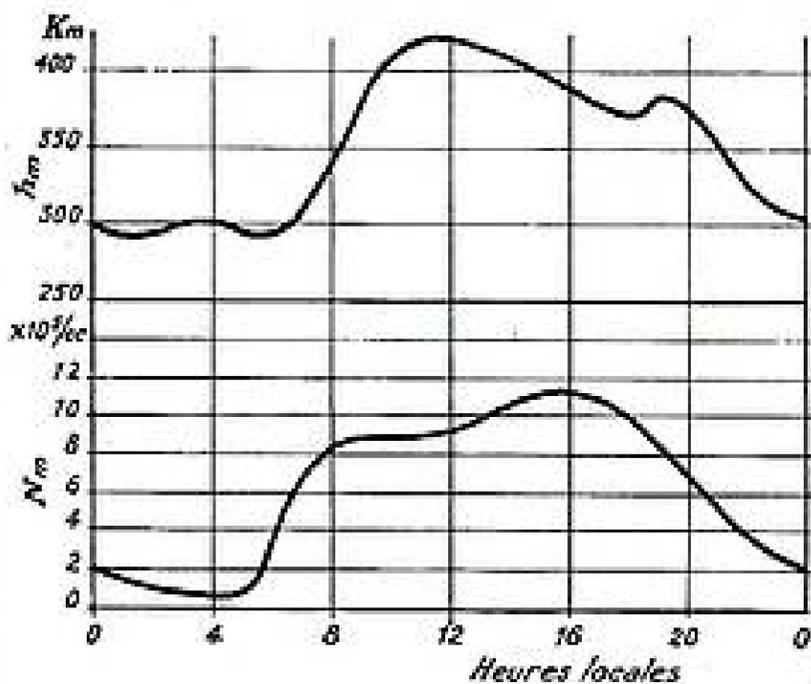


FIG. 4. — Variation diurne (solaire) observée de  $N_m(F_2)$  et de  $h_m(F_2)$  à Huancayo en 1942-44 (d'après D.F. Martyn).

théoriques en bon accord avec l'expérience sur les points suivants :

a) Diminution de la  $f_oF_2$  (1) près de l'équateur magnétique ;

b) apparition d'un fort maximum de la  $f_oF_2$  de chaque côté de cet équateur ;

c) inégalité de position de ces deux maxima à différentes longitudes et en différentes saisons ;

d) augmentation brusque de  $h_p$  (2) près de l'équateur en toute saison ;

e) apparition de deux maxima diurnes de  $f_oF_2$ , l'un avant, l'autre après midi local, près de l'équateur ;

f) apparition d'un seul maximum de  $f_oF_2$  peu après midi aux latitudes moyennes ;

g) accord qualitatif avec la variation diurne constatée pour  $h_p$ .

Il faut admettre que de tels résultats sont très encourageants.

Le Dr MAEDA a toutefois signalé lui-même que des écarts quantitatifs appréciables subsistent entre la théorie et l'expérience.

En particulier, au centre (vortex) du système de courants « Sq », ni la  $f_oF_2$  ni  $h_pF_2$  ne doivent être théoriquement affectés par le « drift », ni subir de distorsion dynamique. Or une relation simple paraît exister en ce lieu entre la hauteur  $h_p$  du maximum d'ionisation de F2 et l'angle zénithal  $\chi$  du Soleil. Ce fait, dit-il, suggère l'existence d'une influence de la température sur la formation de F2.

Rappelons que l'influence décisive de la température de la haute atmosphère sur l'altitude, l'épaisseur et la densité électronique maximum des couches ionisées, a été signalée par l'auteur à la précédente Assemblée Générale de l'URSI et que si entr'autres les travaux japonais conduisent à en admettre l'existence, tel n'est pas encore l'avis du Dr MARTYN, promoteur de la théorie du « drift », pour qui toutes les anomalies de la région F doivent pouvoir s'expliquer par cette seule théorie.

Il est évidemment trop tôt pour porter un jugement à ce sujet, mais il semble prudent de ne pas exclure a priori les autres mécanismes possibles dont plusieurs interviennent sans nul doute, mais dont certains sont encore mal compris. Quoi qu'il en soit, la théorie du transport des ions et électrons semble confirmée à bien des égards par l'expérience des sondages et surtout des vents ionosphériques. La mesure précise de ceux-ci revêt de ce fait un intérêt tout particulier et il est indispensable que durant l'Année Géophysique Internationale on s'attache à cet aspect dynamique de l'ionosphère pour faire avancer la question.

J'ajouterai que les théoriciens du « drift » ont déjà voulu aller plus loin encore et proposent une explication dynamique des tempêtes ionosphériques. Ainsi ils attribuent aux courants de la basse ionosphère responsables de l'agitation magnétique « SD » et « Dst », des mouvements verticaux de l'ionisation capables de produire d'une part les chutes spectaculaires de la fréquence critique de F2 que

(1)  $f_oF_2$  : fréquence critique de la couche F2.

(2)  $h_p$  : altitude du maximum d'ionisation de F2.

## FRÉQUENCEMÈTRE - TACHYMÈTRE A-060

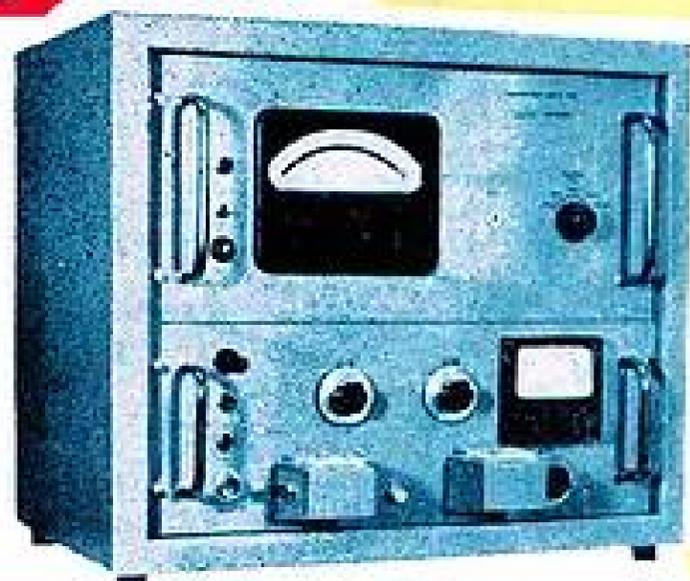


- ★ APPAREIL DE MESURE A AIGUILLE — CLASSE 0,5 — U. S. E.
- ★ DOMAINE D'UTILISATION : q. q. Hz à 200 KHz.
- ★ NOMBRE DE GAMMES A LA DEMANDE. PRÉCISION : 1 %, DE L'ÉCHELLE TOTALE POUR CHAQUE GAMME.
- ★ INDICATION RIGOREUSEMENT INDÉPENDANTE DE LA TENSION D'ENTRÉE DE 0,1 à 100 VOLTS EFFICACES.

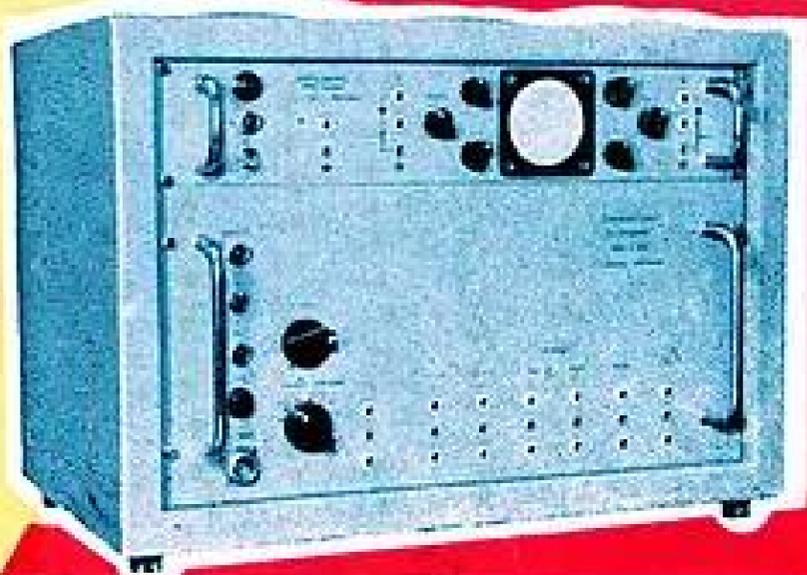
## FRÉQUENCEMÈTRE DIFFÉRENTIEL A-368

(POUR CONTRÔLE DES QUARTZ)

- ★ 1 ÉTAGE « OSCILLATEURS-MÉLANGEUR » DONNANT LA FRÉQUENCE DIFFÉRENTIELLE DE 2 QUARTZ. — OSCILLATEURS NORMALISÉS — APPAREIL DE CONTRÔLE DE L'ACTIVITÉ.
- ★ 1 ÉTAGE « FRÉQUENCEMÈTRE » - 5 GAMMES : 100 — 200 — 1.000 — 10.000 ET 100.000 Hz. PRÉCISION : 1 %, DE L'ÉCHELLE TOTALE POUR CHAQUE GAMME DE F. DIFF. — POUR QUARTZ DE 300 KHz à 10 MHz.



## GÉNÉRATEUR ÉTALON DE FRÉQUENCES A-435



- ★ PRÉCISION  $\pm 10^{-7}$  PAR QUARTZ THERMOSTATÉ.
- ★ IMPULSIONS POSITIVES ET NÉGATIVES SUR LES FRÉQUENCES FIXES DE 100 KHz — 10 KHz — 1 KHz — 100 Hz — 10 Hz et 1 Hz.
- ★ SORTIE SINUSOÏDALE PAR COMMUTATEUR.

OSCILLOGRAPHÉ DE COMPARAISON  
A-500

- ★ PERMET D'EFFECTUER DES CONTRÔLES PRÉCIS DE FRÉQUENCES, AVEC LE GÉNÉRATEUR A-435, PAR LA MÉTHODE DES COURBES DE LISSAJOUX.

## FRÉQUENCEMÈTRE-TACHYMÈTRE A-410

- ★ APPAREIL PORTATIF SUBMINIATURE A COMPTEURS D'IMPULSIONS SPÉCIALEMENT CONÇU POUR LES BESOINS DE L'INDUSTRIE AÉRONAUTIQUE (MESURE PRÉCISE DES VITESSES DE ROTATIONS DE TURBO-RÉACTEURS. ESSAIS EN VOL).
- ★ PRÉCISION DE MESURE :  $\pm 2$  TOURS/MIN. à 20.000 TOURS/MIN.



**Rocher**  
électronique

71, RUE RACINE - MONTROUGE (SEINE) - ALÉ. 00.07

l'on constate dans les latitudes moyennes et d'autre part l'élévation de ces fréquences critiques dans le voisinage de l'équateur. Mais là encore le dernier mot est loins d'être dit.

— Passons maintenant à l'examen des conditions de réflexion dans l'ionosphère en présence des chocs et du champ magnétique terrestre, examen qui conduit à une explication toute différente de l'anomalie géomagnétique de la région *F*.

— On sait que si l'on néglige les chocs entre électrons et molécules neutres ou ions ainsi que le champ terrestre, l'indice de réfraction  $\mu$  de l'ionosphère est donné par la relation simple :

$$\mu = \sqrt{1-x}, \quad \text{où} \quad x = 4\pi N e^2 / m p^2,$$

$N$  est la densité électronique et  $p$  la pulsation de l'onde.

La condition de réflexion admise est  $x = 1$ .

En effet dans ce cas  $\mu = 0$  et la vitesse de groupe s'annule. On en déduit que

$$N = m p^2 / 4\pi e^2,$$

lorsqu'il y a réflexion.

Si maintenant on tient compte du champ magnétique terrestre, la théorie magnéto-ionique permet d'écrire :

$$\mu^2 = 1 - \frac{x}{1 - \frac{1/2 y_T^2}{1-x} \pm \sqrt{y_L^2 + \left(\frac{1/2 y_T^2}{1-x}\right)^2}}$$

où  $y_T$  et  $y_L$  sont des paramètres dépendant de l'inclinaison du champ terrestre et de la gyrofréquence.

On voit apparaître le dédoublement magnéto-ionique de l'onde en composantes dites « ordinaire » et « extraordinaire » pour lesquelles les indices de réfraction sont différents ainsi que le montre le double signe devant le radical.

Les conditions de réflexion admises sont dans ce cas.

$x = 1$  pour l'onde « ordinaire » et  $x = 1 - y$  pour l'onde « extraordinaire ». Ces valeurs de  $x$  annulent en effet l'indice  $\mu$  relatif à chacune des deux composantes.

Mais nous en arrivons maintenant au cas général — celui qui correspond à la réalité même, c'est-à-dire à l'intervention simultanée du champ magnétique terrestre et des chocs. La théorie magnéto-ionique conduit alors, pour une onde sinusoïdale plane, à une constante diélectrique complexe de la forme :

$$\varepsilon = \left( \mu - i \frac{cK}{p} \right)^2 = \psi(N, \theta, \nu),$$

où  $\mu$  est l'indice de réfraction et  $K$  l'indice d'absorption,  $c$  étant la vitesse de la lumière dans le vide, et à une dépendance beaucoup moins simple entre

cette constante diélectrique complexe et les paramètres  $y_T$  et  $y_L$  relatifs au champ terrestre. De plus un nouveau paramètre  $\nu$ , le nombre de chocs par seconde s'introduit.

La résolution du système, fort laborieuse, montre que dans ce cas l'indice de réfraction  $\mu$  ne s'annule pour aucune valeur de  $x$ , c'est-à-dire de la densité électronique  $N$ , quel que soit le nombre de chocs  $\nu$ . D'autre part, l'allure de la variation de  $\mu$  en fonction de  $N$  dépend essentiellement de l'inclinaison  $\theta$  du champ terrestre.

Le calcul complet (\*) de cette variation pour différentes fréquences d'ondes décimétriques et différentes inclinaisons du champ terrestre pour la région *F* en y admettant un nombre de chocs de  $1,5 \cdot 10^8$ , a été fait par l'auteur. On constate ainsi que la condition de réflexion couramment admise, c'est-à-dire  $x = 1$ , ne correspond certainement pas à la réalité, même avec le petit nombre de chocs admis. En effet, la valeur de  $\mu$  pour  $x = 1$  et pour l'onde « ordinaire » varie dans ce cas entre 0,01 et 0,7, suivant l'importance de l'inclinaison du champ terrestre, lorsque la fréquence considérée est égale à la gyrofréquence (1,2 Mc/s) et entre 0,004 et 0,4 lorsque la fréquence considérée est de 6 Mc/s.

D'autre part, la variation de l'indice de réfraction  $\mu$  au voisinage de  $x = 1$ , bien que rapide, est assez différente suivant la valeur de l'inclinaison du champ terrestre. En effet, tout en restant jusqu'à une inclinaison limite de  $88^\circ 52'$  dans le cas de la propagation « quasi-transversale », on constate le fait assez remarquable que les courbes représentatives de  $\mu_0$  en fonction de  $x$ , pour les fréquences supérieures à la gyrofréquence, s'écartent de plus en plus de la verticale menée par le point  $x = 1$ , lorsque croît l'inclinaison du champ terrestre, jusqu'à ce que celle-ci ait atteint une valeur voisine d'environ  $70^\circ$ . Elles se rapprochent ensuite rapidement de cette verticale pour des valeurs supérieures de l'inclinaison, jusqu'à ce qu'elle ait atteint la valeur limite de  $88^\circ 52'$ . Au delà de cette limite, la propagation est du type « quasi-longitudinal », et les courbes s'écartent à nouveau, notablement cette fois, de la dite verticale.

Ces résultats conduisent d'abord à cette conclusion que la réflexion des ondes hertziennes dans l'ionosphère se fait très probablement par un processus de réflexion partielle s'étendant en profondeur avec un coefficient d'autant plus grand que d'une part le gradient de l'indice  $\mu$  est plus élevé et que d'autre part cet indice de réfraction lui-même est plus faible. En d'autres termes il n'y aurait pas de « niveau » de réflexion ionosphérique pour une fréquence donnée, mais il existerait plutôt dans l'ionosphère une « zone » plus ou moins étendue en profondeur où le coefficient de réflexion partielle pour cette fréquence passe par un maximum.

Nos résultats indiquent en outre que l'indice  $\mu$  devient très petit pour des valeurs de  $x$  très voisines

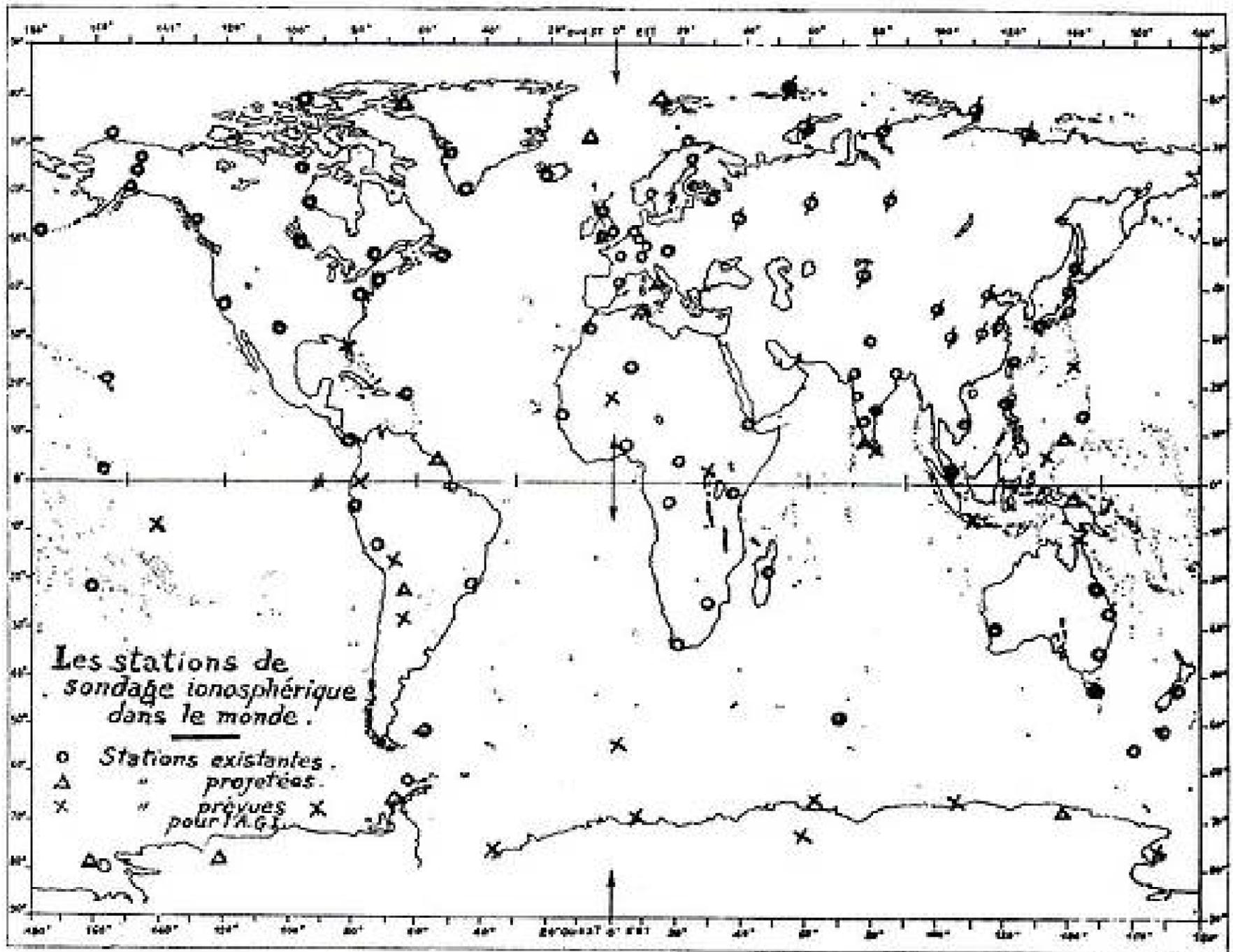
(\*) Voir Note Préliminaire N° 185 du Laboratoire National de Radio-Électricité.

de l'unité lorsque l'inclinaison du champ terrestre est nulle (champ terrestre transversal), mais de plus en plus grandes lorsque l'inclinaison augmente, et cela jusqu'à 70° d'inclinaison environ, lorsque la chute rapide de  $\mu$  se produit pour  $x = 1,10$  à 1,15. Si l'on admet que c'est précisément à ce moment que le coefficient de réflexion devient maximum, comme cela est probable, il s'ensuit qu'une couche ionisée située sur l'équateur magnétique (inclinaison nulle du champ terrestre), et ayant une fréquence critique de 4 Mc/s, par exemple, NE POURRA PAS RÉFLÉCHIR CETTE FRÉQUENCE A DENSITÉ ÉLECTRONIQUE ÉGALE, dans une région où l'inclinaison du champ terrestre est voisine de 70°, puisque la condition de réflexion effective y est non plus  $x = 1$  mais  $x = 1,15$  : l'ionos-

dages, ainsi que les échos dits « sporadiques » à la base de cette couche, échos se produisant parfois sur des fréquences très supérieures à la fréquence critique de E, peuvent très bien s'expliquer par l'existence d'un fort gradient de l'ionisation à la base de E. D'ailleurs l'accroissement de la fréquence extrême sur laquelle les échos « Es » se manifestent, avec la puissance de l'émission, confirme ce point de vue.

5) Préparation de l'Année Géophysique Internationale 1957-1958.

— Le Comité Spécial de l'URSI pour la préparation de l'AGI a tenu deux réunions à La Haye au



Carte des stations ionosphériques de l'A. G. I.

phère supérieure paraîtra donc moins ionisée à cette latitude géomagnétique qu'à l'équateur, mais sans l'être en réalité.

Or c'est précisément en une telle diminution de fréquences critiques dans les régions à forte inclinaison magnétique que consiste l'effet de longitude de la couche F2.

Ajoutons que le phénomène de réflexion partielle semble se manifester de bien d'autres manières dans l'ionosphère. Ainsi par exemple, la structure feuilletée de la couche E souvent observée dans les son-

deurs desquelles ont été examinés les problèmes soumis par le C S A G I à l'Union Radioscientifique.

— Le premier problème abordé a été celui de la désignation d'INTERVALLES SPÉCIAUX INTERNATIONAUX, envisagé par le C S A G I à Bruxelles. Il a été décidé que l'URSI recommanderait effectivement l'adoption d'un système non de « Jours Spéciaux », comme prévu initialement, mais d'INTERVALLES MONDIAUX SPÉCIAUX, pouvant s'étendre sur plusieurs jours consécutifs et qui seraient précédés chacun d'une PÉRIODE D'ALERTE, indiquant la proba-

bilité de l'occurrence prochaine d'une activité géomagnétique. C'est durant ces périodes que des mesures ionosphériques et géomagnétiques spéciales seraient effectuées simultanément sur tout le Globe. Le début des périodes d'Alerte et des Intervalles serait désigné par un Centre de Prévision spécialisé.

Les autres problèmes examinés concernant l'ionosphère, ont eu trait à l'organisation des travaux scientifiques devant être entrepris dans ce domaine durant l'Année Géophysique.

Ces travaux sont les suivants :

- a) sondages ionosphériques sous incidence verticale;
- b) mesure de l'absorption ionosphérique;
- c) mesure des vents ionosphériques;
- d) étude de la diffusion vers l'avant et vers l'arrière;
- e) mesure des bruits atmosphériques radioélectriques;
- f) étude et interprétation des phénomènes ionosphériques polaires;
- g) étude et classification des échos du type E sporadique.

L'importance du réseau de stations de sondages

ionosphériques qui doit fonctionner durant l'Année Géophysique est considérable, comme on peut s'en rendre compte d'après la carte ci-contre. Les stations de sondage en service y sont indiquées par des petits cercles, celles prévues à titre définitif et celles dont le C S A G I recommande l'installation avant 1957, respectivement par des triangles et des croix. Une attention particulière a été consacrée aux méridiens  $10^{\circ} E$  (Europe, Afrique),  $140^{\circ} E$  (Japon-Australie) et  $75^{\circ} O$  (Amériques) le long desquels une chaîne de stations doit permettre des investigations d'ensemble, simultanées, du plus haut intérêt.

Comme on peut le voir, près d'une centaine de stations ionosphériques fonctionnent déjà dans le Monde, dont dix stations françaises.

Ajoutons pour terminer qu'un vaste programme d'exploration de l'ionosphère par fusées a été élaboré par le C S A G I à Rome en septembre dernier. Les Etats-Unis et la France sont pour le moment les deux seuls pays ayant fait connaître leur intention ferme de participer à ce programme.

### ANNEXE : Résolutions de la Commission III

Les résolutions suivantes, émises par la Commission Mixte de l'ionosphère lors de sa réunion de Bruxelles (août 1954), ont été appuyées par l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I.

1. DONNÉES SUR LES STATIONS IONOSPHERIQUES. — La Commission Mixte insiste sur la nécessité de disposer d'un document donnant des renseignements complets sur les stations qui fonctionneraient pendant l'A.G.I. et invite les Comités Nationaux à fournir ces renseignements au Secrétaire Général de l'U.R.S.I., suivant les directives publiées dans le *Bulletin d'Information de l'U.R.S.I.* n° 84.

Le Secrétaire Général de l'U.R.S.I. et le Secrétaire de la Commission Mixte collaboreront pour établir un document contenant tous les renseignements nécessaires sur les stations ionosphériques. La Commission Mixte émet le vœu que ce document soit publié sous la forme d'un Rapport Spécial de l'U.R.S.I.

2. CALCUL DES ANGES DU SOLEIL AU ZÉNITH. — La Commission Mixte recommande que chaque station (ou l'organisation responsable) entreprenne le calcul des angles du soleil au Zénith intéressant sa propre situation.

Il conviendrait que ce calcul fut effectué le 15 de chaque mois toutes les heures, depuis le lever du soleil jusqu'à son coucher, en tenant compte de facteurs tels que l'équation du temps et les corrections du temps local.

3. LE PARAMÈTRE IONOSPHERIQUE  $F_{min}$  ET LES COEFFICIENTS « M ». — La Commission émet le vœu que chaque station ionosphérique fasse des mesures des facteurs « M » et de  $f_{min}$  et que pour ce dernier, elle essaye de préciser ces mesures en procédant à un étalonnage adéquat de ses équipements.

(Il est entendu que les mesures de la fréquence critique continueront à avoir la priorité dans les mesures de  $F_2$  à incidence verticale).

4. PUBLICATION DES DONNÉES IONOSPHERIQUES. — La Commission Mixte émet le vœu que pendant l'A.G.I. toutes les stations ionosphériques publient tant les valeurs moyennes que les valeurs médianes. Il est en outre recommandé que partout où cela est possible, on publie les valeurs horaires des paramètres et là où ce n'est pas possible, on suggère que ces valeurs horaires soient à la disposition de ceux qui, de bonne foi, en font la demande.

5. OBSERVATIONS DE DIFFUSION VERS L'ARRIÈRE. — La Commission Mixte émet le vœu que les stations ionosphériques soient encouragées à effectuer pendant l'A.G.I. des observations de diffusion vers l'arrière au moins pendant les Journées Mondiales, de façon à fournir des renseignements ionosphériques pour des endroits où il est difficile d'effectuer des sondages à incidence verticale.

6. INDICE IONOSPHERIQUE DE L'ACTIVITÉ SOLAIRE. — La Commission Mixte insiste sur l'importance qu'il y a à établir un indice ionosphérique de l'activité solaire pour chaque jour de l'A.G.I.

Il est proposé qu'une sous-Commission de la Commission Mixte constituée par le Dr Bartels (Président), le Dr D. H. Menzel et le Prof. C. W. Allen soit chargée d'étudier la façon dont pourraient être établis ces indices. La Commission avisera l'U.A.I. qu'elle se propose de déterminer ces indices et qu'elle invite les astronomes à participer à ces travaux.

7. OBSERVATIONS ÉQUATORIALES PENDANT L'A.G.I. — La Commission Mixte émet le vœu que pendant l'A.G.I. une attention spéciale soit réservée aux phénomènes géophysiques dans la zone équatoriale (en deçà de  $\pm 20^{\circ}$  de l'équateur géomagnétique).

8. INDICE  $K_p$  DES PERTURBATIONS MAGNÉTIQUES. — La Commission appuie fortement la proposition ayant pour but de disposer pendant l'A.G.I. des valeurs de l'indice  $K_p$  des perturbations magnétiques pour tous les quarts d'heure, en plus des valeurs données actuellement pour toutes les trois heures.

9. RECHERCHES PAR FUSÉES ET L'IONOSPHERE. — La Commis-

sion renouvelle ses résolutions précédentes relatives à l'importance des recherches par fusées pour l'ionosphère, et insiste pour l'emploi maximum pendant l'A.G.I. de fusées, particulièrement dans les zones (polaires et équatoriales) pour lesquelles des études spéciales ont été recommandées.

La Commission souligne la nécessité d'augmenter le nombre de lancement de fusées et d'étendre immédiatement cette technique à d'autres parties du monde. La Commission estime que le but final dans ce domaine devrait être l'organisation d'observation synoptiques par fusées (2).

10. OBSERVATIONS DE LA LUMIÈRE DU CIEL NOCTURNE. — La Commission émet le vœu que les pays participants situés sur ou près de méridiens choisis soient invités à effectuer des observations systématiques de l'intensité du spectre de la lumière du ciel nocturne et des mouvements des irrégularités dans cette lumière.

11. BUREAU CENTRAL DE DONNÉES IONOSPHERIQUES DE L'A.G.I. — La Commission émet le vœu que l'U.R.S.I. examine l'établissement d'un bureau spécial chargé de recueillir sous forme de microfilms toutes les données ionosphériques de l'A.G.I.

12. ÉCHANGE DE DONNÉES IONOSPHERIQUES. — La Commission appuie fortement la résolution suivante qui sera présentée à la prochaine Assemblée Générale de l'U.R.S.I.

« Étant donné que l'efficacité d'un programme international de recherches dépend de l'échange mutuel des résultats des observations entre les participants, l'U.R.S.I. recommande le libre échange des données ionosphériques entre les pays, en espérant qu'un tel échange de renseignements sera encouragé par tous les pays ».

13. PRÉPARATION POUR LE PROGRAMME DE L'A.G.I. — La Commission insiste sur l'importance qu'il y aurait à ce que tous les équipements nouveaux fonctionnent avant l'A.G.I. de façon à être en parfait état de fonctionnement dès que l'A.G.I. commencera. Dans ce domaine, la Commission désire également insister sur la nécessité d'obtenir l'appui financier des gouvernements pour les différents projets proposés dans les programmes de l'A.G.I.

L'Assemblée Générale a également adopté les résolutions ci-après :

14. ÉTUDE DU RAYONNEMENT SOLAIRE DANS LA HAUTE ATMOSPHERE. — L'U.R.S.I. reconnaît la grande importance des observations continues des rayonnements d'origine extra-terrestre au-dessus de la région E, particulièrement pendant la prochaine A.G.I.

C'est pourquoi l'U.R.S.I. attire l'attention sur le fait qu'une extension des observations isolées, faite pour le moment par fusées, à l'aide de véhicules dirigés de la terre permettrait une observation continue de l'intensité du rayonnement solaire ultraviolet et des rayons X ainsi que de leurs effets sur l'ionosphère, particulièrement pendant les éruptions solaires, ce qui augmenterait notre connaissance scientifique de la haute atmosphère.

15. MESURES DE  $h_p$ . — L'U.R.S.I. émet le vœu que dans les travaux ionosphériques futurs, on observe et on enregistre  $h_p F_2$  ( $h'$  pour  $f_{oc} = 0,834$ ) ainsi que  $N'F_2$ .

16. VARIOPHORES MAGNÉTIQUES. — L'U.R.S.I. approuve la proposition d'utilisation de variographes géomagnétiques simples à enregistrement visible et à dispositif d'avertissement, en vue de constater l'apparition d'orages magnétiques et de faciliter l'établissement de programmes d'observations ionosphériques détaillées au cours de périodes de perturbations connues.

(1) L'U.R.S.I. a complété cette résolution par la suivante : « L'U.R.S.I. suggère que des petites fusées de sondage lancées d'avions ou de ballons pourraient permettre d'atteindre ce but tout en ne dépassant pas les moyens des différentes nations ».

S  
O  
P  
O  
S

## COMMUTATEURS ROTATIFS A GALETES

1 A 3 GALETES  
STEATITE  
T. S. - 250 VOLTS  
CONTACTS LAMINES ARGENT  
17 COMBINAISONS STANDARD  
 $\varnothing = 30\%$

BOUTON METALLIQUE  
A COMMANDE ESCAMOTABLE

MATERIEL TROPICAL



TYPE " M "

DEMANDEZ NOTRE CATALOGUE

*un  
matériel  
professionnel*

*une marque* ETS **SOCAPEX-PONSOT**  
191, Rue de Verdun, Suresnes (Seine)  
LONGCHAMP 20-40/41

*une qualité...*



Installations de Studios  
DE  
**RADIODIFFUSION**  
**TÉLÉPHONIE**  
à longue distance  
Répéteurs  
Courants porteurs  
**APPAREILS  
DE MESURES**

# SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

ÉLECTRONIQUE ET TÉLÉCOMMUNICATIONS  
69, RUE DE MONCEAU, PARIS-8<sup>e</sup> -- TÉL. : LABORDE 60-50

GIORGI

$\delta$  de la couche d'inversion de la connaissance de  $\beta$  et de la vitesse du vent (donc de  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  et de  $V_2$ ). La mesure de l'indice de réfraction à une seule altitude  $h_2$  (à l'aide d'un abri météorologique) suffit alors à la détermination de la constante  $\alpha$ , en admettant que l'indice est le même, à l'altitude  $\delta$ , qu'en l'absence de couche d'inversion, c'est-à-dire que pendant la journée où l'atmosphère est sensiblement standard.

Ceci étant, des mesures directes ont montré que la variation en décibels du signal reçu par rapport à sa valeur en l'absence d'inversion était une fonction linéaire de  $\alpha$ . On peut donc prévoir la variation diurne du signal, si l'on détermine la valeur maximum de  $\alpha$  au cours de la nuit. En se basant sur les données météorologiques usuelles (pression, température, humidité, vitesse du vent) obtenues sur une période de temps assez longue dans une région donnée, on peut ainsi faire des prévisions statistiques mensuelles des variations diurnes de champ. Les résultats se sont révélés très encourageants dans le cas des liaisons du C.R.P.L., sur les longueurs d'onde de 30 cm et 3 m.

#### B. — COUCHES TURBULENTES EN ALTITUDE.

Nous avons indiqué dans la première partie quelques données, obtenues au réfractomètre, sur la turbulence atmosphérique. Cet appareil a révélé également l'existence fréquente (50 à 70 % du temps), entre le sol et 3 000 m d'altitude, de couches très fortement turbulentes, d'épaisseur limitée, dans lesquelles le rapport  $\left| \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_0} \right|$  atteint plusieurs fois la valeur observée normalement dans l'atmosphère. GORDON [2] a calculé la puissance diffusée correspondante, dont l'importance peut être appréciable à certaines distances. Par exemple une couche de 300 m d'épaisseur, à une altitude de 1 800 m, dans laquelle

$$S = \frac{1}{4l} \left| \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_0} \right|^2 = 3 \times 10^{-13}/m,$$

conduirait, pour des distances comprises entre 250 et 300 km, à une puissance diffusée supérieure de plus d'une dizaine de décibels à celle que l'on obtiendrait avec l'atmosphère caractérisée par la courbe de GORDON sur la figure 1. A des distances inférieures à 200 km ou supérieures à 350 km, l'influence de cette couche turbulente serait par contre négligeable.

Ceci pourrait expliquer une observation faite en 1949 par MEGAW qui, en déterminant expérimentalement la loi de variation de la puissance reçue avec la distance, sur des trajets maritimes, à une longueur d'onde de 10 cm, avait noté un renforcement assez curieux du champ entre 200 et 350 km.

#### C. — TRAVAUX FRANÇAIS.

Parmi les travaux français concernant la radiométéorologie, présentés à La Haye, citons une méthode de mesure directe des gradients d'indice de

réfraction à l'aide de thermo-couples, mise au point à la Faculté des Sciences de Paris [14], et un procédé original permettant de séparer, à l'extrémité d'une liaison, le champ de propagation normale et le champ de diffusion turbulente [15].

## II. — Propagation en visibilité directe.

### A. — LIAISONS MARITIMES ENTRE POINTS BAS ET POINTS HAUT (SOL-AVION).

M. S. WONG, délégué des Etats-Unis, décrit des essais effectués sur 10 cm de longueur d'onde, avec un émetteur situé à une altitude de 6,6 m. Le récepteur, placé à bord d'un avion, s'éloignait au-dessus de la mer jusqu'à une distance de plus de 300 km, à une altitude de 6 600 m. Bien que l'on soit en atmosphère à peu près standard (ceci étant vérifié par des mesures de l'indice au réfractomètre), le champ reçu passait par un nombre de maximum et de minimum très supérieur à ce que laissait prévoir l'interférence entre rayon direct et rayon réfléchi sur la mer : on notait environ 80 minimum séparés par des distances de l'ordre de 1,5 à 2 km. L'explication en est difficile.

### B. — FADINGS PROFONDS (« RADIO HOLES ») SUR DES LIAISONS ENTRE AVIONS (16).

M. S. WONG présenta des enregistrements de champ mettant en évidence d'importants affaiblissements du signal reçu, dans certaines zones, sur des liaisons entre avions. Les tracés de rayons radioélectriques peuvent conduire à de telles zones « d'ombre », lorsqu'il existe des couches d'inversion en altitude et que l'un des avions au moins se trouve au-dessus. Dans certains cas, on a pu vérifier la bonne concordance entre la position des zones d'ombre déterminée par enregistrement de champ, et celle que l'on peut déduire d'un tracé de rayons, lorsque l'on connaît (par radiosondages ou mesures au réfractomètre) la distribution de l'indice de réfraction dans le plan vertical de propagation. WONG donna quelques indications sur des méthodes permettant le calcul du champ reçu.

J. VOGÉ [17] fit remarquer que, si l'on se base sur des tracés de rayons, les zones d'ombre semblent théoriquement affecter le rayon direct beaucoup plus que le rayon réfléchi sur le sol, plus incliné sur l'horizon. Ceci pourrait expliquer certaines caractéristiques des fadings et fluctuations observés, lorsque la réflexion au sol est importante, et en particulier sur mer.

### C. — LIAISONS AU SOL ENTRE STATIONS FIXES.

1° H. DALH, délégué de la Norvège, présenta quelques résultats de propagation, sur 10 cm de longueur d'onde, au-dessus de sols variés : mer, fjords semés de petits îlots, moraines de glaciers. Les pourcentages de temps pendant lesquels la profondeur des évanouissements excédait 15 décibels étaient respectivement de 30 %, 4,7 % et 0,8 %. La stabilité

# PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES D'ORIGINE TERRESTRE

(Commission IV)

PAR

R. RIVAULT

*Laboratoire National de Radioélectricité*

L'évolution des recherches au sein de la Commission IV, déjà signalée il y a deux ans [1], s'est encore accentuée au cours de l'Assemblée Générale de La Haye.

Les contributions à l'étude et à la mesure du bruit radioélectrique d'origine terrestre, en vue d'applications aux Télécommunications, furent très importantes et dues, pour une bonne part, aux travaux d'hommes nouveaux. Les rapports entre la mesure du bruit et les développements de la théorie de l'Information devaient rapprocher les Commissions IV et VI : la sous Commission VIb, créée à Sydney dans ce but, a manifesté une grande activité. M. G. FOLPÈS, qui, en France, a accepté de coordonner les mesures de bruit, la décrira par ailleurs.

Le carré des géophysiciens est encore solide. Il a été renforcé par le développement de l'Institut de Recherches sur les atmosphériques, à l'Université de Nagoya, qui, sous la direction de A. KIMURA, manifeste une vitalité toujours croissante, et par l'étude du phénomène des sifflements qui se généralise en de nombreuses contrées.

Ce sont les progrès réalisés depuis deux ans dans les études de propagation des atmosphériques, de la basse ionosphère, de l'éclair, des masses d'air où il éclate, de la répartition mondiale des foyers orageux, qui sont rapportés ici.

## **Recherche des paramètres modifiant les formes des atmosphériques.**

Les formes enregistrées à partir d'une centaine de kilomètres de l'éclair dépendent de nombreux paramètres dont les plus importants sont la distance éclair-récepteur, l'origine des masses d'air où l'éclair jaillit, le rôle de la basse ionosphère et, probablement, la nature terrestre ou maritime du parcours des ondes. Les difficultés d'interprétation des oscillogrammes sont la conséquence de l'entremêlement des effets de ces diverses causes. Quand la distance croît, par exemple, faut-il attribuer les variations profondes

de forme à un changement fondamental du mode de propagation entre le sol et l'ionosphère ou au fait que les masses d'air, sièges des éclairs, ne sont plus les mêmes ?

Des faits s'imposent : de nuit, les formes dues à des éclairs relativement proches, distants de moins de 1 500 km par exemple, peuvent être impulsives (type 4) et les échos enregistrés permettent de localiser l'éclair en supposant, ce que l'expérience confirme, que l'énergie se propage géométriquement comme un rayon entre le sol et la région D. Si les éclairs sont beaucoup plus éloignés, au delà de 3 000 km, les formes sont généralement arrondies et quasi sinusoïdales amorties (type 3) ; elles n'ont été jusqu'ici interprétées qu'en supposant une propagation guidée entre le sol et l'ionosphère.

De divers côtés, on s'efforce d'étudier les frontières qui séparent ces deux cas typiques. Il faut, pour cela, rechercher dans quelles conditions le type 4 peut se transformer en type 3, si cette évolution est possible quand la distance croît, et si le passage d'un mode de propagation à l'autre dépend de la distance seule ou, aussi, des caractères physiques de l'éclair (spectre de fréquence, par exemple).

Une difficulté surgit quand on cherche la distance frontière séparant les deux formes caractéristiques : l'expérience montre, en effet, qu'elle dépend de la localisation de l'éclair. J. CHAPMAN et E.T. PIERCE [2] ont fait une analyse statistique des formes reçues à Cambridge en répartissant les éclairs par distances en quatre quadrants autour du récepteur. De nuit, le type impulsif est prédominant dans le quadrant SE pour toutes les distances ; dans le quadrant SO, il domine jusque 1 000 à 2 000 km, le type oscillatoire existant seul pour des distances plus grandes. La raison de cette répartition géographique reste encore à trouver.

F. HERBURN et E.T. PIERCE [3] ont enregistré de nuit des types 4 comprenant un très grand nombre d'échos, dus à des éclairs situés dans le quadrant SE à des distances de 1 000 à 7 000 km. Jus-

qu'à 2 000 km, le caractère impulsif est conservé ; de 2 000 à 4 000 km, les crêtes d'amplitude s'arrondissent par disparition progressive des composantes de fréquences les plus élevées et, au delà de 4 000 km, la suite des échos se présente sous la forme d'une sinusoïde qu'il ne faut pas confondre avec la forme 3 quasi sinusoïdale, amortie au bout de quelques alternances. Tous ces oscillogrammes sont analysables en supposant une suite de réflexions multiples entre le sol et la région *D* à condition que le dépouillement se fasse à partir d'un écho de rang notable, le cinquième, par exemple, parce que le début de l'enregistrement est confus ou qu'il ne conduit pas aux mêmes résultats télémétriques que les échos suivants. Si, à l'aide de ces derniers, on remonte théoriquement au début de la forme, on constate que cette origine devrait se placer après le début réel, l'écart pouvant être aussi grand que 500 microsecondes. S'appuyant sur la répartition variable des amplitudes tout le long de l'oscillogramme, les auteurs expliquent ce résultat en supposant que la forme est due à un éclair composite comprenant deux parties non rigoureusement synchrones, une première verticale, entre nuage et sol, une deuxième horizontale, à l'intérieur du nuage.

R. RIVAULT [4] a profité de l'existence, pendant l'automne 1953, de zones orageuses situées dans le bassin Méditerranéen et s'étendant vers le SE jusque 3 000 km environ pour étudier l'influence du paramètre distance, les masses d'air en présence étant alors de mêmes origines. Les distances des éclairs étaient déduites de l'analyse des formes et leurs directions connues par goniométrie cathodique.

Les formes, enregistrées de nuit, sont impulsives et comprennent un grand nombre d'échos. La répartition de leurs crêtes d'amplitude permet de déceler des changements de phase à la réflexion, se produisant à partir d'un certain ordre de réflexion, ordre variable avec la distance. La recherche systématique de ce phénomène conduit à fixer à  $65^\circ$  la valeur de l'incidence pseudo brewstérienne sur la région *D*.

Quand la distance croît au delà d'environ 2 000 km la forme se modifie. Le début de l'oscillogramme, de grande amplitude, cesse d'être impulsif pour prendre le caractère oscillatoire du type 3. Une fois celui-ci amorti, les échos, d'amplitude croissante puis décroissante, reparaissent alors, les premiers qui soient discernables étant d'ordre 4 ou 5. En reconstituant, à l'aide des échos présents, le début de l'oscillogramme, on trouve, dans quelques cas nets, qu'il coïncide bien avec le début du type 3 initial.

Si ce résultat peut être considéré comme une forme de transition entre les types 4 et 3, on voit qu'il n'y a pas transformation d'un type en l'autre, mais superposition, au delà d'une certaine distance, des deux types, dus au même éclair, qui se différencient sur l'enregistrement à cause de leurs amplitudes différentes en fonction du temps. Il reste à expliquer l'origine de la forme 3 et le fait qu'elle ne soit pas reçue à plus petite distance. On remarquera que cette distance frontière d'environ 2 000 km est celle pour laquelle l'écho d'ordre 1 cesse d'être reçu

en propagation géométrique du fait de la courbure de la terre.

A. KIMPARA [5] relie les formes enregistrées de nuit au Japon pendant l'hiver 1953 aux distances des éclairs localisés par trois stations goniométriques. Elles sont généralement du type quasi sinusoïdal amorti, 10% seulement étant impulsives. Leurs caractéristiques dépendent, au delà de 3 000 km, du trajet de propagation, en deçà de 2 000 km, de la nature des perturbations orageuses, donc des masses d'air. Utilisant les formes impulsives, K. SAO et T. NAKAI comparent les résultats télémétriques qu'on peut en extraire et ceux du réseau de goniomètres. L'accord est généralement très bon mais des écarts, parfois de 20 %, se manifestent qui ne sont pas encore expliqués.

Lorsque l'on enregistre les formes dues aux variations du champ électrique, on constate l'existence de variations semi permanentes et de composantes à basse fréquence, de l'ordre de 100 à 500 pps, que les Anglo-Saxons dénomment « slow tail ». Cette « slow tail », dont on n'enregistre guère qu'une alternance, se déplace le long de l'enregistrement quand la distance varie. F. HEPBURN et E.T. PIERCE [6] ont établi des relations simples entre la pseudo fréquence de cette composante, le temps qui la sépare du début de l'oscillogramme et la distance de l'éclair jusque 5 000 km. Les coefficients  $\gamma$  sont différents suivant que les mesures ont lieu le jour ou la nuit. Au moyen des théories de K.G. BUDDEN et de A.L. HALES sur la propagation guidée des ondes de basse fréquence, ils déduisent de leurs mesures des valeurs de la hauteur virtuelle de réflexion et de la conductivité de la région *D* : 65 km et  $5 \cdot 10^3$  ues de jour, 90 km et  $11 \cdot 10^3$  ues de nuit.

F.W. CHAPMAN et L.N. BEAN [7], analysant des formes contenant un grand nombre d'échos en supposant une propagation par réflexions multiples, constatent que la hauteur virtuelle  $h'$  de réflexion trouvée dépend de l'ordre  $n$  des échos utilisés :  $h'$  croît quand  $n$  décroît ; ce résultat est en désaccord avec ce qui a été trouvé par d'autres auteurs.

F.W. CHAPMAN et A. JOLLEY [8] proposent d'enregistrer les formes sur ruban magnétique. Cette technique, s'il est prouvé qu'elle ne modifie pas les formes reçues, aurait de nombreux avantages : suppression des dispositifs de déclenchement et des bases de temps, possibilité d'analyse a posteriori, régénération de la bande par effacement. Mais aucune caractéristique, notamment de fréquence et de phase, n'est fournie sur le dispositif employé.

### Les sifflements.

Le phénomène a été décrit dans le rapport consacré à l'Assemblée Générale de Sydney [1]. A La Haye, on a pu en entendre divers enregistrements, soit sur disque (Cambridge), soit sur ruban magnétique (Stanford University). Le plus généralement, un sifflement se présente comme un son de fréquence décroissante à partir d'une dizaine de kilocycles par



**NOUVEAU**



## DISPOSITIF DE BALAYAGE TYPE 874-MD... pour ligne fendue G.R.

Ce dispositif marque un progrès important dans le domaine des appareils automatiques. Utilisé avec la ligne fendue, il permet de mesurer rapidement le taux d'ondes stationnaires, le coefficient de réflexion complexe ou l'impédance d'antennes, les filtres terminaux, les atténuateurs fixes, les câbles et autres éléments de réseau.

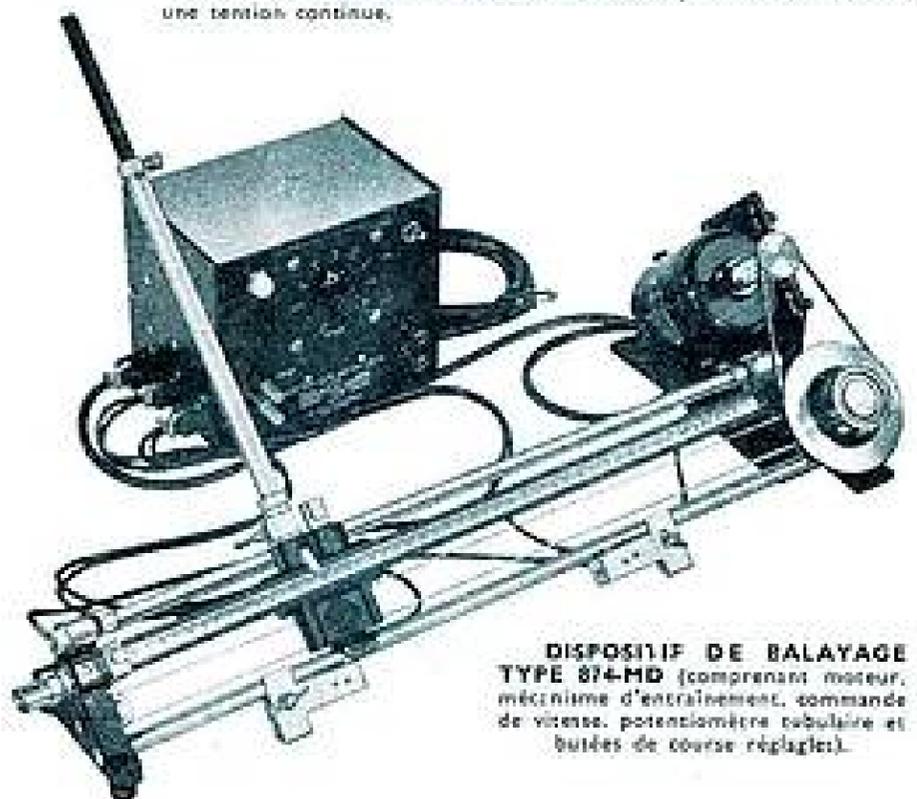
Le dispositif d'entraînement peut être fixé aisément à une extrémité de chaque ligne fendue, nouveau modèle, type 874-LBA. La vitesse de balayage et la longueur de ligne balayée sont entièrement réglables, même pendant le déplacement du chariot. Ainsi, les réglages optima peuvent être aisément faits pour les diverses mesures à effectuer. Une déviation horizontale est réalisée pour la déviation horizontale de l'oscillographe cathodique. Elle est exactement proportionnelle à la position du chariot. Cela permet d'effectuer l'étalonnage de l'axe horizontal de l'oscilloscope. Si l'oscillateur d'alimentation est modulé par ondes carrées, l'oscillographe enregistrera un signal de référence et permettra la mesure directe du taux d'ondes stationnaires sur l'écran ainsi que les points de tension minima. Dans certains cas, un mesureur d'ondes stationnaires pourra remplacer l'oscilloscope pour les vitesses faibles.

Ce dispositif d'entraînement ne présente pas de problèmes concernant le jeu mécanique, car le balayage se trouve déterminé par la position du chariot. [Par conséquent, [les] balayages dans les deux sens de rotation sont utilisés.

**VITESSE DE BALAYAGE** — Réglage continu entre un parcours complet (46 cm) en plus de 10 secondes et un balayage complet en moins d'une seconde.

**AMPLITUDE DE BALAYAGE** — Réglage continu de 1 cm à 46 cm.

**SIGNAL POUR LES PLAQUES HORIZONTALES DE L'OSCILLOSCOPE**  
Un diviseur de tension à curseur commandé par le chariot fournit une tension continue.



**DISPOSITIF DE BALAYAGE TYPE 874-MD** (comportant moteur, mécanisme d'entraînement, commande de vitesse, potentiomètre tubulaire et butées de course réglables).

## GENERAL RADIO Company

135 Massachusetts Avenue, Cambridge 39, Massachusetts, U.S.A.

### AUTRES FABRICATIONS :

Admittancemètres - Amplificateurs - Piles pour coaxes  
Distorsionmètres - Fréquencesmètres - Fréquencesmètres d'impédance - Pense d'impédance - Potentiomètres - Mégohmmètres  
Médiummètres - Polariscopes - Condensateurs de précision  
Oscillateurs - Matériel de mesure V.H.F. - Piles détachées et accessoires - Générateurs de signaux - Analyseurs de forme d'onde - Moniteurs de Radioémission et Télévision - Générateurs d'impulsions - Résistances - Self - Capacités - Décades - Etc., etc.



AGENT EXCLUSIF FRANCE & U. F.

## ETS RADIOPHON

10, FAUBOURG POISSONNIERE - PARIS (10<sup>e</sup>) \* + PRO. 52-01. 04

seconde en un temps de l'ordre de la seconde ; le maximum d'énergie se place aux environs de 3 kc/s.

L.R.O. STONEY [9], reprenant les idées d'ECKERLEY [10], a publié une théorie du phénomène en 1953. Il applique la théorie magnéto-ionique aux diverses composantes de l'impulsion émise par l'éclair ; négligeant les collisions entre électrons et molécules, il suppose la propagation longitudinale. Il montre que les normales aux ondes de différentes fréquences se groupent en un cône de faible ouverture axé sur une ligne de force magnétique, ce qui correspond aux valeurs les plus faibles de l'indice de réfraction (vitesses de groupe). Toutes ces composantes suivent donc la même trajectoire, mais avec des vitesses différentes. Elles traversent l'ionosphère et, suivant la ligne de force, reviennent vers la terre en un point symétrique de l'éclair par rapport à l'équateur magnétique, après s'être éloignées de plusieurs rayons terrestres de la surface du sol. Réfléchies par celui-ci, elles effectuent plusieurs fois le même trajet en sens opposés, la dispersion augmentant avec la distance parcourue.

La plus grande partie de la trajectoire étant située au-dessus de la région F2, il est nécessaire d'admettre, pour rendre compte de la dispersion mesurée, qu'il y existe une ionisation notable probablement due à la présence de matière ionisée (hydrogène sans doute) en provenance du soleil. Un fait en faveur de cette hypothèse est l'augmentation constatée du nombre des sifflements au moment des tempêtes magnétiques. En supposant que la dispersion soit proportionnelle à la distance parcourue, L.R.O. STONEY trouve que la densité électronique au sommet de la trajectoire est de l'ordre de 400 électrons par centimètre cube. Il est intéressant de signaler que H. SIEDENTOPF [11], à partir de mesures de l'intensité et de la polarisation de la lumière zodiacale, lumière diffusée par de la matière ténue existant autour du soleil dans le plan de l'écliptique, trouve une densité d'environ 600 électrons par centimètre cube au voisinage de la terre. Enfin, RYLE, supposant que la couronne solaire s'étende jusqu'à nous, en déduit une ionisation du même ordre de grandeur.

Au lieu d'être décroissante, la fréquence du sifflement peut être croissante ; la première fréquence audible est de l'ordre de 2 kc/s. Ce cas s'observe rarement l'après-midi, plus souvent au début de la matinée pendant les périodes d'agitation magnétique. Les sifflements sont alors fréquents et forment le « chœur de l'aube », rappelant le bruit d'une volière au lever du soleil. A cette principale exception près, la théorie de L.R.O. STONEY s'accorde avec de nombreux faits expérimentaux : la distribution saisonnière des sifflements correspond bien à l'activité orageuse dans les deux hémisphères ; au cours d'observations faites en avion au-dessus de l'Amérique du Sud, aucun sifflement ne fut reçu au voisinage de l'équateur magnétique.

Des enregistrements simultanés faits à Seattle et à Stanford [12], distants de plus de 1 000 km, ont montré que 25 % des sifflements entendus en un

lieu l'étaient aussi à l'autre. Par contre, on ne trouva aucune corrélation entre les enregistrements de Stanford et ceux de Dartmouth, éloignés de plus de 4 000 km. A Washington, on reçoit des sifflements quand il existe une activité orageuse vers l'Ouest, mais non si elle est au Sud. De nombreux laboratoires s'équipent pour étudier ces phénomènes, parmi lesquels Tubingen (H. SIEDENTOPF) [13] et Nagoya (A. IWAI et K. ITO) [14], et leur étude est au programme de l'Année Géophysique Internationale.

#### Etude de l'éclair.

L'étude fine de l'éclair et de ses différentes phases peut se faire par voie optique, à l'aide de la caméra à objectifs tournants (Boys), et par voie radioélectrique, en enregistrant les formes oscillographiques produites simultanément. Il faut opérer à proximité de l'éclair ; le champ électrique est alors complexe et la présence du terme électrostatique rend l'interprétation des oscillogrammes difficile. Aussi, H. NORINDER [15] cherche-t-il à mesurer le champ magnétique produit par les décharges au moyen de cadres disposés en deux stations distantes d'une dizaine de kilomètres.

Au Japon, H. ISIKAWA et M. TAKAGI [16] emploient simultanément les méthodes optiques et radioélectriques pour étudier les différents aspects des décharges produites au cours de l'évolution d'un cumulo-nimbus. Les nombreuses sortes de prédécharges qu'ils analysent complètent les résultats de Schonland. Ils montrent aussi que les intervalles entre les petites impulsions radioélectriques du type leader stroke et leurs durées sont plus grands quand les décharges se produisent à l'intérieur du nuage que lorsqu'elles jaillissent entre nuage et sol. Ils confirment, de plus, que la durée radioélectrique du return stroke coïncide bien avec celle de la luminosité de l'éclair au voisinage du sol.

Des éclairs artificiels, obtenus par des décharges à haut potentiel à travers une ligne artificielle dont les impédances reproduisent celles des différents canaux que suit l'éclair entre nuages ou parties de nuage, ont été réalisés par NEWMAN en Amérique [17]. Les ondes d'intensité observées à la sortie de la ligne se composent d'une succession d'impulsions dont les durées et les intervalles concordent avec les résultats classiques de Schonland. Au cours de la décharge artificielle, les intervalles de temps entre les impulsions augmentent progressivement et il se produit une espèce de sifflement à fréquence décroissante, débutant à une fréquence d'environ 12 kc/s, qui est à rapprocher du phénomène des sifflements décrit par ailleurs.

Il a été enfin constaté, au cours de vols aériens au milieu de nuages orageux, que les intensités des courants de décharge entre nuages ou parties de nuage croissaient lentement et ne dépassaient pas 5 000 ampères, les charges transportées étant de l'ordre de 200 coulombs.

### Le spectre de fréquence des atmosphériques.

La répartition spectrale de l'énergie des atmosphériques peut être étudiée par des mesures statistiques ou individuelles.

*Mesures statistiques.* — L'effort s'est poursuivi au Laboratoire National de Radioélectricité [18], sous la direction de R. BUREAU, vers les très grandes longueurs d'onde, entre 25 et 70 km. A titre d'essai, un enregistrement a été réalisé sur 130 km. Les résultats semblent montrer que le maximum énergétique se déplace vers les grandes longueurs d'onde quand les foyers orageux se rapprochent. Il tend à se situer vers 35 km de longueur d'onde pour des sources de plus en plus éloignées. L'exploration de cette partie du spectre est complétée par l'enregistrement du champ moyen et par la goniométrie secteur étroit sur 57 km de longueur d'onde. Ces derniers enregistrements indiquent l'existence d'un minimum nocturne qui serait attribuable à une cause ionosphérique se manifestant principalement sur des distances moyennes de l'ordre de 1 000 à 1 500 km. Des interprétations télémétriques ont été également faites d'après le comportement relatif des ondes de 1,5, 11 et 24 km de longueur. Les paramètres caractéristiques mesurés et les méthodes d'étalonnement ont été précisés par F. CARBENAY [19].

L'étude statistique en fonction du seuil de fonctionnement des amplificateurs a été également entreprise au moyen de récepteurs à variation continue du seuil ou du gain. En utilisant, par exemple, une variation cyclique du seuil d'un récepteur de cadence, on se propose d'obtenir un enregistrement du spectre d'amplitude sur une longueur d'onde donnée. En asservissant le gain du récepteur à la valeur d'un niveau moyen mesuré à la sortie, on est conduit au procédé d'enregistrement à niveau constant qui peut être utilisé pour les mesures de bruit [20].

*Mesures individuelles.* — Les atmosphériques individuels peuvent être reçus par des récepteurs à bandes passantes étroites accordés sur diverses fréquences ou par un récepteur à large bande, comme ceux employés dans l'étude des formes, à la suite duquel on dispose plusieurs filtres ou circuits résonnants. Les amplitudes relatives aux différentes fréquences, relevées à la sortie, permettent d'étudier le spectre en fonction des sources et de leurs distances au récepteur, ces dernières étant connues par goniométrie.

Ces deux méthodes sont employées en Angleterre. J. CHAPMAN [21] utilise 5 récepteurs à bande étroite (150 c/s) accordés sur 0,65, 3,5, 10,18 et 27 kc/s. Les variations qu'il trouve dans les amplitudes relatives, pour des observations de jour et des foyers éloignés de moins de 2 000 km, confirment les résultats antérieurs de P.A. BOWE [1]. Pour une hauteur virtuelle d'environ 70 km, les mesures conduisent à des valeurs de 135 à 400 électrons par centimètre cube pour la densité d'ionisation et de  $1 \cdot 10^7$  à  $3 \cdot 10^7$  pour le nombre de chocs par seconde des électrons et des molécules.

F.W. CHAPMAN et D. MATTHEWS [22] emploient un amplificateur à large bande passante (40 c/s à 16 kc/s) à la sortie duquel sont disposés 27 filtres passe bandes répartis logarithmiquement à raison de trois par octave ; leurs résultats n'ont pas encore été fournis.

### Aspect météorologique des observations des atmosphériques.

Toutes les techniques mises en œuvre pour étudier les atmosphériques fournissent des renseignements d'ordre météorologique : localisation et évolution des foyers orageux, différenciation des masses d'air de diverses origines. Aussi constate-t-on une collaboration de plus en plus étroite entre radioélectriciens et services météorologiques, notamment pour l'établissement et l'exploitation des réseaux de goniomètres.

En France [18], le réseau de goniomètres à secteur étroit a été étendu par les installations récentes de Tunis et des Iles Kerguelen ; en ce dernier lieu, un enregistreur du niveau moyen et un goniomètre cathodique avaient déjà été mis en service en 1953. Les observations faites ont permis de caractériser des foyers existant aux Indes, en Indonésie, en Australie et à l'Est du continent Africain. Ces résultats s'accordent avec ceux obtenus antérieurement en Terre Adélie par le Lieutenant de Vaisseau M. BARRÉ [23] et confirment la théorie des grands foyers continentaux.

Il serait intéressant d'obtenir d'un seul goniomètre à la fois la direction et la distance d'éclairs relativement proches. Une étude est en cours dans ce but en France : le rayon d'action étant limité à environ 800 km, on enregistre simultanément la direction les atmosphériques et leur intensité, fonction de la distance, sur une longueur d'onde voisine de 1 600 mètres. La sensibilité, ou le seuil de fonctionnement, du goniomètre à secteur étroit utilisé est modifié à chaque tour des cadres suivant un cycle de quatre tours ; l'enregistrement se fait sur quatre diagrammes différents.

Par l'étude des formes, R. RIVAULT [4] a montré que les types 4 impulsifs, spécifiques des éclairs du bassin Méditerranéen en automne, ne se produisaient que dans des conditions météorologiques particulières caractérisées par l'extension vers la Méditerranée de l'anticyclone russe et la présence d'une zone dépressionnaire Nord Africaine.

Au Japon, A. KIMPARA [24] a continué l'étude des atmosphériques en relation avec le développement des typhons. Il avait déjà trouvé que les sources émettrices se situaient dans la zone de convergence des typhons, principalement à droite de leur trajectoire. Ses dernières observations sur le typhon Ruth montrent que cette zone émissive doit être étendue vers l'avant de la perturbation.

Par ailleurs, le même auteur [25] a recherché les rapports entre les situations météorologiques en altitude (surfaces 700 et 500 mb) et l'existence quasi

permanente de sources d'atmosphériques sur l'Océan Pacifique entre les latitudes 30° et 40° Nord. Il trouve qu'il y a là une zone de convergence des fronts en altitude.

On peut enfin ranger sous cette rubrique les compteurs d'éclairs dont il a été déjà question à propos des mesures de bruit [1]. Les services météorologiques signalent les orages mais ne caractérisent pas leur activité. On a pensé qu'un indice de cette activité pouvait être obtenu en comptant radioélectriquement le nombre des éclairs qui atteignent le sol au moyen d'un dispositif automatique simple, de rayon d'action limité à une vingtaine de kilomètres. Divers modèles, basés sur des principes différents, ont déjà été essayés simultanément par les soins de l'Organisation Météorologique Mondiale. Depuis deux ans, des simplifications ou des perfectionnements leur ont été apportés. Au Laboratoire National de Radioélectricité, G. FOLDÈS [26] a modifié les dispositifs d'étalonnage et d'enregistrement. E.T. PIERCE [27], à Cambridge, a élaboré un modèle dont le fonctionnement est dû aux variations du champ électrostatique au voisinage de l'éclair.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] R. RIVAUT. — Les atmosphériques. *Onde Électrique*, n° 313, mars 1953.
- [2] J. CHAPMAN et E.T. PIERCE. — XI<sup>e</sup> Ass. Gén. de l'URSI, La Haye, 1954, Doc. 8 et 114.
- [3] F. HEPBURN et E.T. PIERCE. — URSI, Doc. 114 et « Atmospherics with long trains of pulses », *Phil. Mag.* S 7, V 45, p. 917, sept. 1954.
- [4] R. RIVAUT. — URSI, Doc. n° 128.
- [5] A. KIMPARA. — URSI, Doc. n° 141 et « The waveforms of atmospherics at night », *Proc. of the Res. Inst. of Atmospherics*, Nagoya, V 2, p. 1.
- [6] F. HEPBURN et E.T. PIERCE. — URSI, Doc. n° 114 et « Atmospherics with very low frequency components », *Nature*, V 171, p. 837, 9 mai 1953.
- [7] F.W. CHAPMAN et L.N. BEAN. — Some observations on the reflection of atmospherics, URSI, Doc. n° 114.
- [8] F.W. CHAPMAN et A. JOLLEY. — The application of magnetic tape recording technique to the study of atmospheric waveforms, URSI, Doc. 114.
- [9] L.R.O. STOREY. — An investigation of whistling atmospherics, *Trans. of the Royal Soc. of London, A*, n° 908, V 246, p. 113, 9-8-1953.
- [10] T.L. ECKERSLEY. — *Nature*, V 135, p. 104, 1935.
- [11] H. SIEMENOFF. — A parasite dans le *Zeitschrift für Astrophysik*.
- [12] URSI, Doc. n° 122.
- [13] URSI, Doc. n° 174.
- [14] A. IWAI et K. ITO. — URSI, Doc. n° 141.
- [15] H. NOHENDER. — URSI, Doc. n° 201.
- [16] H. ISIKAWA et M. TAKAGI. — URSI, Doc. n° 23 et « On the atmospherics from a summer cumulo-nimbus », *Proc. of the Res. Inst. of Atmospherics*, Nagoya, V 1, p. 13 et 22.
- [17] NEWMAN. — URSI, Doc. n° 122.
- [18] URSI, Doc. n° 128.
- [19] F. CARRONAY. — Enregistrement des atmosphériques — Paramètres caractéristiques et méthodes d'étalonnage. *Note Préliminaire n° 170 du Laboratoire National de Radioélectricité.*
- [20] G. FOLDÈS. — Le temps d'occupation d'un récepteur considéré comme un paramètre susceptible de caractériser le bruit atmosphérique. *Note Préliminaire n° 164 du Laboratoire Nat. de Radioélectricité.*
- [21] J. CHAPMAN. — A study of the propagation of low frequency radio waves using lightning discharges as the transmitting source, URSI, Doc. n° 114.
- [22] F.W. CHAPMAN et D. MATTHEWS. — An investigation of the audio frequency spectrum of atmospherics, URSI, Doc. n° 114.
- [23] M. BARRÉ. — Les parasites atmosphériques en Terre Adélie, *Note Préliminaire n° 161 du Laboratoire National de Radioélectricité.*
- [24] A. KIMPARA. — URSI, Doc. n° 141 et « The Typhoon Ruth and atmospherics », *Proc. of the Res. Inst. of Atmospherics*, Nagoya, V 1, p. 40.
- [25] A. KIMPARA. — Atmospherics due to fronts in the upper atmosphere, *Proc. of the Res. Inst. of Atmospherics*, Nagoya, V 1, p. 45.
- [26] G. FOLDÈS. — Compteurs d'éclairs proches. *Note Préliminaire n° 179 du Laboratoire National de Radioélectricité.*
- [27] E.T. PIERCE. — URSI, Doc. n° 114.

# **SUPERSONIC**

TOUTES ETUDES ET REALISATIONS DE  
BOBINAGES SPECIAUX A USAGE PROFESSIONNEL

22, AVENUE VALVEIN • MONTREUIL SOUS/BOIS - TEL. AVR. 57-30

# MESURE DU BRUIT ATMOSPHERIQUE

(Commission IV et Sous-Commission VI b)

PAR

G. FOLDÈS

*Ingénieur au Laboratoire National de Radioélectricité*

La mesure du bruit radioélectrique d'origine terrestre ou « bruit atmosphérique », considéré comme facteur de brouillage des communications ou autres systèmes radioélectriques constitue un problème dont on cherchait jusqu'à présent un énoncé convenable, en même temps que la solution. Il résulte de cette situation que les travaux entrepris dans divers pays furent organisés suivant les conceptions personnelles des auteurs, avec les moyens dont ils pouvaient le plus facilement disposer et en fonction de préoccupations immédiates qui varient d'un pays à l'autre.

Après avoir montré la manière dont la Commission IV conçoit, selon son Président, le problème de la mesure du bruit atmosphérique, nous exposerons successivement les travaux effectués dans les divers pays ayant participé à la discussion de ce problème au sein de cette Commission : Afrique du Sud, Canada, Royaume-Uni, Etats-Unis, Japon, France. Nous nous efforcerons de dégager ensuite, dans un tableau général des diverses techniques déjà pratiquées ou suggérées, les possibilités expérimentales actuelles en matière de mesure du bruit atmosphérique. Nous verrons enfin les réactions que l'exposé des travaux de la Commission IV a suscitées de la part des membres de la Commission VI, au cours de la séance commune qui fut tenue à cet effet (Sous-Commission VI b).

## 1. — Exposé du problème.

### 1.1. — INTÉRÊT ET DÉFINITION DU PROBLÈME.

L'existence permanente et inévitable du bruit radioélectrique d'origine terrestre ou « bruit atmosphérique » pose un problème fondamental pour la radioélectricité, puisque dans une vaste gamme de fréquences, c'est ce bruit qui détermine l'intensité minimum d'un signal radioélectrique utilisable.

Il serait donc d'un intérêt fondamental de pouvoir connaître ce bruit, d'évaluer quantitativement son action de brouillage sur la base d'un ou plusieurs paramètres facilement mesurables et bien définis,

L'U.R.S.S. a dû se pencher sur ce problème, en particulier sur la demande du C.C.I.R. formulée dans les termes suivants : « Quelles sont les caractéristiques le plus facilement mesurables du bruit radioélectrique d'origine terrestre à partir desquelles on peut déterminer l'action d'interférence sur les divers types de communication ? ».

### 1.2. — EXPOSÉ DU PRÉSIDENT.

1.2.1. — *Directives générales.* — Commentant ce problème dans un exposé [1] destiné à orienter les travaux de la Commission, son Président J.A. RATCLIFFE estime qu'il convient de rechercher les paramètres de nature statistique dont la connaissance pour différents lieux, en diverses saisons et à divers moments de la journée, permettrait à l'ingénieur concevant ou étudiant un système de communication d'un type nouveau quelconque, d'évaluer l'effet du bruit radioélectrique d'origine terrestre sur ce système. A la préoccupation de l'utilité pour l'ingénieur, il faut joindre celle de la facilité pratique de la mesure du ou des paramètres à retenir.

1.2.2. — *Nécessité d'observations statistiques à la sortie de récepteurs à bande étroite.* — La complexité et la variabilité extrême du phénomène semblant interdire actuellement tout espoir de tirer des résultats directement utilisables de l'étude détaillée des formes des atmosphériques, J.A. RATCLIFFE constate la nécessité de recourir à des observations statistiques de la tension de bruit au moyen de récepteurs d'un type approprié dont il sera désirable d'élargir la bande passante dans toute la mesure possible sans qu'il en résulte la superposition au bruit à étudier de signaux ou parasites de puissance comparable à celle du bruit atmosphérique.

1.2.3. — *Fréquences de mesure.* — Ces observations devront s'effectuer sur un nombre suffisant de fréquences pour qu'une interpolation des résultats soit possible entre deux fréquences de mesure. J.A. RATCLIFFE suggère que l'on commence par adopter, à titre d'essai, des fréquences voisines de 10, 100, 1 000 et 10 000 kc/s.

1.2.4. — *Amplitude et phase.* — La tension de bruit apparaissant à la sortie d'un récepteur de largeur de bande  $\Delta_n$  centrée sur une fréquence  $n_0$ , est une oscillation de quasi-fréquence  $n_0$ , dont l'amplitude et la phase sont modulées par le bruit, mais sans variations notables dans des temps inférieurs à l'inverse de la largeur de bande. En attendant que l'on découvre une méthode simple de mesure des variations de la phase, il conviendra de se limiter à l'étude des variations de l'amplitude de la tension de bruit.

1.2.5. — *Analyse des amplitudes.* — L'information relative à l'amplitude de la tension de bruit pourra comporter par exemple l'indication :

- a) de la valeur efficace ;
- b) de la distribution de probabilité de la tension ;
- c) d'une certaine quantité qui décrit d'une manière statistique la variation dans le temps de l'amplitude.

Si les points *a* et *b* ne soulèvent en principe pas de difficulté fondamentale, il reste à trouver le moyen d'aborder le point *c*.

Un moyen consisterait à déterminer la fonction d'auto-corrélation ou le « spectre de puissance » de la tension de bruit en enregistrant la puissance recueillie à la sortie d'une série de filtres à bande étroite montés à la sortie du récepteur.

Un autre moyen serait de déterminer :

1° Les temps moyens  $T_1, T_2, T_3 \dots$  de dépassement d'une série de tensions  $e_1, e_2, e_3 \dots$  les grandeurs  $T_1, T_2, \dots$  etc... pouvant se déduire de la fonction de distribution de probabilité de l'amplitude d'une part, et des cadences des franchissements des niveaux  $e_1, e_2, \dots$  d'autre part ; l'emploi de circuits compteurs devrait permettre une détermination aisée de ces quantités ;

2° Les distributions statistiques des durées  $T_1, T_2, T_3, \dots$  etc... : ceci nécessiterait, semble-t-il, des moyens expérimentaux complexes.

1.2.6. — *Buts à court terme.* — En conclusion de son rapport introductif, J.A. RATCLIFFE souligne que l'effort principal devrait porter sur la réponse aux deux questions ci-après :

- a) le nombre minimum et la répartition dans le spectre des fréquences de mesure, pour que l'interpolation des résultats reste possible ;
- b) le moyen le plus simple de déterminer et de spécifier les variations dans le temps des oscillations provoquées par le bruit atmosphérique dans un circuit accordé.

En regard de cet exposé introductif, nous nous proposons de résumer objectivement les contributions des divers Comités Nationaux dont les représentants ont participé aux travaux de la Commission IV.

\* \* \*

## 2. — Afrique du Sud.

### 2.1. — BUT ET MOYENS.

En Afrique du Sud D. HOGG, J.A. FEJER et F.H.

HEWITT [2] ont entrepris l'étude de l'effet du bruit atmosphérique sur divers systèmes d'aides radioélectriques à la navigation opérant à des fréquences relativement basses (Decca, Loran, Consol) et également sur les communications radiotéléphoniques. Le bruit atmosphérique recueilli à la sortie de récepteurs accordés notamment sur 100 kc/s, 500 kc/s et 8 Mc/s a fait l'objet de divers enregistrements :

2.1.1. — Enregistrement d'une tension de commande automatique de gain, d'où l'on déduisait par estimation la valeur moyenne de la tension de bruit.

2.1.2. — Enregistrement similaire destiné à fournir avec une détection quadratique la valeur efficace du bruit.

2.1.3. — Enregistrement cinématographique des variations instantanées de la tension détectée en vue d'études des propriétés statistiques.

2.1.4. — Enregistrement sur bande magnétique de la tension de bruit *non détectée* par l'intermédiaire d'un convertisseur de fréquence permettant la transposition en basse-fréquence (3-13 kc/s) pour l'enregistrement, puis la retransposition en haute-fréquence pour la reproduction en laboratoire du bruit à partir de cet enregistrement.

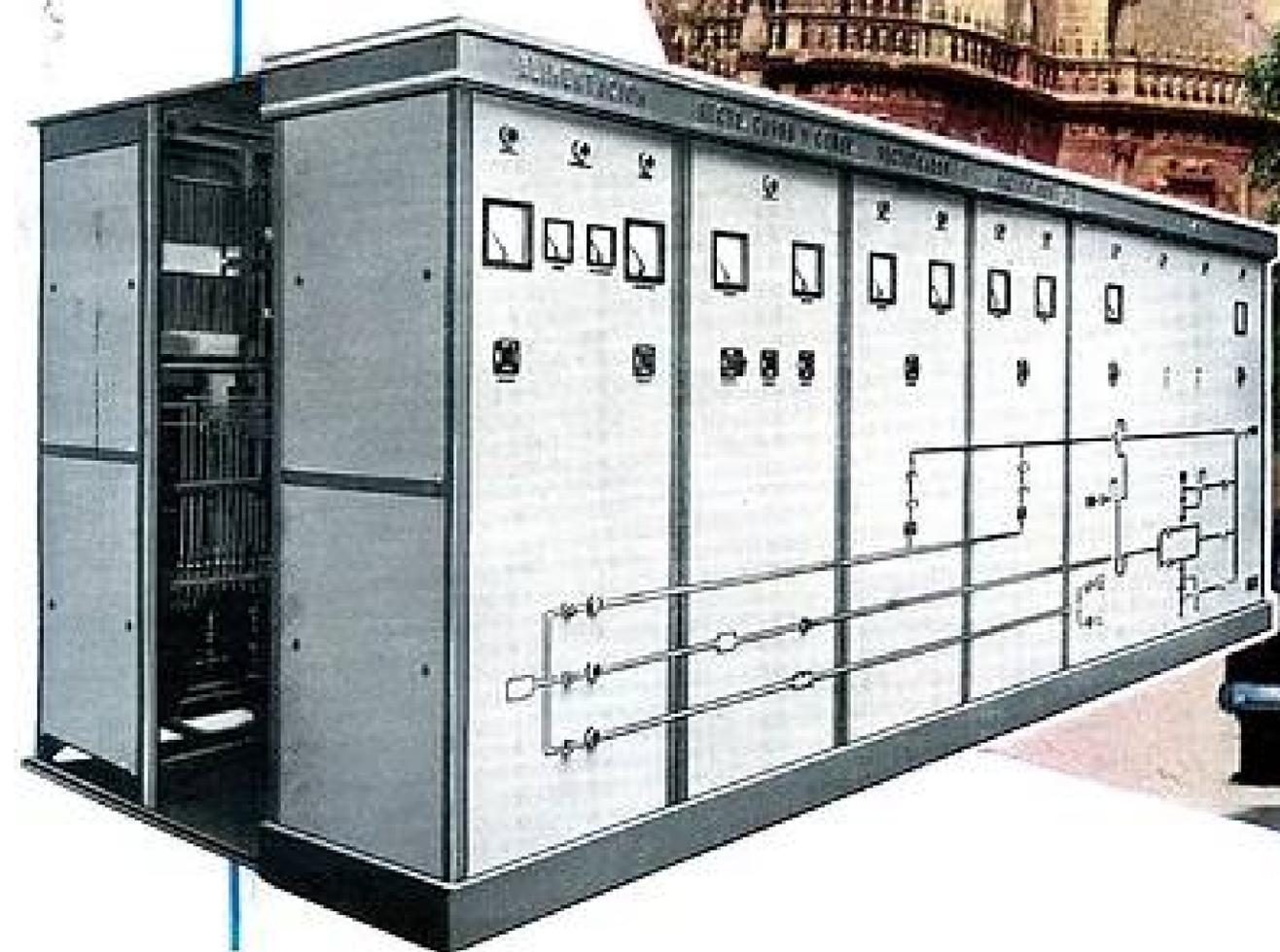
## 2.2. — STRUCTURE DU BRUIT.

Les études statistiques basées sur les enregistrements cinématographiques montrent que le bruit atmosphérique s'écarte du bruit gaussien ou de fluctuation d'autant plus que la fréquence est plus basse. Le rapport de la valeur efficace à la valeur moyenne qui est de 1,13 pour le bruit de fluctuation fut trouvé, pour le bruit atmosphérique, égal à 1,45 pour 8 Mc/s, à 2,6 pour 500 kc/s et à 3,7 pour 100 kc/s dans les conditions de l'expérience.

## 2.3. — MÉTHODE DE RECHERCHE D'UN « BON » PARAMÈTRE.

L'effet du bruit atmosphérique sur les divers systèmes d'aide à la navigation a été étudié en laboratoire en utilisant les enregistrements sur bande magnétique du bruit atmosphérique et aussi d'un bruit de fluctuation. Le but recherché était de se rendre compte si l'un ou l'autre des paramètres *valeur moyenne* ou *valeur efficace* était susceptible de représenter d'une manière satisfaisante l'action de brouillage du bruit. On a déterminé à cet effet pour chacun des systèmes essayés un rapport minimum signal/bruit en prenant comme base la valeur moyenne et un autre rapport minimum signal/bruit en prenant comme base la valeur efficace, et ce pour le bruit atmosphérique d'une part et pour le bruit de fluctuation d'autre part. L'idée directrice des auteurs était que si un paramètre exprime convenablement l'action nuisible du bruit, le rapport signal/bruit basé sur ce paramètre variera peu avec le type de bruit : la valeur efficace serait par exemple le meilleur paramètre si le rapport minimum signal/bruit basé sur la valeur efficace était pratiquement le même pour le bruit atmosphérique que pour le bruit de fluctuation.

# redresseurs



\* RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUE D'ESPAGNE

# L.M.T.

46, QUAI DE BOULOGNE - BOULOGNE-BILLANCOURT (SEINE) - TEL. : + MOL. 50-00

## 2.4. — RÉSULTATS.

Les résultats obtenus sont décevants : alors que la valeur efficace traduit mieux que la valeur moyenne l'effet du bruit sur la phonie, c'est l'inverse qui se produit dans le cas des aides de navigation. Les résultats dépendent de la fréquence d'accord et varient également suivant les conditions de travail de l'appareil essayé, par exemple avec la vitesse de vol et suivant le type de récepteur utilisé dans le cas du système DECCA.

## 2.5. — CONCLUSIONS.

Des résultats déjà acquis dans le cadre de cette étude, les auteurs tirent les conclusions suivantes :

— un seul paramètre peut suffire pour déterminer l'effet du bruit atmosphérique sur certains systèmes radioélectriques, mais ne pas convenir pour d'autres systèmes ;

— la connaissance de plus d'un paramètre peut être nécessaire pour permettre une évaluation de l'effet du bruit sur un ensemble de divers systèmes ;

— il y a lieu de souligner l'influence fondamentale de la fréquence sur les propriétés statistiques du bruit atmosphérique ;

— il est possible qu'un seul paramètre du bruit étant mesuré sur une fréquence donnée, la connaissance de certains autres facteurs comme par exemple les conditions de propagation, permette l'estimation d'autres paramètres ; cette possibilité mériterait d'être étudiée de plus près.

## 3. — Canada.

### 3.1. — BUR.

Soulignant l'importance particulière que présentent au Canada les communications radioélectriques sur des fréquences basses (ondes kilométriques), le rapport Canadien à la Commission IV [3] expose les travaux entrepris dans ce pays pour essayer de déterminer l'action de brouillage du bruit atmosphérique sur divers types de systèmes de réception, et en particulier sur l'oreille humaine.

### 3.2. — MOYENS.

Un premier appareillage fut constitué pour effectuer simultanément sur cinq fréquences (toutes de la gamme des ondes kilométriques) des mesures de valeurs de quasi-crête avec des constantes de temps de 1 ms à la charge et 160 ms à la décharge et un enregistrement permanent fut prévu avec une constante de temps de 8 secondes.

### 3.3. — CONCLUSIONS.

Cet équipement a dû être modifié et l'on dut constater que la mesure d'un seul paramètre du bruit atmosphérique ne pouvait pas fournir l'information nécessaire : ceci est attribué au fait que le bruit atmosphérique comportant une partie nettement impulsive superposée à un bruit de fond permanent, s'écarte en général d'une distribution gaus-

sienne. Le comité Canadien pense que c'est précisément cet écart du bruit atmosphérique par rapport à la distribution gaussienne qu'il faudrait chercher à caractériser par un paramètre approprié. Il se propose à cet effet de poursuivre ses travaux en vue d'obtenir la mesure simultanée de deux paramètres, à savoir, la moyenne du carré d'une part et le carré de la moyenne d'autre part : ces deux valeurs caractérisent les deux premiers moments de la distribution de la densité de probabilité et la valeur de leur rapport constituera, pense-t-on, une information importante sur la fonction de distribution d'amplitude du bruit.

## 4. — Royaume-Uni.

### 4.1. — RECHERCHE DE NOUVEAUX PARAMÈTRES.

F. HORNER [4], après avoir constaté de son côté la nécessité pratique de mesurer le bruit atmosphérique au moyen d'appareils à bande étroite, formule une proposition sur la manière de compléter le renseignement constitué par la valeur moyenne ou la valeur efficace de la tension de bruit, l'une ou l'autre de ces valeurs semblant devoir être le premier des paramètres à retenir.

4.1.1. — *Durée des mesures.* — Les informations relatives au bruit sont nécessairement données pour des périodes de temps de l'ordre d'une heure ou davantage, mais on peut admettre que la moyenne observée sur un intervalle de temps de l'ordre de quelques minutes est susceptible de représenter la valeur du paramètre choisi pendant toute la durée d'une période correspondante.

4.1.2. — *La structure fine du bruit.* — Si d'autres paramètres sont introduits, ceux-ci devront fournir des informations sur la structure fine du bruit, c'est-à-dire sur les variations de l'enveloppe pendant le temps sur lequel la moyenne a été prise. La distribution de probabilité des amplitudes étant insuffisante à cet égard puisqu'elle n'indique d'aucune manière si les impulsions de bruit ont été longues ou courtes et qu'elle ne fournit aucune information sur la répartition de ces impulsions dans le temps, F. HORNER suggère comme une solution de ce problème, l'emploi des distributions de probabilité des amplitudes de l'enveloppe de bruit après « adoucissement » par diverses constantes de temps allant par exemple de 1 milliseconde à 5 minutes. Les résultats pourraient se présenter sous la forme d'une famille de courbes d'où se déduirait le temps de dépassement d'une amplitude donnée pour chaque valeur de la constante de temps d'adoucissement.

4.1.3. — *Considérations pratiques.* — Il serait évidemment impraticable d'établir une telle famille de courbes pour chaque lieu, pour chaque fréquence et pour chaque saison ou heure du jour. Il est raisonnable d'espérer cependant que l'étude détaillée des divers types de bruits révélerait des facteurs communs qui permettraient de déduire les familles de courbes en question de la connaissance de seulement un ou deux paramètres.

## 4.2. — TRAVAUX EXPÉRIMENTAUX.

F. HORNER et J. HARWOOD [5] ont étudié à Slough les propriétés statistiques de l'enveloppe du bruit atmosphérique à la sortie d'un récepteur d'une bande passante de 300 c/s accordé sur 25 kc/s.

4.2.1. — *Moyens et méthodes de travail.* — L'étude a comporté d'abord l'enregistrement des variations de la valeur moyenne de la tension de bruit après détection linéaire et avec une constante de temps de 8 secondes ; des courbes diurnes moyennes sont données à titre d'exemples pour les mois de juillet et octobre 1953.

L'étude des variations instantanées ou de la structure fine du bruit fut abordée de diverses manières : enregistrement sur film des variations de la valeur instantanée, enregistrements des valeurs moyennes de la tension détectée au-dessus de divers seuils, comparaison oscillographique des formes et de la distribution des impulsions pour diverses largeurs de la bande passante du récepteur.

4.2.2. — *Conclusions.* — L'analyse statistique des résultats permet de formuler les conclusions suivantes :

— la distribution de probabilité des amplitudes s'écarte notablement de celle d'un bruit de fluctuation, avec une importance relative nettement plus grande des fortes amplitudes dans le cas du bruit atmosphérique ;

— la forme de cette distribution ne semble pas changer notablement dans le temps, mais ce point reste à confirmer ;

— la distribution dans le temps des impulsions n'est pas entièrement aléatoire : on constate une tendance à ce que les impulsions fortes soient suivies au cours d'une période d'une vingtaine de milli-secondes par davantage d'impulsions d'amplitude comparable que ne le laisserait prévoir une distribution aléatoire.

Quelques essais effectués sur 10 kc/s et 35 kc/s ont fourni des résultats similaires à ceux obtenus sur 27 kc/s.

## 4.3. — PROPOSITION RELATIVE A UN PROCÉDÉ D'ENREGISTREMENT.

4.3.1. — *But.* — R. KITAI et D.G. LAMPARD [6] soulignent l'intérêt considérable que présenterait la possibilité d'enregistrer le bruit atmosphérique en divers lieux de manière à pouvoir le reproduire fidèlement et à volonté en laboratoire, et proposent une technique d'enregistrement qu'ils ont conçue dans ce but.

4.3.2. — *Procédé proposé.* — La tension de bruit se présentant à la sortie de l'amplificateur H.F. d'un récepteur, ou de l'amplificateur M.F. dans le cas d'un récepteur superhétérodyne est une oscillation présentant des fluctuations à la fois en amplitude et en phase avec un spectre de fréquence s'étendant depuis zéro jusqu'à la moitié environ de la largeur de bande. Le procédé proposé se caractérise en ce que l'on enregistrerait à la sortie de l'amplificateur

M.F. d'un récepteur superhétérodyne, simultanément, sur deux pistes d'une bande magnétique, d'une part la composante en phase et d'autre part la composante en quadrature avec la tension d'un oscillateur local.

Pour retrouver ensuite en laboratoire l'onde de bruit, il suffirait de remoduler par ces deux enregistrements deux ondes porteuses qui se trouvent en quadrature et dont la fréquence est égale à celle de l'oscillateur local utilisé dans l'enregistrement.

4.3.3. — *Difficulté à vaincre.* — La principale difficulté à prévoir dans la réalisation d'un équipement d'enregistrement et de reproduction de ce genre serait vraisemblablement la même que celle rendant difficile toute mesure correcte de la valeur moyenne ou de la valeur quadratique du bruit, à savoir, l'étendue considérable de la gamme dynamique des fluctuations rencontrées.

## 5. — Etats-Unis.

## 5.1. — LES TRAVAUX DE L'UNIVERSITÉ DE FLORIDE.

Un important travail poursuivi depuis plusieurs années à l'Université de Floride sous la direction de A.W. SULLIVAN [7] est consacré au développement d'une technique basée sur la mesure du temps ou probabilité de dépassement de diverses amplitudes par l'enveloppe de la tension de bruit après détection.

5.1.1. — *Moyens.* — Un amplificateur sursaturé permet de transformer les parties de la tension de bruit situées au-dessus d'un seuil donné et réglable, en impulsions d'amplitude constante et de durées variables correspondant aux temps de dépassement de ce seuil. Ces impulsions sont intégrées avec une constante de temps convenable dans un milliampèremètre et celui-ci peut être gradué directement en pourcents des temps de dépassement ou probabilité de dépassement du seuil choisi.

5.1.2. — *La distribution « log-normale ».* — Les distributions de probabilité expérimentalement obtenues de cette manière, ont été analysées par des méthodes graphiques et comparées à divers types connus des fonctions de distribution. Il a été constaté que les distributions obtenues pour le bruit atmosphérique en Floride sur des fréquences allant de 75 kc/s à plus de 5 Mc/s, correspondent avec une bonne approximation à la fonction de distribution du type dit « logarithmique-normal » ou « log-normal » : dans un système spécial de coordonnées où les amplitudes sont portées en abscisses suivant une échelle logarithmique et les probabilités de dépassement en ordonnées suivant une échelle correspondant à une distribution normale, les points expérimentaux s'alignent suivant des droites dont l'inclinaison dépend de l'écart quadratique moyen des logarithmes. Pour un bruit de caractère impulsif, c'est-à-dire composé principalement d'impulsions fortes et espacées, la droite se rapproche de l'horizontale ; lorsque le bruit devient plus « dense » et tend vers un bruit

*...Monsieur Édouard Belin  
se mit à la disposition  
de ses auditeurs  
et de ses auditrices  
pour leur montrer en  
détail le mécanisme  
de son appareil.....*

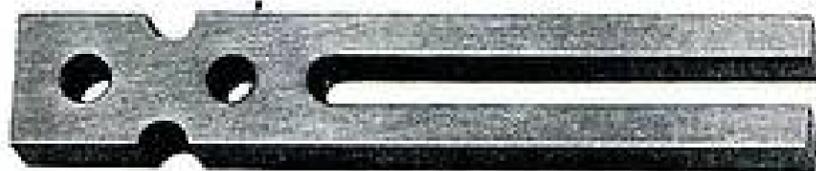


LES ÉTABLISSEMENTS  
**ÉDOUARD BELIN**

296, AVENUE NAPOLEÓN BONAPARTE - RUEIL-MALMAISON - MAL. 05-54 - WAG. 93-63

**Tous les oscillateurs stabilisés**

DU  
DIAPASON **10<sup>-4</sup>**



A L'HORLOGE A QUARTZ

**10<sup>-8</sup>**



de fluctuation gaussien, la droite se redresse puis tend à s'incurver aux probabilités élevées. Ainsi, dans ce système spécial de coordonnées, la pente de la distribution caractériserait la nature ou structure du bruit, tandis que sa grandeur serait fixée par un point, par exemple par la valeur médiane  $M$  dépassée pendant 50 % du temps.

La loi de distribution « log-normale » correspond à une densité de probabilité de la forme :

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} e^{-\frac{(\log x - \log M)^2}{2\sigma^2}} dx$$

où  $p(x)$  est la probabilité que l'amplitude se trouve dans l'intervalle  $x, x + dx$  ;

$M$ , la valeur médiane dépassée pendant 50 % du temps,

$\sigma$ , l'écart quadratique moyen ou dispersion des logarithmes.

En d'autres termes, dans un bruit atmosphérique, le *logarithme* ou, si l'on préfère, le niveau en décibels de l'amplitude, suivrait une distribution gaussienne.

5.1.3. — *Paramètres.* — Les deux paramètres  $\log M$  et  $\sigma$  ont été retenus ainsi pour caractériser la distribution de probabilité de l'amplitude du bruit.

5.1.4. — *Utilité de ces paramètres.* — On a cherché à se rendre compte ensuite, dans quelle mesure l'ensemble de ces deux paramètres était susceptible de représenter l'action de brouillage du bruit atmosphérique sur divers types de communications radioélectriques.

De nombreux essais ont été effectués dans ce but sur trois types différents de systèmes : 1. Radiotéléphonie à modulation d'amplitude ; 2. Télégraphie manuelle en régime A 1 ; 3. Radiotélétype à glissement de fréquence.

On a fait fonctionner tous ces systèmes sous l'influence du bruit atmosphérique recueilli par une antenne verticale et on a mesuré simultanément la distribution de probabilité des amplitudes de bruit, donc les paramètres  $\log M$  et  $\sigma$ .

5.1.5. — *Mesure du brouillage.* — La mesure du brouillage était constituée par le pourcentage d'erreurs (c'est-à-dire de lettres ou de mots manqués), dans un message transmis une seule fois. On a cherché à donner au message une longueur suffisante pour conférer au résultat une valeur statistique aussi bonne que possible, mais la durée devait être limitée pour éviter des changements notables des caractéristiques du bruit. La valeur optimum de la période de transmission fut finalement estimée à 10 minutes. Des messages similaires furent transmis sur les trois systèmes.

5.1.6. — *Analyse du brouillage.* — L'analyse des résultats obtenus dans ces conditions conduit à deux conclusions remarquables :

1° En portant le pourcentage (ou probabilité) d'erreurs en fonction de l'intensité du signal dans le même système spécial de coordonnées « log-normales » que celui déjà utilisé pour le bruit, on constate

que les points expérimentaux obtenus dans une même situation de bruit s'alignent encore suivant des droites, et que, par conséquent, la *distribution de probabilité des erreurs suit également la loi « log-normale »* : cette loi a été vérifiée dans diverses situations de bruit, pour des probabilités d'erreurs allant de 0,95 à 0,001 et ceci dans les trois systèmes essayés.

Une telle distribution peut donc se caractériser par deux paramètres  $\log M_s$  et  $\sigma_s$  similaires aux paramètres  $\log M$  et  $\sigma$  représentant le bruit, l'indice  $s$  indiquant qu'il s'agit de la probabilité des erreurs affectant le signal ( $M_s$  étant la valeur du champ correspondant à 50 % d'erreurs et  $\sigma_s$  la dispersion de la distribution).

Pour une valeur donnée, soit  $S_0$ , du champ  $S$  du signal, le pourcentage d'erreurs, soit  $E$ , affectant le message prend alors l'expression suivante :

$$E_{\%} = 100 \int_{S_0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_s} e^{-\frac{(\log S - \log M_s)^2}{2\sigma_s^2}} \frac{dS}{S}$$

2° Il semble exister une relation déterminée, pour chaque système de communication, entre les deux paramètres  $\log M$  et  $\sigma$  caractérisant une situation de bruit et les paramètres  $\log M_s$  et  $\sigma_s$  caractérisant l'effet de brouillage subi dans ce bruit par le message.

Cette relation s'exprimerait par deux équations de la forme :

$$\log M_s = \log [ AM (\sigma - \sigma_s - 1) ]$$

$$\sigma_s = B \sigma + C$$

où  $A, B$  et  $C$  seraient des constantes dépendant du type de système de communication.

Cette relation a été vérifiée expérimentalement en télégraphie manuelle et sur le radiotélétype. Les auteurs ont calculé la précision avec laquelle il était possible d'estimer par cette méthode le champ nécessaire pour obtenir une intelligibilité de 95 % des messages, en connaissant les deux paramètres  $\log M$  et  $\sigma$  du bruit atmosphérique. Cette précision fut trouvée égale à  $\pm 1,45$  dB pour le radiotélétype et  $\pm 1,2$  dB pour le radiotélégraphe. Les essais effectués en radiophonie ne sont pas encore suffisamment avancés pour permettre d'énoncer des conclusions similaires.

5.1.7. — *Comparaison des divers paramètres.* — A titre de comparaison les auteurs ont également calculé la précision avec laquelle il était possible de prévoir le champ nécessaire pour une intelligibilité de 95 % en se basant sur la seule connaissance de la valeur moyenne ou de la valeur efficace du bruit atmosphérique. Ils ont trouvé que la valeur moyenne permet de faire des estimations à  $\pm 4,6$  dB près pour le radiotélétype et à  $\pm 1,4$  dB près pour le radiotélégraphe ; que la valeur efficace, d'autre part, permet des estimations à  $\pm 3,1$  dB près pour le radiotélétype et à  $\pm 1,15$  dB près pour le radiotélégraphe.

Il y a lieu de noter cependant que les valeurs moyennes et efficaces utilisées dans ces calculs étaient déterminées d'après la distribution de probabilité ;

les auteurs estiment qu'ils ne peuvent pas obtenir des mesures directes correctes de ces valeurs, en raison de la gamme dynamique limitée du matériel dont ils disposent.

5.1.8. — *Autres paramètres.* — L'équipement développé à l'Université de Floride permet de mesurer, en même temps que la probabilité de dépassement d'un seuil donné, le nombre moyen d'impulsions, qui dépassent ce seuil, c'est-à-dire la cadence moyenne de franchissements de ce dernier. On peut en déduire la durée moyenne des impulsions à un niveau d'amplitude  $E_0$ , de même que la durée moyenne de l'intervalle entre deux telles impulsions.

5.1.9. — *Effet de la largeur de bande.* — Un autre moyen pour obtenir des informations sur les variations dans le temps de l'amplitude de bruit, consistait à étudier l'effet de la largeur de bande avant détection sur les deux paramètres  $\log M$  et  $\sigma$  de la distribution de probabilité. Les résultats déjà obtenus sont de la forme :

$$\sigma = m_1 \log B_0 + k_1$$

$$\log M = m_2 \log B_0 + k_2$$

où  $B_0$  est la largeur de bande quadratique et  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $k_1$ ,  $k_2$  sont des constantes dont la valeur dépend des conditions du bruit. L'étude se poursuit sur ce point également, et il convient de ne pas se dissimuler la difficulté de la pratiquer sur des gammes étendues de largeurs de bande : il est évident en effet que plus on élargit la bande passante avant détection, plus on risque de recueillir des émissions qui faussent les résultats.

## 5.2. — LE RESEAU DU C.R.P.L.

F.H. DICKSON a donné brièvement quelques détails sur le réseau américain (C.R.P.L.) destiné à la mesure objective de la puissance de bruit. Les mesures se font à l'aide de récepteurs à bandes passantes étroites sur huit fréquences réparties entre 0,1 et 20 Mc/s. Des variations rapides du niveau de 40 dB, ou lentes de 120 dB, peuvent être mesurées. Un prototype d'un tel récepteur est en cours d'essais au C.R.P.L.

## 6. — Japon.

### 6.1. — UNE TECHNIQUE DE MESURE DIRECTE DE L'ÉQUIVOCATION.

M. SEKI a recherché une méthode objective pour évaluer l'action de brouillage par le bruit des communications télégraphiques et téléphoniques.

6.1.1. — *En Télégraphie* [8]. — Il indique le principe d'un appareil qui serait susceptible de fournir une indication directe de l'équivocation (cf. théorie de Shannon) dans le cas d'un message de structure simple constituée par une forme d'onde rectangulaire, c'est-à-dire par la répétition alternative d'impulsions et d'intervalles d'égales longueurs. L'appareil proposé mesurerait les cadences des impulsions manquées et d'intervalles comblés sous l'effet du bruit.

6.1.2. — *En Téléphonie* [9]. — Un autre principe intéressant la téléphonie consisterait à prendre comme critère objectif du brouillage d'un canal de transmission téléphonique la différence entre les fonctions d'autocorrélation de deux ondes vocales issues d'une même somme d'information et dont l'une aura été mélangée avec le bruit.

### 6.2. — UNE VÉRIFICATION DE LA DISTRIBUTION « LOG-NORMALE ».

Parmi les autres travaux signalés par le rapport du Comité Japonais, il y a lieu de relever des mesures effectuées par FUJITA [9] sur l'intensité des atmosphériques sur 1 600 kc/s pendant les nuits de l'été de 1952 : la distribution de l'intensité fut trouvée sensiblement logarithmique normale, avec une valeur médiane d'environ 10 pV/m et une déviation normale d'environ 3 dB ; en outre la cadence des franchissements du niveau de 10 pV/m fut trouvée d'environ 1,3/minute et celle du niveau de 100 pV/m d'environ 0,3/minute.

### 6.3. — MESURES EN ONDES COURTES.

Des mesures de bruit atmosphériques furent enfin effectuées dans 10 stations au Japon par F. MINOZUMA [9] sur des fréquences élevées (1,5 — 20 Mc/s) : les paramètres étudiés sont la valeur moyenne et une valeur de quasi-crête.

## 7. — France.

### 7.1. — ÉTUDES RELATIVES AUX PARASITES IMPULSIFS.

7.1.1. — *Études théoriques.* — E. FROMY [10] a poursuivi et complété son étude, par le calcul et par l'expérience, de l'action sur les récepteurs d'un parasite impulsif se répétant périodiquement. Après avoir retrouvé le résultat connu que la forme de la réponse percussionnelle est déterminée par la bande passante du récepteur, il fournit des précisions sur le choix qu'il convient de faire parmi les diverses définitions possibles de la bande passante suivant le paramètre auquel on s'intéresse.

7.1.2. — *Un équipement de mesure* [11]. — Cette étude théorique a servi de base à la constitution, au Laboratoire Central des Industries Électriques, d'une installation de mesure de parasites. Bien que cette installation ait pour but principal la mesure de parasites industriels, elle comporte divers moyens susceptibles de servir à l'étude des bruits atmosphériques : ce sont en particulier les « perturbateurs étalon », générateurs d'impulsions très brèves, de caractéristiques constantes et connues, qui peuvent se reproduire soit à une cadence de répétition constante et réglable dans de très larges limites, soit à une cadence aléatoire et également réglable. Dans le premier cas le déclenchement des impulsions est commandé par un oscillateur ; dans le second cas l'oscillateur est remplacé par une source de bruit de fond. Un « découpeur » permet de réaliser un parasite artificiel constitué par des paquets d'impulsions de niveau connu et de fréquence aléatoire moyenne réglable.

# SFME

PANTIN

## TRANSFORMATEUR d'ISOLEMENT

120.000 volts



VILLAUME (S.I.E.U.-I.C.F.)

pour balisage d'antenne

62, RUE DENIS-PAPIN \* Tél. NORD. 47-62

# SSM RADIO

POUR TOUS LES EMPLOIS  
*air, mer, terre.*  
DANS TOUTES CONDITIONS  
*froid, chaleur, humidité.*

Les condensateurs au mica métallisé sous gaine céramique moulée étanche de la série PRC se sont révélés ... *hors classe*

Tropicalisation intégrale.

Tous les condensateurs au mica :  
imprégnés sous vide, cire, ou silicones.  
tous les traitements de protection : polyester, émail.



## ANDRÉ SERF et C<sup>ie</sup>

*Spécialistes depuis 1923*

127, Fg du Temple, PARIS. Tél. NOR. 10-17

# Le UGON 2

BREVETÉ S.G.D.G.

## RELAIS SUBMINIATURE



GRANDPUE  
RELIÉ

- SENSIBILITÉ 2 milliwatts
- POUVOIR DE COUPURE 24 V. - 0,5 A.
- TROPICALISÉ (soudures métal-verre)
- MONTAGE A VOLONTÉ sur support subminiature rond normal ou fils à souder
- H. F. 0,7 PF1



### LE PROTOTYPE MÉCANIQUE

16 Bis RUE GEORGES PITARD - PARIS (15<sup>e</sup>) - YAU. 38-03

# RADIO AIR

**FICHES TROPICALISÉES**  
*étanches, inoxydables*



★ 2 boîtiers de différentes dimensions. 4-9-14 contacts

2, AVENUE DE LA MARNE  
ASNIÈRES (Seine) GRÉ : 47-10

Documentation sur demande

Ces réalisations de E. FROMY constitueront en somme une source de moyens déjà bien mis au point, pour les besoins de la constitution éventuelle de « modèles » de bruit atmosphérique.

## 7.2. — LES TRAVAUX DU L.N.R.

Les travaux entrepris au Laboratoire National de Radioélectricité (F. CARBENAY et G. FOLDÈS) ont pour objet une étude surtout expérimentale de l'action des bruits atmosphériques sur les communications radioélectriques.

7.2.1. — *But et moyens.* — Parmi les divers paramètres du bruit qui sont susceptibles d'être observés et enregistrés, on a porté naturellement une attention particulière sur ceux qui font déjà l'objet au L.N.R. d'enregistrements réguliers en vue d'autres applications, et sur lesquels on dispose par conséquent d'une abondante documentation. Ce sont les enregistrements du niveau moyen de la cadence et du champ moyen des atmosphériques. C'est ainsi qu'a été reprise, en collaboration avec la Direction des Services Radioélectriques, une étude entreprise d'abord par F. CARBENAY [12] ayant pour objet de déterminer la relation qui pouvait exister entre ces paramètres d'une part, et les indications du procédé Thomas d'autre part. En vue de rendre plus objective l'application du procédé, l'équipement comprend deux téléimprimeurs effectuant l'un l'émission, et l'autre la réception, d'un message enregistré sur bande. L'installation est complétée en outre par un dispositif d'enregistrement à niveau constant.

7.2.2. — *Le procédé d'enregistrement à niveau constant.* — Le procédé d'enregistrement [13] à niveau constant consiste essentiellement à maintenir constant un paramètre choisi, soit  $P_1$  mesuré à la sortie d'un récepteur, en agissant à cet effet sur un autre paramètre  $P_2$  qui sera par exemple le gain du récepteur et que l'on enregistrera. Mais en même temps que l'on règle et enregistre  $P_2$ , on peut observer et (ou) enregistrer simultanément d'autres paramètres  $P_3$ ,  $P_4$ , etc... Ce procédé permet ainsi la comparaison précise des divers paramètres entre eux, en mettant en évidence les variations que subissent dans le temps certains paramètres dans des conditions où un autre paramètre est maintenu constant. Les interférences sur les différents systèmes de communication peuvent être considérées dans cette méthode comme un paramètre parmi les autres et la question de savoir si un paramètre permet de déterminer l'interférence du bruit sur un système de communication serait résolue si l'on trouvait un paramètre qu'il suffirait de maintenir constant pour réaliser un degré d'interférence constant sur le dit système. On aurait ainsi trouvé du même coup un procédé automatique et objectif équivalent au procédé subjectif de Thomas, qui serait susceptible de fournir en outre un enregistrement permanent de la valeur du champ nécessaire pour une réception satisfaisante dans un système de communication donné.

7.2.3. — *Installation de mesure.* — L'installation constituée dans le cadre de cette étude comporte un « distributeur d'antenne » permettant d'appli-

quer la tension recueillie par une seule antenne simultanément sur trois voies : la première voie comporte un récepteur d'atmosphériques associé à un enregistreur de cadence (radiocinémographe de R. BUREAU) d'une part, et à un enregistreur de champ moyen des atmosphériques d'autre part ; la seconde voie comporte le dispositif d'enregistrement à niveau constant ; la troisième, enfin, l'équipement à deux téléimprimeurs ci-dessus mentionné pour la mise en œuvre objective du procédé Thomas.

Les deux premières voies fournissent des enregistrements permanents, tandis que sur la troisième voie on mesure aussi fréquemment que possible la valeur du champ nécessaire pour une réception avec environ 5 % d'erreurs.

7.2.4. — *Résultats obtenus.* — Des résultats obtenus au cours du mois de juillet 1954, qu'il a été possible de présenter à La Haye, il ressort que les valeurs de champ trouvées par application du procédé Thomas ne se sont jamais écartées de plus de 3 décibels des indications de l'enregistreur à niveau constant : celui-ci enregistrait les variations du gain d'un récepteur réglé automatiquement de manière à maintenir à un niveau constant la tension moyenne développée aux bornes d'un condensateur d'intégration (constante de temps : 1 minute) par les impulsions de bruit amplifiées et détectées. Les indications de cet enregistrement ont été étalonnées directement en valeurs de champ.

7.2.5. — *Conclusions.* — Dans les conditions de l'expérience (liaison par téléimprimeurs, fréquence 27 kc/s, bande passante 100 c/s environ) on a bien obtenu par conséquent un enregistrement permanent et automatique du champ minimum nécessaire pour une réception satisfaisante avec une précision de l'ordre de  $\pm 3$  dB qui est aussi celle du procédé Thomas tel que pratiqué actuellement.

On a également constaté une bonne corrélation du champ minimum nécessaire avec les indications de l'enregistreur du champ moyen des atmosphériques. Mais des écarts assez importants se manifestent à certaines heures, principalement au voisinage du lever du soleil : il serait prématuré de tirer des conclusions de ces constatations avant d'être assurés que la mesure du champ moyen s'effectue dans des conditions satisfaisantes de linéarité en regard de l'ampleur des variations d'amplitude du bruit atmosphérique.

## 8. — Les techniques de mesure pratiquées ou suggérées.

### 8.1. — UN ESSAI DE SYNTHÈSE.

En marge des travaux expérimentaux effectués en France, nous nous étions efforcés d'acquérir une vue d'ensemble des divers paramètres du bruit atmosphérique qui sont susceptibles d'être observés et enregistrés, c'est-à-dire de nous faire une idée des possibilités expérimentales dans ce domaine. C'est dans cet esprit que nous avons rédigé un document pour la Sous-Commission VI b (14) : nous nous proposons de reprendre ici les grandes lignes de cet essai

de synthèse ou de classement en tenant compte des contributions ci-dessus exposées des divers comités nationaux.

## 8.2. — CONDITIONS D'OBSERVATION.

En écartant les études de « formes », en raison des difficultés déjà signalées ci-dessus (§ 1.2.2.), on observera dans tous les cas, à la sortie du filtre constitué par la partie haute fréquence (et éventuellement moyenne fréquence) d'un récepteur, les oscillations libres provoquées par le bruit recueilli au moyen du collecteur d'ondes. Ces oscillations pourront faire l'objet de mesures soit avant, soit après détection.

## 8.3. — MESURES AVANT DÉTECTION.

En disposant à la sortie du filtre un couple thermo-électrique, suivant un procédé indiqué par F. CARBENAY (dans un document présenté à l'A.G. de l'U.R.S.I., Sydney, 1952) il est possible de mesurer et d'enregistrer la moyenne quadratique ou intensité efficace du bruit. De tels enregistrements ont été effectués sur 27 kc/s (11 000 m) au L.N.R. pendant le 1<sup>er</sup> semestre 1952.

Le signal recueilli à la sortie du filtre peut également être soumis à des procédés d'analyse statistique, par exemple des niveaux, soit par des moyens photo-électriques (enregistrement sur film) (cf. § 2.1.3. ; 4.2.1.) soit au moyen d'analyseurs du niveau purement électroniques. Il y a également lieu de noter les techniques d'enregistrement sur bande magnétique (cf. par. 2.1.4. et 4.3.) pour des analyses et reproductions ultérieures.

## 8.4. — REMARQUES SUR LA DÉTECTION.

Les conditions dans lesquelles s'effectuera la détection ont évidemment une influence déterminante sur les résultats (constantes de temps, non linéarités, etc...). Il convient d'insister notamment sur l'importance que présentent spécialement en matière d'étude de bruits, les limitations de la linéarité et plus spécialement les seuils de réponse et de saturation qui sont inévitables dans tout récepteur réel. D'importantes limitations de la linéarité peuvent également intervenir en amont de la détection. Il a été admis au cours des discussions de La Haye qu'il y a là une difficulté fondamentale pour toute mesure directe des valeurs moyenne ou efficace du bruit atmosphérique.

Il convient de songer aussi à la détection en modulation de fréquence qui implique semble-t-il nécessairement la présence d'une onde porteuse subissant des déplacements de fréquence sous l'effet du bruit.

## 8.5. — REMARQUE SUR LA VARIABILITÉ DU PHÉNOMÈNE.

Sur la base de l'expérience acquise en matière d'enregistrement des atmosphériques, R. BUREAU a montré que pour obtenir des valeurs moyennes cohérentes, celles-ci doivent être établies sur des intervalles de temps de l'ordre de la minute.

## 8.6. — MESURES APRÈS DÉTECTION.

8.6.1. — Il y a d'abord les paramètres usuels du signal détecté couramment utilisés :

- a) valeur moyenne (cf. §§ 2.1.1. ; 4.2.1. ; 5.1.6. ; 7.2.1.) ;
- b) valeur moyenne au-dessus d'un seuil choisi (cf. § 4.2.) ;
- c) valeur efficace (cf. §§ 2.1.2. ; 5.1.6. ; 5.2.) ;
- d) valeur de quasi-crête (cf. §§ 3.2. ; 6.3.).

8.6.2. — D'autres paramètres susceptibles d'être mesurés et enregistrés méritent une attention particulière :

- e) cadence des franchissements d'un seuil donné (§§ 5.1.7. ; 6.2. ; 7.2.1.) ;
- f) temps ou probabilité de dépassement d'un seuil donné (§§ 4.1. ; 5.1. ; 6.2.) ;
- g) spectre d'amplitudes (enregistrement statistique de la fréquence d'occurrence d'atmosphériques sur une gamme d'amplitude) ;
- h) spectre d'intervalles (enregistrement statistique de la fréquence d'occurrence de diverses valeurs de l'intervalle séparant deux atmosphériques successifs d'amplitude supérieure à un seuil donné).

Ainsi qu'on l'a vu dans ce qui précède, tous les paramètres *a* à *f* ont déjà fait l'objet d'enregistrements et d'études dans divers pays. Les paramètres *e* et *f* en particulier sont utilisés aux États-Unis par l'équipe de l'Université de Floride ; les travaux de Horner et Harwood à Slough sont, pour une grande part, basés sur le paramètre *b*.

8.6.3. — Un équipement très simple est réalisé sous forme de prototype au Laboratoire National de Radioélectricité pour l'enregistrement du spectre d'amplitudes (paramètre *g*) en ondes kilométriques. Ce même équipement doit pouvoir se prêter à l'enregistrement du spectre d'intervalles (paramètre *h*) après transformation des intervalles de temps en impulsion d'amplitude proportionnelle à leur valeur.

C'est là, pensons-nous, la première proposition en vue d'un moyen pratique et relativement simple pour obtenir des informations sur les variations rapides de la tension de bruit.

## 8.7. — LE PROCÉDÉ D'ENREGISTREMENT A NIVEAU CONSTANT : voir ci-dessus § 7.2.2.

## 8.8. — APPLICATION DE « RÉCEPTEURS BASCULEURS »

Une manière élégante d'échapper aux difficultés provenant des limitations inévitables de la linéarité dans tout récepteur réel, consisterait à utiliser (13) des récepteurs présentant une non-linéarité totale : des récepteurs « basculeurs » c'est-à-dire fonctionnant en « tout-ou-rien » : Un tel récepteur se caractérise simplement par un seuil de déclenchement et par son temps de réponse à une percussion. En faisant varier ces deux paramètres, il semble possible d'obtenir une image très complète de la structure

CIRCUIT EN POTS

CIRCUIT EN L

# FERRITES

## ferromagnétiques

A HAUTE STABILITÉ

### CARACTÉRISTIQUES

- ★ Perméabilité élevée 2.400 (Fermalite).
- ★ Coefficient de température minimum.
- ★ Coefficient de pertes faible.
- ★ Homogénéité des matériaux.

### AVANTAGES

- ★ Réalisation d'inductances et transformateurs de haute qualité.
- ★ Faible encombrement
- ★ Economique.
- ★ Montage rapide.
- ★ Gamme de fréquence étendue.

Type FERRITE	PROPRIÉTÉS	APPLICATIONS		
FERRITES DOUX FERMALITE	Permeabilité initiale moyenne	Bobines d'inductance (circuit à entrefer)	Transformateur (circuit sans entrefer)	
	1000	1 KHz à 300 KHz		
	1000	200 KHz à 500 KHz		
	2000		1 KHz à 20 MHz	
	2000	Bobines, pupes et bobines basse fréquence		
3000	1500		Transformateur de puissance H.F.	
FERRITE		Bobines d'inductance	Transformateurs	
	1101	600	0,2 à 2 MHz	1 KHz à 20 MHz
	1102	350	1 à 7 MHz	1 KHz à 50 MHz
	1103	100	5 à 15 MHz	1 KHz à 70 MHz
	1104	30	10 à 60 MHz	1 KHz à 100 MHz
1105	15	50 à 120 MHz	1 KHz à 200 MHz	

Type FERRITE	Densité	H <sub>c</sub> Oe	B <sub>r</sub> G	B <sub>s</sub> G	B	Fr Bt	H <sub>c</sub> Oe	APPLICATIONS
FERRITES A COEFFICIENT RECTANGULAIRE	4302	3340	3080	0,92	0,7	Mémoire		
	4303	2800	2570	0,92	1,6			
	4304	2500	2300	0,92	1,4			
	4401	3660	3360	0,93	0,55	Commande et Amplis magnétiques		
	4402	3500	3220	0,92	0,60			
	4001	4000	3520	0,90	0,60			
FERRITES A COEFFICIENT TROUSÉ		B <sub>r</sub> G	H <sub>c</sub> Oe	B.H. 10 <sup>-3</sup> max. G. Oe		Régul. à champ constant et à bobines propriétés mécaniques		
	5202	2000	1500	1,3				

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES  
89, Rue de la Faisanderie

ET TÉLÉPHONIQUES  
PARIS-16° TRO. 45-50

### 9.3. — UN POINT DE VUE BASÉ SUR LA THÉORIE DES PHÉNOMÈNES ALÉATOIRES.

F.L. STUMPERS estime [18] qu'au problème posé dans toute sa généralité (cf. § 1.2.1.) une réponse ne pourra être fournie que sur la base d'une étude statistique des formes d'atmosphériques. S'il était possible de trouver une expression mathématique de ces formes en fonction du temps, expressions ne dépendant pas d'un trop grand nombre de paramètres, et si la distribution en fréquence de ces paramètres pouvait être déterminée, alors, on pourrait calculer la distribution à plusieurs dimensions des tensions, etc... dans les circuits de communication par la méthode des fonctions caractéristiques. Il esquisse la manière dont un travail statistique de ce genre pourrait être entrepris ; il indique notamment les cas où des simplifications se produisent grâce au fait que la distribution se rapproche d'une distribution normale : augmentation de la cadence moyenne des impulsions, rétrécissement de la bande passante. Il souligne que les détecteurs à bande étroite risquent de ne pas fournir les données nécessaires et que les études devraient par conséquent se faire avec des systèmes à large bande.

Il passe à son tour en revue, d'autre part, les différentes techniques expérimentales connues, en insistant sur les enregistrements des formes et sur l'intérêt des techniques de comptage électroniques (cf. § 8.10).

Au cours de la discussion qui a suivi cette communication, les membres de la Commission IV ont insisté à nouveau sur la nécessité de se limiter à des mesures faciles à effectuer avec un matériel simple et des moyens également modestes en personnel : les études basées sur l'enregistrement des formes ne paraissent pas utilisables dans les conditions actuelles et des difficultés pratiques insurmontables s'opposent à l'observation du bruit atmosphérique au moyen de récepteurs à large bande.

### 9.4. — POINT DE VUE DE LA COMMISSION VI.

Exprimant le point de vue de la Commission VI, son Président, le Professeur SILVER, pense que l'étude du problème de la mesure de bruit atmosphérique exige une collaboration des divers groupes que comprend la Commission ; ce problème ne relève pas séparément de la théorie des circuits ou de la théorie de l'information, mais de l'étude des systèmes. La question du bruit atmosphérique sera incluse, en conséquence, dans le programme d'une étude que la Commission VI envisage de consacrer aux problèmes des systèmes.

M. RATCLIFFE signale qu'au cours de la période des deux années précédentes un groupe de travail formé en Angleterre des spécialistes des atmosphériques, de la théorie des circuits et de la technique des systèmes, a étudié les questions soulevées ici et que cette collaboration a permis de réaliser un progrès notable. Il est convenu que cet exemple mérite d'être suivi ; qu'en conséquence les Comités Nationaux seront encouragés à former des groupes de travail communs aux Commissions IV et VI pour

étudier le problème du bruit et qu'une nouvelle réunion mixte sera tenue à la prochaine Assemblée Générale.

### 9.5. — CONCLUSIONS DE LA COMMISSION IV.

Il ressort de la confrontation des contributions présentées par les divers Comités Nationaux, qu'une liaison active et suivie entre les travaux entrepris dans divers pays sur le problème de la mesure du bruit atmosphérique est nécessaire tant en vue d'une harmonisation des méthodes de travail, que pour la détermination des variations des divers paramètres en fonction de l'emplacement géographique du lieu d'observation.

Un groupe de travail a été constitué dans cet esprit et a notamment reçu pour mission d'élucider en première urgence les problèmes que pose encore la mesure des deux paramètres les plus habituels, à savoir la valeur moyenne et la valeur efficace du bruit atmosphérique.

On ne dispose pas actuellement d'informations suffisantes pour faire un choix entre ces deux paramètres : on estime par conséquent que l'une ou l'autre des valeurs efficace ou moyenne constitue, pour le moment, une mesure appropriée des bruits atmosphériques. Les incertitudes des prévisions que l'on est actuellement en mesure de faire sur les niveaux de bruit en fonction du lieu et du temps dépassent probablement, en effet, les écarts susceptibles de provenir du choix du paramètre. Il est évidemment nécessaire, urgent même, cependant, que l'on soit d'une part fixé sur les conditions à satisfaire pour la mesure des deux paramètres fondamentaux en question, et sur les relations qui peuvent exister entre ceux-ci.

La constatation expérimentale, par les chercheurs de l'Université de Floride, de la loi de distribution « log-normale » constitue une découverte d'une importance évidemment fondamentale, et il convient de vérifier en un nombre aussi grand que possible d'emplacements si cette distribution est une approximation suffisante dans tous les cas. Au cas où la nature générale de cette distribution se confirmerait, il y aurait lieu d'étudier les variations des paramètres qui la définissent.

Dans tous les cas il reste à développer les moyens qui permettront d'obtenir des informations sur les variations rapides de l'enveloppe de la tension de bruit, c'est-à-dire sur la structure fine de celui-ci ; ce problème est lié à celui des modèles mathématiques susceptibles de représenter avec une certaine approximation le bruit atmosphérique, et à celui de sources artificielles de bruit destinées à simuler le bruit atmosphérique.

Une étroite collaboration s'impose donc dans ce domaine avec la Commission VI au sein duquel se trouvent les spécialistes notamment de la théorie de l'information et des phénomènes aléatoires.

Le texte des Résolutions de la Commission IV est donné ci-après, et l'on y verra, en particulier, les commentaires que la Commission IV a proposé de communiquer au C.C.I.R. sur les questions qui relèvent de sa compétence.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] J.A. RATCLIFFE. — Notes on an answer to the question « What are the most easily measured characteristics of Terrestrial Radio Noise from which the interference to different types of communication systems can be determined ? ». A.G. La Haye, Doc. N° 100/IV.
- [2] D. HOGG, J.A. FEJER et F.J. HEWITT. — Characteristics of radio noise and their relationship to its effects on radio systems. A.G. La Haye. Doc. N° 98/IV.
- [3] Atmospheric Noise Measurements in Canada. A.G. La Haye, Doc. N° 107/IV.
- [4] F. HORNER. — Notes on the significant characteristics of atmospheric noise. A.G. La Haye, Doc. N° 54/IV.
- [5] F. HORNER et J. HARWOOD. — Some characteristics of atmospheric noise at very low frequencies. A.G. La Haye, Doc. N° 55/IV.
- [6] R. KITAS et D.C. LAMPARD. — A method of recording narrow band radio-frequency noise. Application to measurements on interfering effects of noise in radiocommunication systems. A.G. La Haye, Doc. N° 46/IV.
- [7] A.W. SULLIVAN, S.P. HERSPBERGER et R.F. BROWN. — The measurements of atmospheric noise. A.G. La Haye, Doc. N° 104/IV. voir aussi :
- R.S. HOFF et R.C. JOHNSON. — A statistical approach to the measurement of atmospheric noise. Proc. I.R.E. Feb. 1952.
- A.W. SULLIVAN. — The ogiver. — A radio noise meter. *Radio-Electronic Engineer*, vol. 48, N° 6, pp. 3-5. Déc. 1952.
- [8] H. SEKI. — A proposal on the measurement of noise interference in communication systems. A.G. La Haye, Doc. N° 22/IV.
- [9] A. KIMPARA. — Rapport du Comité National Japonais à la Commission IV. A.G. La Haye, Doc. N° 141/IV.
- [10] E. FROMY. — Analyse de l'action des parasites sur un récepteur. Notes préliminaires du Laboratoire National de Radioélectricité N° 146 - 159 et 162.
- [11] E. FROMY. — Les perturbateurs étalons. Commission Electrotechnique Internationale. Août 1953. Document R.I. (France) 206.
- [12] F. CARBENAY. — Correspondance entre le niveau moyen des atmosphériques et le degré d'intelligibilité d'une liaison radioélectrique sur ondes kilométriques. *C.R.A.S.*, 11 août et 29 septembre 1952.
- [13] G. FOLDÈS. — Le temps d'occupation d'un récepteur considéré comme un paramètre susceptible de caractériser le bruit atmosphérique. Note préliminaire du Laboratoire National de Radioélectricité, N° 164.
- [14] G. FOLDÈS. — Possibilités expérimentales actuelles en matière d'étude des bruits atmosphériques. A.G. La Haye, Doc. N° 97/VI.
- [15] MM. NEWMAN, R.C. SCHWANTES, J.R. STADMAN. — Counter techniques in interference analysis. *Proc. Nat. Electr. Conf. Chicago*, 9, 886-995, 1953.
- [16] MM. NEWMAN, R.C. SCHWANTES, J.R. STADMAN. — Aircraft radio interference measurement. *Trans. A.I.E.E. Appl. and Ind.* 71, 211-215, 1952.
- [17] A. BLANC-LAPIERRE, M. SAVELLI et A. TORTRAT. — Etude de modèles statistiques en vue d'une schématisation des effets des atmosphériques. A.G. La Haye, Document N° 73/VI. *Annales des Télécommunications*, Tome 9, N° 9, septembre 1954, pp. 237-245.
- [18] F.L. STUMPERS. — « On the effect of terrestrial radio noise in communication circuits ». A.G. de La Haye, Doc. N° 273/VI.

## RÉSOLUTIONS DE LA COMMISSION IV

Jusqu'à la prochaine Assemblée Générale, la Commission désigne comme Vice Président M. F.H. DICKSON (U.S.A.) et comme Secrétaires MM. R. RIVAUT (France) et F. HORNER (Royaume-Uni).

Résolution N° 1. — Il est décidé que les commentaires ci-après soient communiqués au C.C.I.R. :

Programme d'études N° 23, Avis N° 120. — « Préparation et révision des graphiques de bruit atmosphérique ».

Cet avis a reçu un accueil favorable. Des expériences sont en cours dans divers pays en vue d'acquiescer davantage d'informations sur les variations des bruits atmosphériques et l'on s'efforce d'exprimer les résultats en fonction de la valeur efficace, conformément à la suggestion du C.C.I.R. Compte tenu des besoins exprimés par cet organisme, les Comités Nationaux sont invités à encourager ces mesures en portant une attention particulière aux variations, en fonction du temps, de la direction d'arrivée des bruits et de l'activité solaire. On estime que l'une ou l'autre des valeurs efficace ou moyenne constitue, pour le moment, une mesure appropriée des bruits, mais les résultats devront être exprimés sous une forme permettant la comparaison directe avec les courbes de tension efficace proposées par le C.C.I.R. ; on devra étudier, en particulier, l'effet de la variation de bande passante sur la plus large gamme possible.

Question N° 79. — « Réponse aux interférences quasi impulsives ».

Les questions proposées sont bien du domaine de l'U.R.S.I. et sont similaires à celles étudiées actuellement par les membres des divers Comités Nationaux de la Commission IV. Ces études concernent également la question 71 : « Détermination du niveau de bruit pour la Radiodiffusion Tropicale ».

Pour le moment, il est recommandé aux Comités Nationaux :

a) De mesurer la fonction de distribution de la probabilité du premier ordre du bruit atmosphérique (la probabilité  $P(E \geq E_0)$  que la valeur instantanée de l'enveloppe de la tension de bruit soit supérieure ou égale à des tensions de référence  $E_0$  données) en un nombre aussi grand que possible d'emplacements en vue de déterminer si la distribution dite Log. Normale est une approximation suffisante dans tous les cas.

b) D'étudier les variations des paramètres définissant la distribution Log. Normale si la validité de celle-ci se confirme.

c) De s'efforcer d'obtenir d'autres informations relatives à la description statistique des variations rapides de l'enveloppe de bruit comme, par exemple, la fonction d'auto-corrélation.

d) D'encourager le développement de modèles mathématiques susceptibles de décrire le bruit atmosphérique.

e) D'encourager le développement de sources artificielles de bruit destinées à simuler le bruit atmosphérique.

*Programme d'études N° 65.* — Ce programme est aussi un de ceux de la Commission IV.

*Résolution N° 2*

La Commission IV décide que le programme international d'enregistrements simultanés des formes d'atmosphériques soit poursuivi et étendu dans toute la mesure du possible avant et pendant l'Année Géophysique ; que des arrangements, entre les Assemblées Générales, soient faits par l'intermédiaire de l'un des Secrétaires.

*Résolution N° 3.*

La Commission IV décide qu'un groupe de travail soit constitué en vue de s'occuper des problèmes relatifs à l'étude des formes d'atmosphériques. Les membres échangeront des enregistrements de formes et des informations sur les méthodes par lesquelles ces dernières ont été obtenues ; chacun analysera ces enregistrements par sa propre méthode. Les résultats de ces analyses seront comparés entre eux. Si l'on arrive à un accord sur la signification des résultats, un rapport récapitulatif sera rédigé. Les membres de ce groupe sont : MM. J.A. RATCLIFFE (Président), R. RIVault, F.W. CHAPMAN, R.A. HELLIWELL, T.W. WORMELL, A. HAUBERT et A. KIMPARA.

*Résolution N° 4.*

La Commission IV décide qu'un groupe de travail soit constitué pour examiner la question :

« Quelles sont les caractéristiques le plus facilement mesurables du bruit radioélectrique d'origine terrestre qui permettent de déterminer l'interférence avec les divers types de systèmes de communication radioélectrique ».

Ce groupe a notamment pour mission :

a) de préparer aussitôt que possible un rapport destiné à préciser les conditions à satisfaire pour la mesure des valeurs moyenne et efficace du niveau de bruit atmosphérique ;

b) de préparer, pour la prochaine Assemblée Générale, un rapport sur les progrès accomplis dans les études définies d'une manière détaillée dans les considérations relatives à l'Avis N° 120 et la Question N° 79 du C.C.I.R. (voir Résolution N° 1).

Les membres du groupe de travail resteront en étroite collaboration avec le groupe correspondant formé par la Commission VI. Les membres de ce groupe sont : MM. A.W. SULLIVAN (Président), A. CRITCHLOW, G. FOLDÈS, F.J. HEWITT, F. HORNER

et un membre à désigner par le Président du Comité National Japonais.

*Résolution N° 5.* — Année Géophysique Internationale.

La Commission IV décide de recommander les observations suivantes pendant l'Année Géophysique Internationale :

1° Des mesures de l'intensité du champ de bruit radioélectrique devraient être exécutées dans le plus grand nombre possible d'endroits à la surface du globe et étendues du côté des très basses fréquences et des hautes et basses latitudes. Les méthodes subjectives et objectives seraient comparées.

2° Les Nations participantes devraient, dans la mesure du possible, équiper leurs stations de goniomètres permettant la localisation des foyers orageux.

3° Des observations devraient être faites en divers points du globe pour étudier les relations entre les renforcements des atmosphériques, reçus sur une fréquence de 27 kc/s, et les éruptions chromosphériques solaires.

4° Des groupes d'observateurs devraient effectuer en divers points du globe des enregistrements simultanés des formes d'atmosphériques produites par des éclairs localisés par goniométrie.

5° Suivant la théorie qui a été suggérée pour expliquer certains types de « whistling atmospherics », les observations de ce phénomène à différentes latitudes devraient pouvoir fournir des données sur la concentration électronique de la très haute atmosphère, à des distances du sol de plusieurs rayons terrestres. Aussi est-il recommandé que, pendant l'Année Géophysique, des observations soient faites en de nombreux endroits :

a) pour contrôler la théorie,

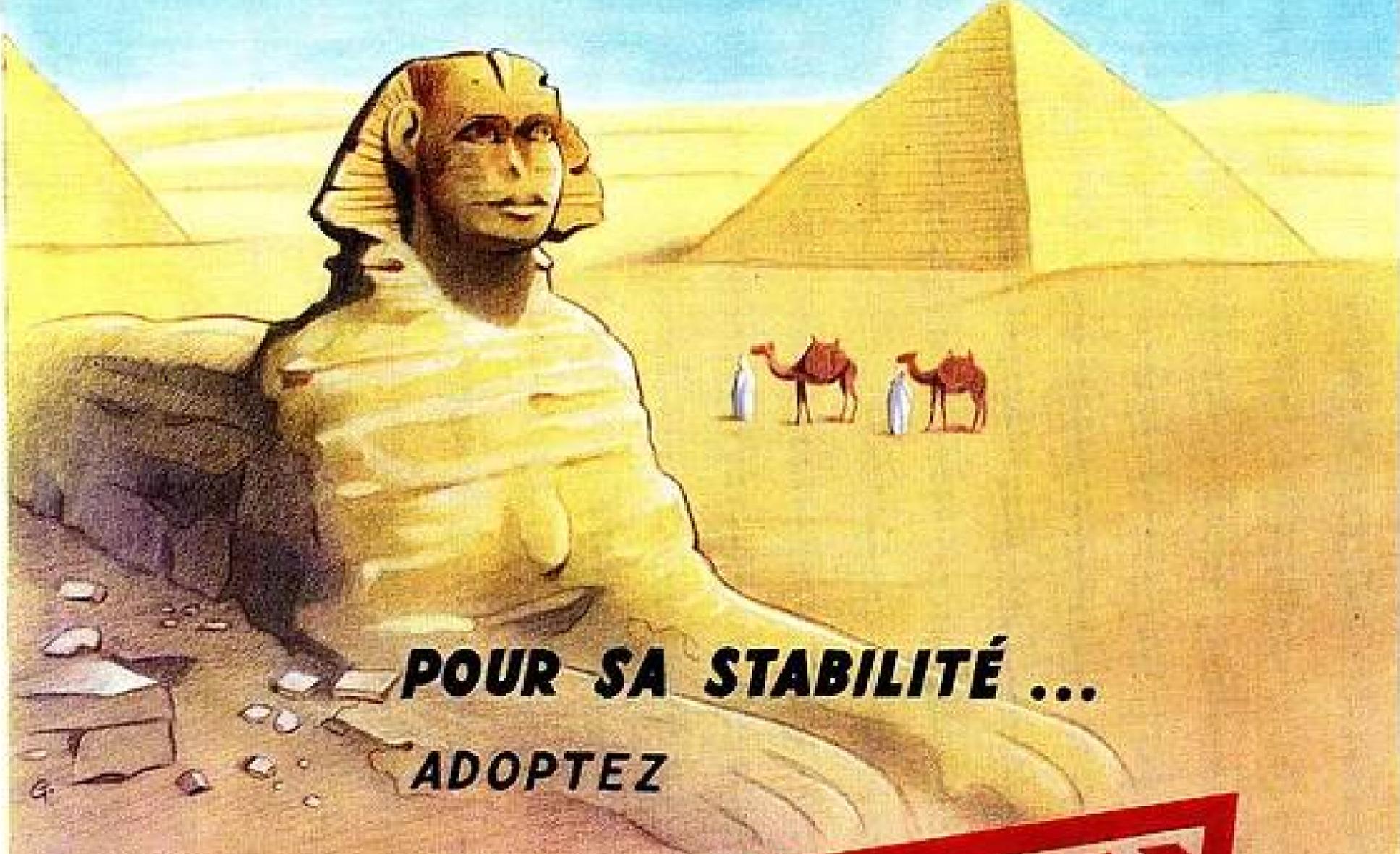
b) pour étudier la très haute atmosphère, s'il est prouvé que la théorie soit correcte,

c) pour établir s'il y a une corrélation entre les tempêtes magnétiques et l'existence des « whistlers »,

d) pour étudier les autres manifestations du même type, non expliquées par la théorie.

Des observations simultanées devraient être faites près du pôle, près de l'équateur magnétique, à deux ou trois latitudes intermédiaires, avec au moins une paire d'observateurs situés aux deux extrémités d'une ligne de force géomagnétique et à des latitudes intermédiaires.

**UN CONDENSATEUR AU MICA, LUI AUSSI  
DOIT ÊTRE *IMMUABLE* !**



**POUR SA STABILITÉ ...  
ADOPTEZ**

**STÉAFIX**

HOMOLOGATION C.C.T.U.  
CATÉGORIE III  
N° 54-01

17, RUE FRANCOEUR - PARIS-18°  
MON. 02-93, 61-19

# RADIO-ASTRONOMIE

(Commission V)

PAR

M. LAFFINEUR

*Président de la Commission Internationale  
de Radio-Astronomie de l'U.R.S.I.*

Le programme des travaux de la Commission de Radio-Astronomie a été plus chargé que lors de l'Assemblée Générale de Sydney en 1952 ; de nouveaux groupes de chercheurs se sont en effet orientés, au cours des deux dernières années, vers l'étude des émissions radioélectriques extra-terrestres. La Commission a tenu sept séances officielles auxquelles il convient d'ajouter une séance consacrée aux observations du soleil radioélectrique pendant l'éclipse totale du 24 février 1952, trois séances des sous-commissions et de nombreuses réunions de groupes limités de chercheurs. L'une de ces réunions a abouti à la constitution d'un groupe de travail qui s'occupera spécialement de la normalisation des mesures en radioastronomie, mesures rendues délicates par la faible densité d'énergie des rayonnements observés.

**Etude radioélectrique du Soleil.** — La majorité des travaux présentés et discutés se rapporte à l'étude du rayonnement du soleil calme ; depuis 1952, en effet, l'activité solaire a été en décroissant. De longues périodes de calme pendant lesquelles le soleil ne présentait aucune tache appréciable ont été constatées en 1954. Quelques phénomènes encore rares survenant aux hautes latitudes héliographiques annoncent toutefois la prochaine reprise de l'activité.

L'ensemble des observations rapportées est contenu dans un intervalle de fréquences allant de 22 Mc/s à 37 000 Mc/s.

**Propriétés physiques du Soleil radioélectrique.** — La répartition de la « brillance radioélectrique » a fait l'objet d'un rapport spécial de l'U.R.S.I. qui vient d'être édité, mais les études radioastronomiques se développent si rapidement que ce rapport pourtant très récent passe sous silence d'importantes acquisitions :

Le réseau de 32 paraboloïdes installé au Radio-physics Laboratory de Sydney (\*) ayant été complété par un second réseau de 16 paraboloïdes orienté dans la direction N-S, l'objet solaire que détectent

les radiotélescopes a pu être analysé suivant deux directions perpendiculaires, sur une longueur d'onde d'environ 20 cm. Le résultat de cette observation est des plus remarquables, il précise la forme inattendue du radio-Soleil dans la période de minimum d'activité : c'est un objet diffus montrant deux condensations brillantes, réniformes, soulignant le limbe aux deux extrémités du diamètre équatorial et occupant les arcs qui limitent sur le disque les zones royales. Le centre et les régions polaires sont

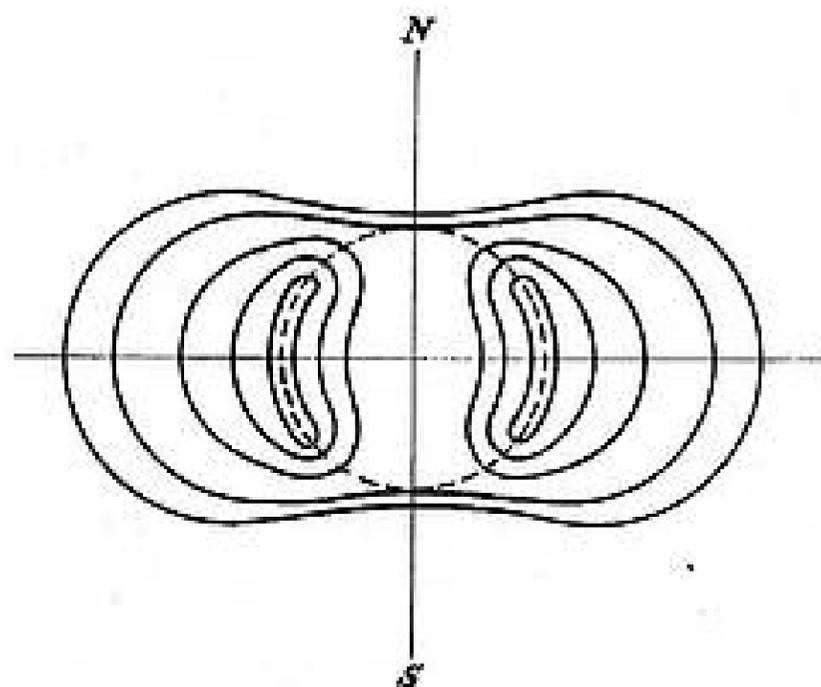


FIG. 1. — Aspect schématique des « isophotes » du soleil radioélectrique sur  $\lambda = 21$  cm d'après WN Christiansen.

nettement moins brillants comme le montre le réseau schématique d'« isophotes radio » ci-contre (fig. 1).

Les mesures de Hagen à Washington faites sur une longueur d'onde de 8 mm avec le paraboloïde de 15 m de diamètre de ce laboratoire (fig. 2) montrent un aspect d'anneau brillant et une tache centrale brillante elle aussi. Notons que ces observations font apparaître un curieux soleil non perturbé qui, tel Protée, changerait de forme et de taille, suivant la longueur d'onde de l'observation. Des

(\*) Voir « Onde Electrique », t. 33, n° 312, p. 173/181, année 1953.

mesures ont été faites par Martin Ryle à Cambridge entre 60 cm et 8 m par les techniques de l'interféromètre à 2 éléments dont l'écartement est variable. Sur 60 cm en particulier, le modèle obtenu devait permettre de prédire la courbe d'occultation observée lors de l'éclipse totale du 30 juin 1954.

En attendant que de très grands collecteurs d'onde donnent un pouvoir de résolution suffisant pour étendre l'analyse de la forme du radio-soleil à des longueurs d'onde plus grandes (1), on continue à utiliser la méthode classique qui consiste à observer la variation de l'intensité reçue durant les éclipses totales et à remonter par le calcul à la répartition de la brillance radioélectrique sur un modèle de soleil. Ce modèle donnerait la même courbe de variation au fur et à mesure du passage du disque opaque de la lune. Les résultats de la réduction des observations faites à Khartoum (Soudan), par la mission

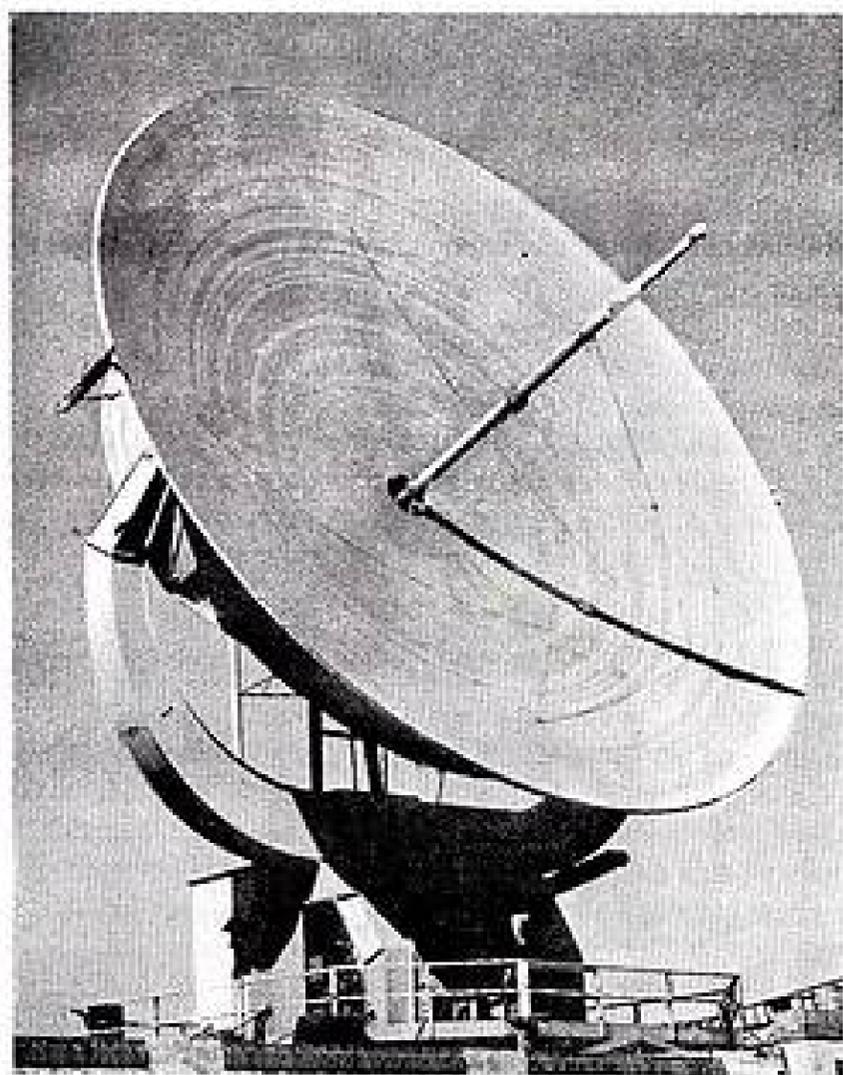


FIG. 2. — Le miroir parabolique de 15 m de diamètre utilisé par le Dr Hagen au Naval Research Laboratory de Washington (U.S.A.).

française du Bureau des Longitudes du 25 février 1952 ont été ainsi présentés. Ils montrent que la forme de la courbe de l'éclipse radioélectrique peut se déduire des observations optiques si l'on applique aux isophotes de la raie verte de la couronne ( $\lambda = 5303 \text{ \AA}$ ) des coefficients de pondération dépendant de la distance au centre du disque solaire. Depuis cette étude, une autre observation avec le même matériel expérimental a été faite à Oland, en Suède,

le 30 juin 1954. Le résultat le plus frappant est que l'émission coronale sur 55 cm au moment de la totalité était en 1954 presque la moitié de celle de 1952 ; ce résultat est à l'origine de plusieurs travaux qui viennent d'être entrepris en France sur la modification de la couronne solaire au cours du cycle undécennal de la variation de l'activité (2).

Les observations de A. D. FOKKER, à Nederhorst am Berg (Pays-Bas), conduisent, par une autre méthode consistant à comparer l'intensité reçue du soleil avec celle d'une région choisie de la Voie Lactée et présumée constante, à des résultats du même ordre.

**Occultation de la Radio-Source Taurus I.** — L'occultation partielle de la radio-source dont la position coïncide avec la nébuleuse Crabe, qui se produit chaque année, a fait le sujet de nouveaux travaux sur 38 et 81,5 Mc/s de M. RYLE à Cambridge et de F. G. SMITH à Washington (Carnegie Institute) sur 22 et 207 Mc/s. M. RYLE explique le phénomène de l'assombrissement très important de la radio-source lors de son passage derrière les parties extérieures de la couronne solaire par des diffusions multiples des ondes incidentes.

**Harmoniques de l'émission du Soleil perturbé.** — Grâce au spectrographe radioélectrique de Sydney, mis en service peu avant la dernière assemblée générale, une remarquable particularité du rayonnement des régions perturbées de l'atmosphère solaire a pu être mise en évidence. On savait déjà que les sursauts de ce rayonnement occupaient à un instant donné une bande de fréquence de quelques mégacycles et que cette bande de fréquence se déplaçait dans le spectre au cours du développement du phénomène solaire, c'est-à-dire en quelques minutes, depuis les fréquences élevées jusqu'aux fréquences basses. Les enregistrements des récepteurs panoramiques révèlent que, souvent, une émission sur l'harmonique 2 accompagne l'émission « fondamentale ». Cette observation est très importante car après elle, il est difficile d'expliquer l'émission des taches solaires par un mécanisme de rayonnement thermique.

**Mécanisme de la production d'oscillations dans l'atmosphère du Soleil et dans les milieux cosmiques.**

Une séance commune avec la Commission VII a été consacrée à ce sujet. Le Dr R. Q. TWISS qui présidait la séance exposa toutes les difficultés que l'on rencontre quand on veut interpréter les observations radio-astronomiques en fonction de nos expériences de laboratoire. Les conditions expérimentales sont très différentes dans les deux cas et il est très difficile de déterminer les échelles relatives.

Le Prof. EMMELAEUS a fait lire une communication au sujet de ses expériences de laboratoire sur les oscillations observées dans les décharges dans les gaz. Cette communication et les suivantes peuvent difficilement être résumées ici, nous nous bornerons à en indiquer les auteurs :

(1) En particulier l'interféromètre à 16 éléments de l'Observatoire Radio-astronomique français de Nancy (Cher).

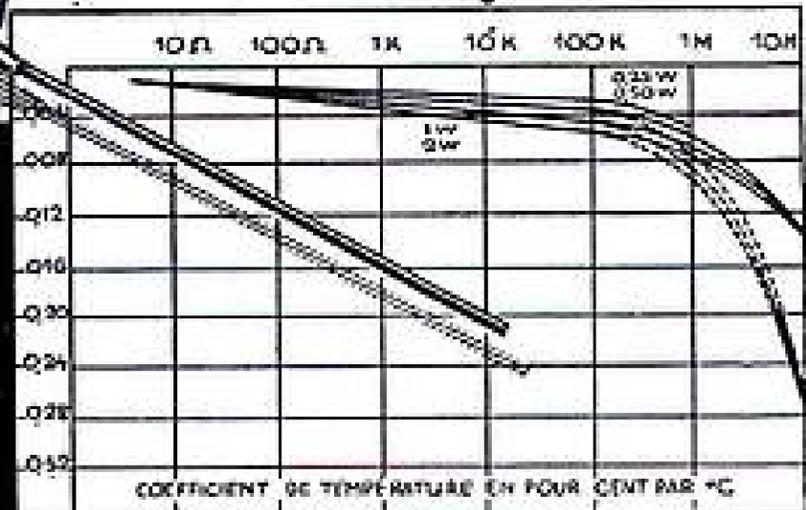
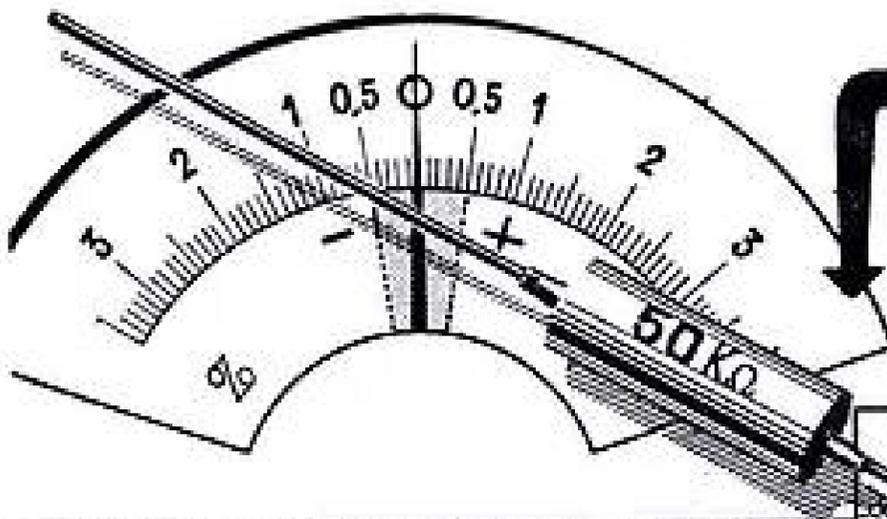
(2) W. ANNOER, C.R. Ac. Sc., 14 fév. 1955.

*une résistance* MINIATURE.

*précise*  
TOLERANCE DE  $\pm 5\%$  A  $\pm 0,5\%$

*solide*

*stable*



Toutes nos fabrications sont conformes aux normes C.C.T.U. et J.A.N.

**RADIAC S.A.**

206, Rue Lafayette  
Paris-10<sup>e</sup> PR0. 39-51

➔ *Documentation technique sur demande*

Four tout ce qui concerne l'équipement de vos  
**TABLEAUX ÉLECTRIQUES et MACHINES MODERNES**

**INTERRUPTEUR MINIATURE**

*500.000 manœuvres*

montage facile en uni, bi, tripolaire.  
remplacement aisé du contact.  
modes de fixation très divers.  
belle présentation.

**SERMEC**

Société à Responsabilité Limitée au Capital de 20.000.000 f.

18, Rue Jean-Jacques-Rousseau, LYON 6<sup>e</sup> - tel. 27 11  
78, Avenue de la République, PARIS (20<sup>e</sup>) - tel. 600 21 21  
Dépôt : BANGUI - 14, Rue de Madrid

M. CHODOROW présenta une discussion de l'amplification d'oscillations par des courants d'électrons. M. R. LÜST esquissa les résultats de ses calculs sur les propriétés des ondes de choc dans un milieu ionisé. Il montra comment les paramètres du milieu, devant et derrière l'onde de choc, sont régis par le nombre de Mach et le champ magnétique. Enfin, M. H. K. SEN donna les grandes lignes d'une théorie non linéaire d'oscillations de plasma et indiqua l'intensité relative prévue pour les différents harmoniques, ceci est évidemment en relation avec le phénomène indiqué plus haut pour les émissions du soleil perturbé.

**Hydrogène galactique.** — L'observation de l'émission sur 21 cm de l'atome d'hydrogène dans la galaxie est devenue à la suite des travaux récents une des plus importantes branches de la Radio-Astronomie et une de celles qui nous a apporté les plus importants résultats.

Un rapport spécial de l'U.R.S.I. a d'ailleurs été édité sur ce sujet à la fin de l'année dernière. Les principaux groupes de travail se livrant aux recherches sur l'hydrogène galactique et extragalactique sont, pour le ciel boréal, le groupe de l'Observatoire de Leyde avec MM. OORT, VAN DE HULST, MULLER et WESTERHOUT ; celui de Jodrell Bank, Manchester (Grande-Bretagne) et aux États-Unis, la station d'Agassiz de l'Observatoire de Harvard (MM. BOK, EWEN, etc...), M. EWEN a décrit l'appareil employé à Agassiz (U.S.A.). Les réductions des observations de cette station font ressortir une corrélation entre les zones émissives sur 21 cm et les nébuleuses obscures révélées par la photographie. A Washington : la Carnegie Institution, et le Naval Research Laboratory.

Pour le ciel austral, un seul groupe important : celui du Radiophysics Laboratory de Sydney.

Les travaux de ces différents groupes de chercheurs ont donné des résultats dont voici un bref résumé :

L'hydrogène interstellaire n'est pas uniformément réparti dans la galaxie, mais concentré en nuages, plus ou moins denses.

Les dimensions moyennes des nuages d'hydrogène sont de 10 parsecs (1 parsec =  $30,83 \cdot 10^{12}$  km). La densité moyenne, extraordinairement faible évidemment, est de l'ordre de 10 atomes d'hydrogène par  $\text{cm}^3$ . La masse d'un nuage est d'environ 100 fois celle du Soleil, ces nuages se groupent en agglomérations totalisant plusieurs milliers de fois la masse du Soleil.

L'ensemble de l'hydrogène interstellaire, et c'est là le fait essentiel, s'inscrit dans un ellipsoïde très aplati sorte de disque dont l'épaisseur est de l'ordre de 400 parsecs, le diamètre étant 50 fois plus grand.

Les groupes de nuages d'hydrogène affectent dans ce disque la forme de spires ou bras analogues à ceux que nous révèle la photographie des galaxies voisines de la nôtre. L'hydrogène interstellaire est donc distribué globalement dans notre spirale de la même façon que les étoiles.

L'hydrogène disposé en bras spiraux et confiné en un disque plat tourne autour d'un axe passant par le centre de ce disque et perpendiculaire à son

plan ; ce mouvement ne se fait pas « en bloc » car la vitesse angulaire des atomes augmente quand on s'approche du centre. Il y a donc des mouvements relatifs systématiques des nuages les uns par rapport aux autres et en particulier par rapport à nous. La composante du mouvement d'un nuage d'hydrogène le long de la ligne de visée est appelée vitesse radiale et peut être positive ou négative.

L'effet Doppler fait varier la fréquence reçue et comme on a pu déduire des observations de l'hydrogène et aussi des mouvements propres des étoiles la loi qui régit la vitesse angulaire en fonction de la distance au centre galactique, la fréquence permet une sorte de mesure télémétrique de la distance des atomes d'hydrogène observés.

Imaginons un radiotélescope pointant le ciel dans une certaine direction vers le plan galactique : si l'hydrogène était au repos, la fréquence observée serait de 1420,405 Mc/s ; or, l'hydrogène étant groupé en nuages animés de vitesses radiales différentes, on observe plusieurs bandes de fréquence, chacun des maxima correspondant à un certain nuage, la fréquence de chaque maximum donnant la distance du nuage.

Le fait que la structure des agglomérations de nuages d'hydrogène est assez compliquée et qu'il y a des mouvements de turbulence provoque un arrondissement des courbes observées ; il se produit ainsi un chevauchement des différentes bandes de fréquence correspondant à chaque agglomération, ce qui complique la réduction des observations.

La figure 3 due aux astronomes de Leyde <sup>(1)</sup>, montre l'aspect général de la répartition de l'hydrogène galactique d'après les observations du ciel boréal.

Le rayon du cercle représente la distance du Soleil au centre galactique. Les zones hachurées sont celles où se trouve l'hydrogène. Le plan de la figure est évidemment le plan galactique.

L'angle dans lequel la structure hypothétique est figurée en pointillé correspond aux directions qui pour des raisons géométriques donnent des vitesses radiales incertaines plus petites que la turbulence.

On voit que l'hydrogène galactique a été observé jusqu'à une distance de 20 kiloparsecs dans le plan galactique. Cette puissance de pénétration dans la matière interstellaire est à remarquer car dans les mêmes directions la lumière des étoiles, absorbée par la poussière interstellaire, cesse d'être perceptible à une distance de 3,5 kiloparsecs.

Les mesures australiennes et, particulièrement celles qui ont été conduites par M. Christiansen couvrent des régions étendues et non pas confinées au plan galactique.

La réelle transparence de l'hydrogène interstellaire sur 21 cm de longueur d'onde est une propriété résultant de la rotation différentielle de la galaxie : si l'hydrogène était immobile, il serait opaque après un trajet des rayons de quelques kiloparsecs, mais par suite de la rotation différentielle, seule une région peu épaisse peut absorber une fréquence donnée obtenue par application de la correction

(1) Extraite du B.A.N. V. XII, n° 452, mai 1954.

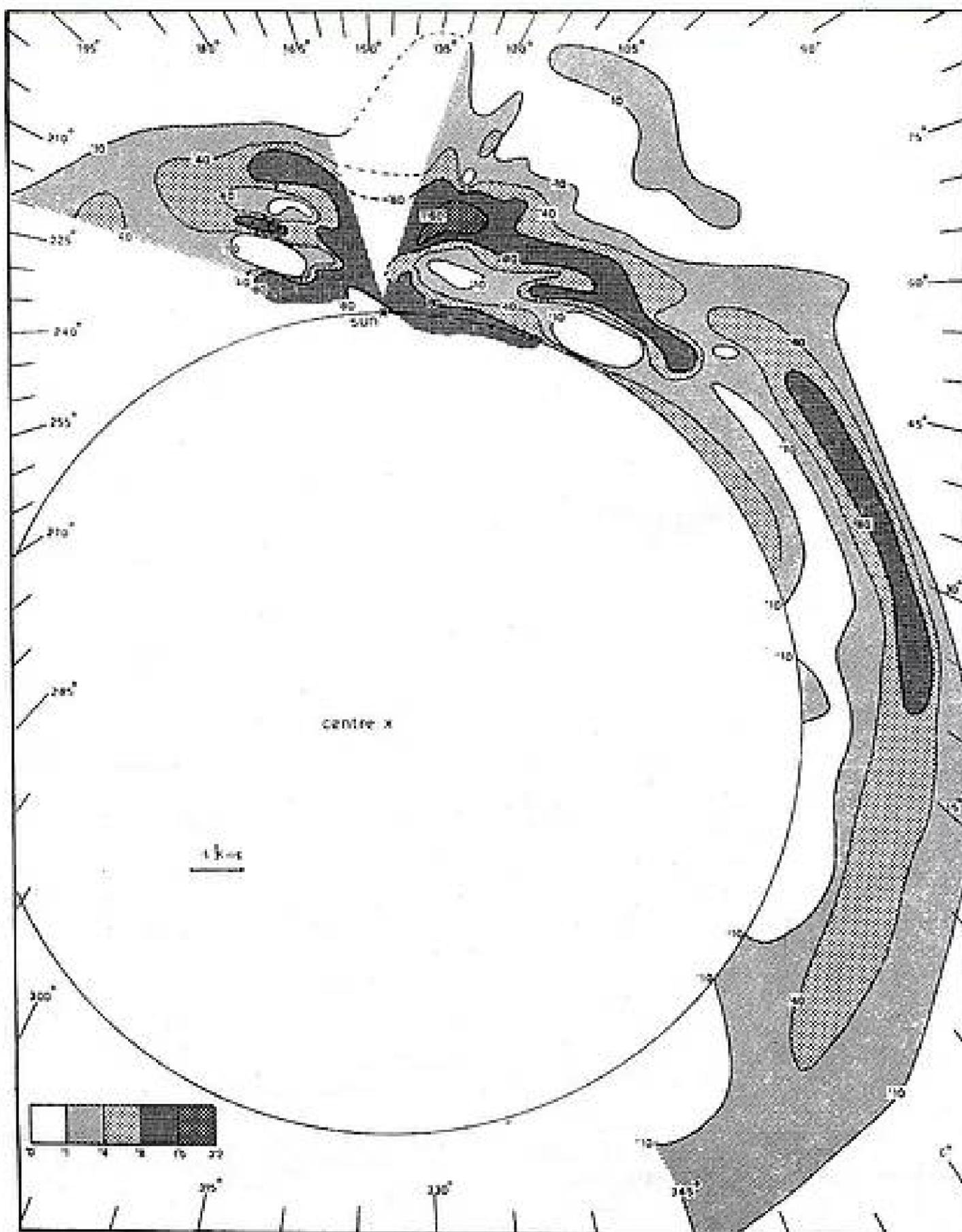


FIG. 3. — Répartition de la densité de l'hydrogène dans le plan galactique d'après les mesures de la raie de 21 cm. (Observatoire de Leyde-MM. Oort, Van de Hulst, Muller).

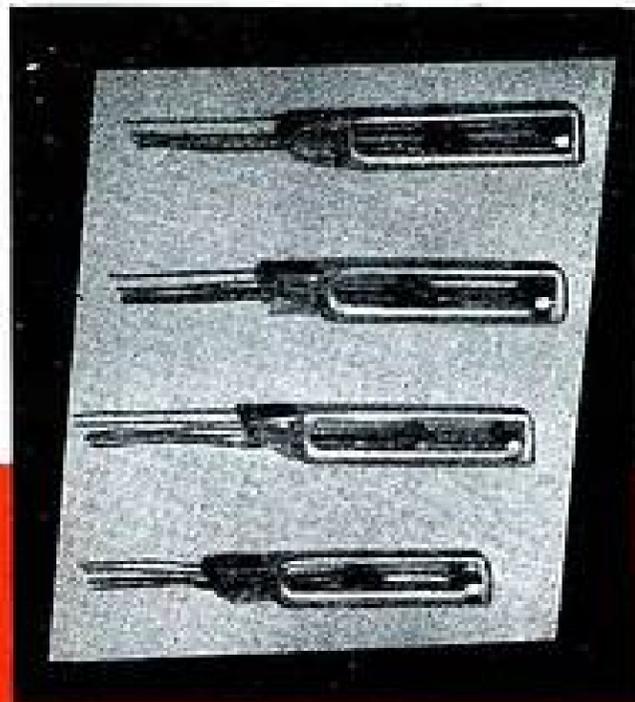
Doppler à la fréquence fondamentale de l'hydrogène neutre : les régions situées en deçà et au delà de cette région absorbante auront des corrections Doppler et par suite des fréquences d'absorption différentes.

La raie de l'hydrogène interstellaire présente évidemment le phénomène de Kirchhoff : quand la masse d'hydrogène émettrice se détache sur une région céleste à basse température (la température de l'hydrogène neutre est d'environ 120° K dans la galaxie) la raie de 21 cm est « en émission », l'énergie dans la bande occupée par la raie étant plus grande que dans les bandes voisines.

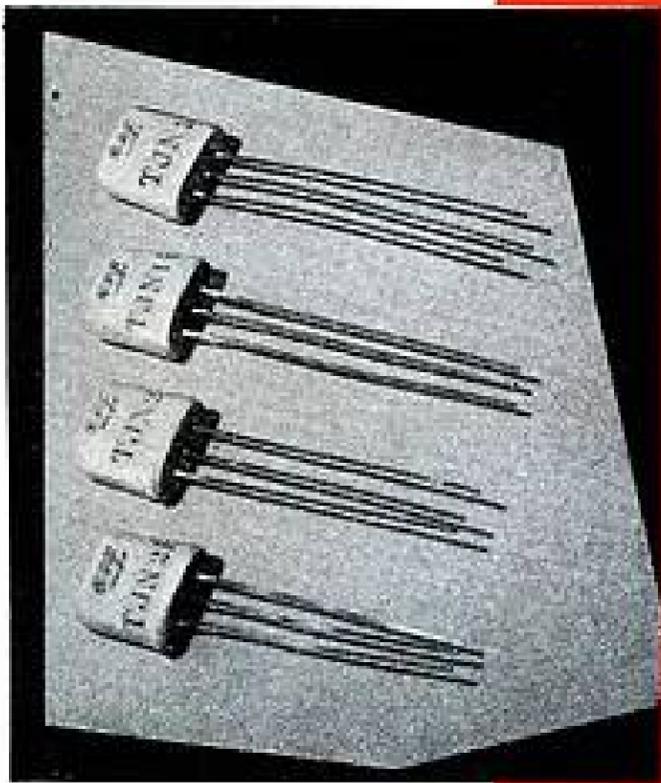
Au contraire, si on observe une région du ciel à température élevée (par exemple une des Radio-Sources dont il sera parlé plus loin), la raie se détache « en absorption », l'énergie dans la bande occupée par la raie étant plus petite, cette fois, que celle des bandes voisines de largeur équivalente. D'excellents travaux indépendants, encore à leur début, ont été décrits par J. P. Hagen, R. Hanbury-Brown et J. L. Pawsey. L'intensité de la raie d'absorption et sa forme liée, comme nous venons de le voir, à la distance et à la masse de l'hydrogène neutre galactique donnent des renseignements très importants sur la distance des Radio-Sources considérées. C'est

**rendement**

Cellules  
**PHOTO-ELECTRIQUES**  
de grande sensibilité ; pour  
détection d'éclairéments faibles  
ou forts.



Cellules **PHOTO-ÉLECTRIQUES**



**TRIODES** à jonction P.N.P.  
pour montages amplificateurs  
ou oscillateurs fonctionnant  
à des fréquences pouvant  
atteindre quelques centaines  
de kilocycles (kc/s).

**miniaturisation**

**Triodes**

**GERMANIUM**

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE T. S. F.  
DÉPARTEMENT DE RECHERCHES PHYSICO CHIMIQUES  
PUTEAUX (Seine) - 12, Rue de la République  
LON 28-86

Demandez nos notices N°s 383 et 450

un moyen d'évaluer les distances de ces objets analogue à celui que les astronomes utilisent et qui consiste à mesurer l'absorption sélective (rougissement exprimé par un nombre appelé « excès de couleur » de la lumière émise par les étoiles lointaines au cours de la traversée des nuages de poussière qui peuplent les espaces interstellaires).

Ce phénomène de Kirchoff appliqué aux ondes radio était discrètement recherché par les radio-astronomes disposant de moyens suffisants et appropriés ; il est piquant de constater qu'il a été trouvé indépendamment et simultanément en Angleterre, aux U.S.A. et en Australie.

**Nuées de Magellan.** — Un travail sur l'émission de l'hydrogène neutre dans les nuées de Magellan a été présenté par B. J. ROBINSON (Sydney — Australie). Les nuées de Magellan sont les galaxies les plus proches de la nôtre, probablement des satellites, elles se présentent à l'œil comme deux nuages lumineux diffus et inégaux sans structure spirale, au voisinage du pôle sud. Le radiomètre a révélé une émission très nette sur 21 cm et des « isophotes » ont pu être tracées, montrant que les nuages d'hydrogène émetteurs s'étendent au delà des régions décelables par les moyens optiques.

Deux caractéristiques des nuées de Magellan ont été ainsi mises en évidence :

— Ces galaxies tournent sur elles-mêmes.

— Les masses totales de l'hydrogène déduites des mesures optiques et des mesures radioélectriques ont été comparées entre elles, laissant apparaître de notables différences. Ces différences pourraient être expliquées en remarquant que les régions optiquement brillantes, contiennent surtout des atomes d'hydrogène ionisé dont l'émission radio est peu intense et que le phénomène inverse a lieu pour les atomes des régions froides.

Un dernier mot sur l'émission radio de l'hydrogène neutre : d'où provient l'énergie qui occasionne la transition de l'atome d'hydrogène interstellaire entre les deux niveaux de l'état dit fondamental ? Il est difficile de l'expliquer par l'action directe des photons venant des étoiles chaudes les plus voisines. Spitzer a proposé une théorie séduisante dans laquelle les photons agiraient d'abord en ionisant les atomes lourds, C, Fe, etc... présents en petites quantités et ce seraient les électrons libérés de ces atomes qui produiraient le « chauffage » de l'atome d'hydrogène ; les atomes lourds agissant en sorte comme des « catalyseurs » dans l'opération.

**Radioastronomie et Ionosphère.** — Une séance commune entre les Commissions III (Ionosphère) et V (Radioastronomie) a été consacrée, sous la présidence du P<sup>r</sup> RYDBECK de GÖTEBORG à l'examen de nos récentes acquisitions sur les mouvements et les irrégularités dans l'ionosphère. Le problème dit des « vents dans l'ionosphère » a, comme on le sait, été attaqué par le P<sup>r</sup> MUNRO en particulier, au moyen de sondeurs à impulsions dont les échos sont reçus en plusieurs points éloignés les uns des autres. Les méthodes radio-astronomiques sont de plus en plus employées pour ce genre d'études car elles sont d'une mise en œuvre simple et permet-

tent d'utiliser les enregistrements des émissions des objets célestes effectués dans des buts différents.

Le P<sup>r</sup> J. L. PAWSEY exposa les travaux faits au moyen du spectromètre solaire du R.L. sur les effets de scintillation des radio-sources. Ces objets radio-émetteurs ont un débit d'énergie constant, mais comme ils sont de faible diamètre on observe une scintillation de l'énergie reçue après la traversée de l'ionosphère, ce phénomène de scintillation étant analogue à celui que des irrégularités de la réfraction dans la basse atmosphère imposent aux images des étoiles. L'utilisation du spectromètre a permis d'établir le spectre de la scintillation. Les résultats ne correspondent pas à ce que l'on pourrait attendre d'une ionosphère composée de régions qui diffracteraient les ondes au hasard et dans toutes les directions. Au contraire, l'examen des corrélations entre les scintillations observées en différentes stations rapprochées montre que la figure de diffraction qui voyage sur le sol est composée d'éléments elliptiques et non circulaires. Cette remarque met en suspicion les mesures des vitesses de déplacement obtenues par la comparaison des enregistrements de deux récepteurs espacés. Le P<sup>r</sup> PAWSEY suggère que l'ionosphère a des irrégularités lenticulaires associées à la couche F.

Le P<sup>r</sup> LOVELL communiqua ses observations des vitesses de déplacement des irrégularités ionosphériques dans la couche F déduites des enregistrements obtenus à l'aide de 3 récepteurs espacés. Il a été trouvé que la scintillation est un phénomène nocturne en corrélation étroite avec la présence d'une couche F étirée en altitude. Contrairement aux résultats indiqués plus haut, les irrégularités seraient ici sensiblement circulaires, mais il faut observer que le travail australien se rapportait à des sources dont la distance zénithale est plus grande que pour les observations du P<sup>r</sup> LOVELL et que des effets de perspective peuvent déformer les éléments des figures de diffraction.

Une observation intéressante faite à Manchester lors de l'éclipse totale de soleil du 30 juin 1954 a montré que le phénomène habituellement nocturne de la scintillation de la radio-source de Cassiopée s'est produit exceptionnellement pendant le jour, 20 minutes après la totalité et a duré une heure environ.

F. G. SMITH présenta également des observations du même ordre appuyant la plupart des conclusions précédentes en particulier la corrélation avec une couche F très développée en épaisseur. D'après lui, l'altitude des irrégularités est en moyenne de 400 km et leur échelle est de l'ordre de 5 km.

**Progrès dans l'identification des objets émetteurs appelés Radio-Sources.** — On sait maintenant que l'équipe de M. RYLE à Cambridge a repéré à elle seule 1750 radio-sources, dans l'hémisphère nord pour la plupart (on en connaissait environ 500 en 1952). A ma connaissance, les positions de ces nombreux objets célestes n'ont pas encore été publiées.

Les objets célestes visuels ou photographiques ont été aisément, dans le passé, classés en planètes, étoiles, nébuleuses gazeuses, galaxies spirales, etc... d'après leur forme, révélée par l'œil ou par la plaque

sensible. Il n'en a pas été de même pour les objets radioélectriques, les formes de ces objets ne sont pas saisies par le récepteur radio normal qui donne simplement la mesure de l'énergie reçue de l'objet, par l'antenne, dans une certaine bande de fréquence. Les radiotélescopes mélangent même tous les objets célestes contenus dans le diagramme de réception de l'antenne utilisée. Le pouvoir résolvant des antennes a fait ces derniers temps l'objet de nombreux travaux, il a été amélioré, les diagrammes sont devenus de plus en plus étroits, les techniques des interféromètres se sont perfectionnées si bien que les positions des radio-sources sont connues maintenant avec une plus grande précision et même quelquefois pour les plus intenses, on arrive à explorer leur forme générale (technique de l'interféromètre à deux éléments à longueur de base variable).

Ces acquisitions nouvelles ont permis d'améliorer la classification amorcée en 1951. Les astronomes « classiques » accordent de plus en plus d'intérêt aux travaux d'observation sur les fréquences de la radio et leur apportent une contribution essentielle, fruit de leur expérience.

On a ainsi pu améliorer la classification des radio-sources et distinguer 5 catégories différentes se rattachant à des objets visibles ou photographiables. Ce sont :

- a) Les coquilles en expansion d'anciennes « supernovae ».
- b) Un certain type de nébulosités filamenteuses en mouvement rapide.
- c) Les nuages d'hydrogène ionisé (régions H II).
- d) Des galaxies particulières à grands mouvements internes et à raies d'émission.
- e) Des galaxies normales des derniers types, analogues à la nôtre et suffisamment proches de nous.

*Groupe a.* — Il y a quelques progrès dans l'observation de ces objets dont le premier connu est la nébuleuse Crabe (Crab Nebula), ainsi désignée à cause de sa forme irrégulière hérissée de filaments. On la trouve dans la Constellation du Taureau. La Nébuleuse Crabe est issue de l'explosion d'une supernova historique qui apparut dans le ciel en 1054 et dont les caractéristiques de position et le tableau de variation de l'intensité lumineuse ont été retrouvés dans les chroniques chinoise et japonaise.

R. HANBURY-BROWN a observé une radio-source du même type dans la constellation de Cassiopée très proche de la position qu'occupait dans le ciel la supernova de Tycho Brahé, observée et décrite par cet astronome en 1572. L'éclat de cette supernova (mag. -4) était tel qu'il restait visible en plein jour. Aucune trace précise des restes de cette explosion stellaire n'est visible de nos jours ; les clichés ne révèlent à cet endroit aucune nébulosité particulière, seule l'émission radioélectrique de la matière que l'homme a vu se disperser dans l'espace il y a bientôt 4 siècles nous envoie encore le faible message de cet événement astronomique.

Une troisième source du type *a* a été identifiée avec la nova décrite par KÉPLER en 1604 et dont les gaz émettent encore de nos jours une faible

lueur. La Radio-Source correspondante vient d'être observée il y a peu de mois par M. Ryle à l'aide du grand interféromètre de Cambridge.

*Groupe b.* — La découverte d'un type spécial d'objets célestes, très probablement différent du précédent, est dû aux radioastronomes : à la position précise indiquée simultanément par MILLS (Australie) et par RYLE pour la Radio Source de Cassiopée, on a photographié au Mont Palomar l'objet que montre la fig. 4. Sur cette image, la dimension moyenne de la Radio-Source est indiquée par un cercle. A l'intérieur de ce cercle, on distingue des filaments faiblement lumineux indiqués par des flèches et numérotés. Le télescope de 5 mètres a permis l'analyse spectrale et ces nébulosités.

Les spectres obtenus par le Pr. MINKOWSKI révèlent d'importants décalages des raies par effet DOPPLER-FIZEAU, la vitesse radiale correspondante atteignant jusqu'à 3000 km/s. Le Pr. Baade suggère que ce que nous voyons comme un filament est en réalité une couche de matière gazeuse animée de

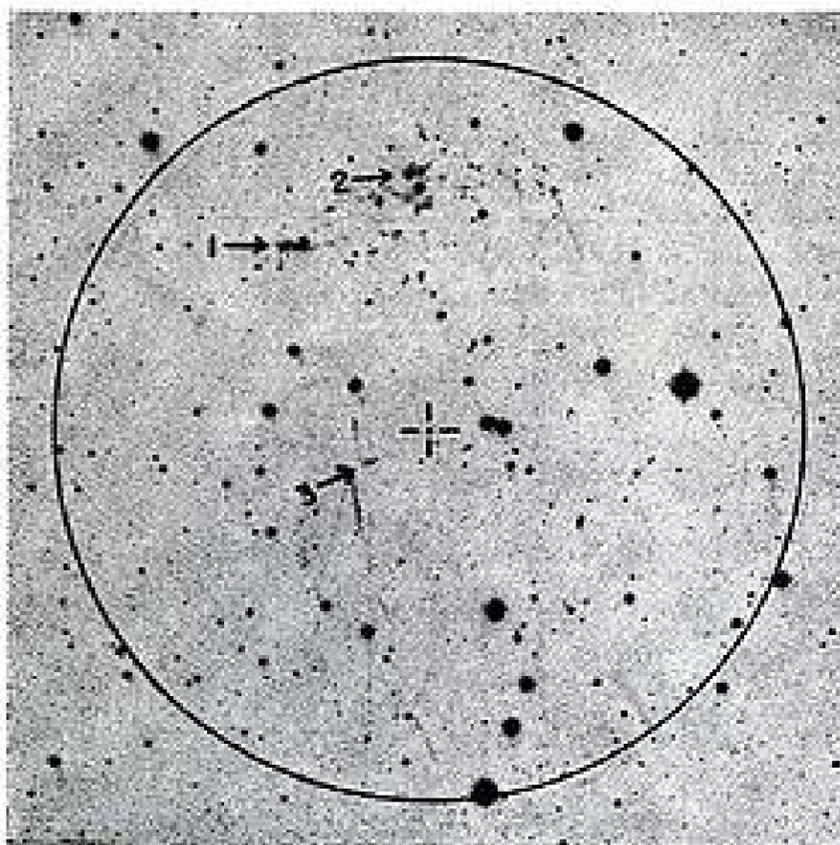


FIG. 4. — Nébuleuse dans Cassiopée —  $\lambda\lambda$  6400-6700 — télescope de 5 m du Mt Palomar (d'après Baade et Minkowski).

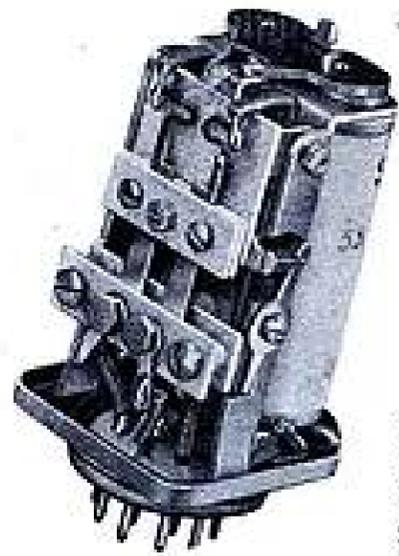
mouvements rapides et simultanés à différentes vitesses. Les autres filaments repérables sur le cliché révèlent des compositions chimiques et des vitesses différentes. Or, on ne trouve pas cette diversité de mouvements et de compositions dans les coquilles de Supernovae ; c'est pourquoi BAADÉ et MINKOWSKI proposent de faire de ces objets une classe à part (elle contient donc la Radio-Source de Cassiopée qui est la seconde découverte dans le ciel boréal).

D'autres objets de ce type ont été analysés, en particulier dans la constellation du Navire Austral.

*Groupe c.* — Nous arrivons maintenant à une 3<sup>e</sup> classe d'objets radioastronomiques reliés à des Radio-Sources et situés comme dans les deux classes précédentes à l'intérieur de notre galaxie ; ce



**TYPE BY**  
1 RT. 1,5 Amp.  
Alter. Direct  
Boîtier 26x26 m/m  
Culot octal



**TYPE SE**  
Relais Sensible (20 mW)  
2 RT. 0,5 Amp.  
Boîtier Hermétique  
26x26 m/m.  
Culot noval



**TYPE MP. 1**  
4 RT. 0,8 Amp.  
Boîtier Hermétique  
26x26 m/m.  
Culot noval ou 14 broches

**Sécurité**

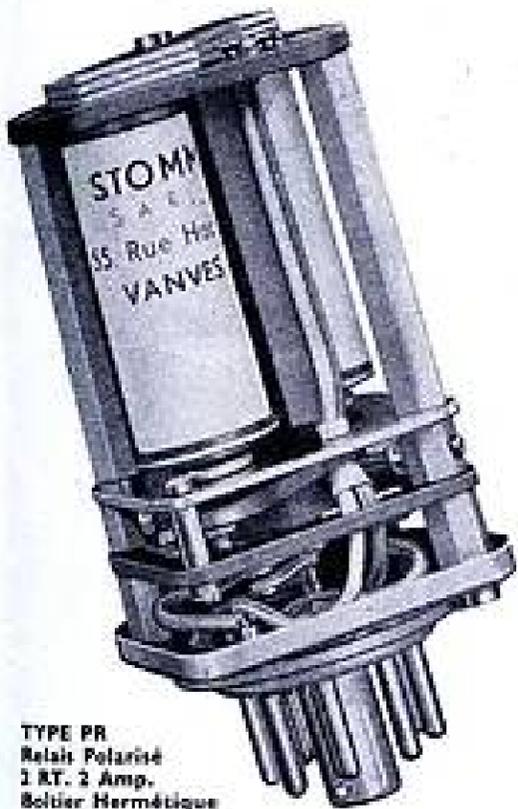
avec nos relais spécialement conçus pour les applications de l'électronique et de l'automatisme

●

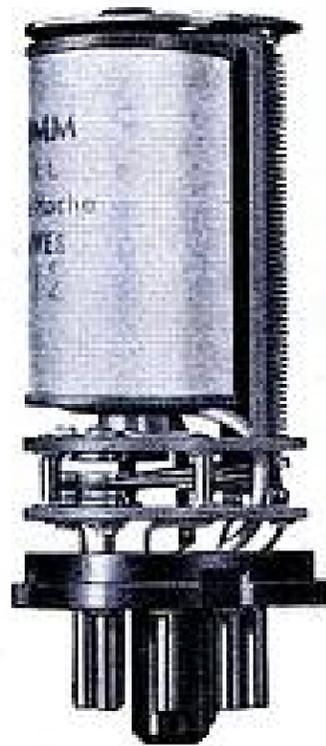
Ci-contre quelques modèles choisis parmi la gamme complète de nos fabrications



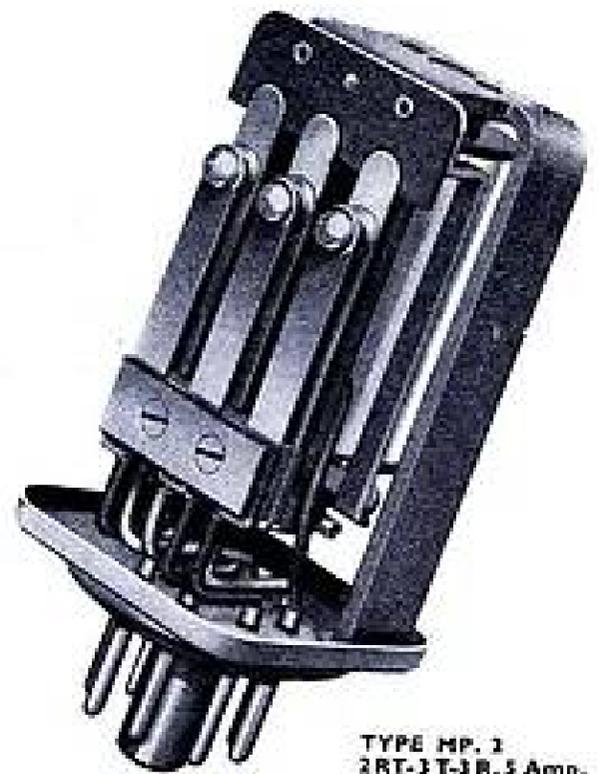
**TYPE MP. 0**  
3 RT. 0,5 Amp.  
Boîtier Hermétique  
20x20 m/m.  
Culot miniature



**TYPE PR**  
Relais Polarisé  
1 RT. 2 Amp.  
Boîtier Hermétique  
26x26 m/m.  
Culot octal



**TYPE AL. 2**  
2 RT. 3 Amp. Boîtier  
26x33 m/m. Culot octal



**TYPE MP. 2**  
2 RT-3 T-3 R. 5 Amp.  
Boîtier Hermétique  
26x26 m/m.  
Culot octal

PUBL. RAPP.

**55, RUE HOUCHE, VANVES (Seine) MICHELET +50-40**

sont des régions dont l'énergie émise est décelable surtout dans la gamme des ondes centimétriques. La première a été observée par PIDDINGTON et MINNETT en Australie, puis par le Dr HAGEN à Washington qui a procédé à une recherche systématique avec le grand miroir parabolique de 15 m (figure 2) du Naval Research Laboratory. En France, récemment, E. LEROUX en a étudié, sur la longueur d'onde de 33 cm ; le spectre des Radio-Sources de ce groupe a permis à certains auteurs de suggérer l'hydrogène ionisé H II, dans le voisinage des étoiles à haute température, comme origine de ce rayonnement.

*Groupe d.* — Nébuleuses anormales. — On sait que la Radio-Source du Cygne (la plus intense et la première découverte) avait été identifiée par le Pr. BAUDE avec une nébuleuse extra-galactique irrégulière, composée selon toute vraisemblance de deux spirales en collision. Nous avons aujourd'hui de nouveaux détails sur cet objet radio-émetteur et il est intéressant de les exposer ici. La figure 5 montre la situation au début des recherches : le rectangle central délimite la région où, par suite des erreurs d'expérience, les radio-astronomes ont indiqué diverses positions de la radio-Source du Cygne. A première vue, ce rectangle ne contient aucun objet exceptionnel ; pas de filament comme dans Cas 1, pas de nébuleuse gazeuse comme la Crab Nebula. Sur d'autres clichés pris avec des appareils à plus long foyer, on distingue un amas de galaxies lointaines perceptibles

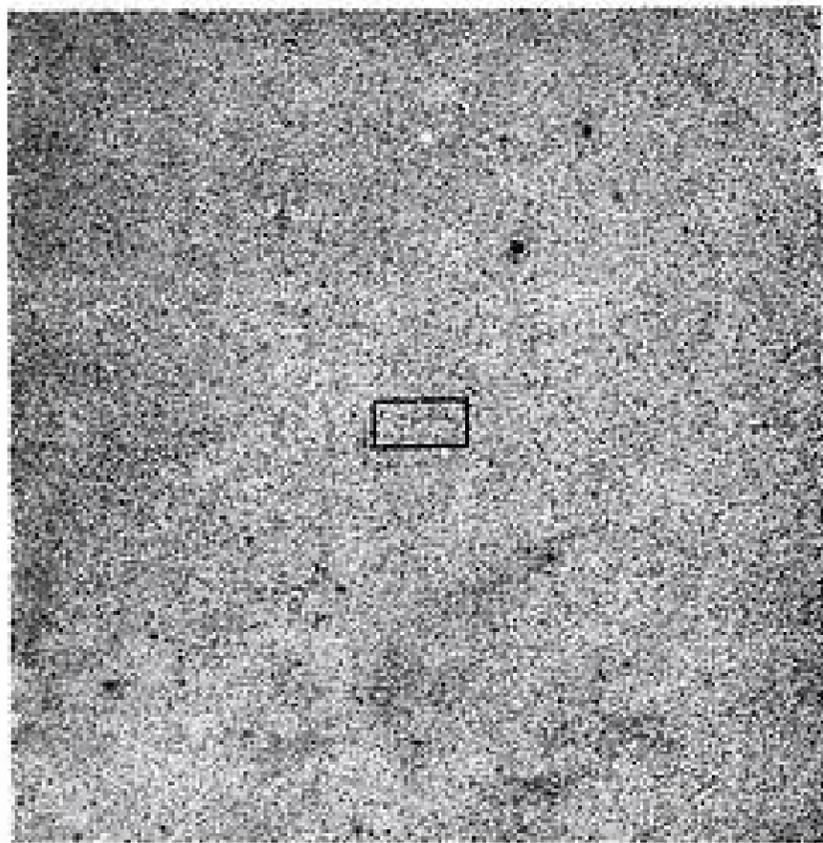


FIG. 5. — Champ stellaire dans la constellation du Cygne — le rectangle contient les positions observées de la radio-source Cyg. A — D'après Baade et Minkowski — Ap. J. Janvier 54.

entre les étoiles. Parmi ces dernières et au voisinage du centre du rectangle une galaxie de 17<sup>e</sup> grandeur présente un caractère exceptionnel. La figure 6 montre 4 clichés de cet objet photographié au télescope de 5 m de diamètre avec interposition de filtres colorés donnant une préanalyse spectrale qualitative.

La couleur de ces filtres interférentiels passe du violet à l'infra-rouge dans l'ordre des lettres a à d.

La nature d'objet double de la nébuleuse est surtout remarquable dans le cliché a. La région centrale a pour dimensions angulaires 3" × 5" et la nébulosité diffuse est visible dans une ellipse de 18" × 30". D'après BAUDE, il s'agit de deux spirales des

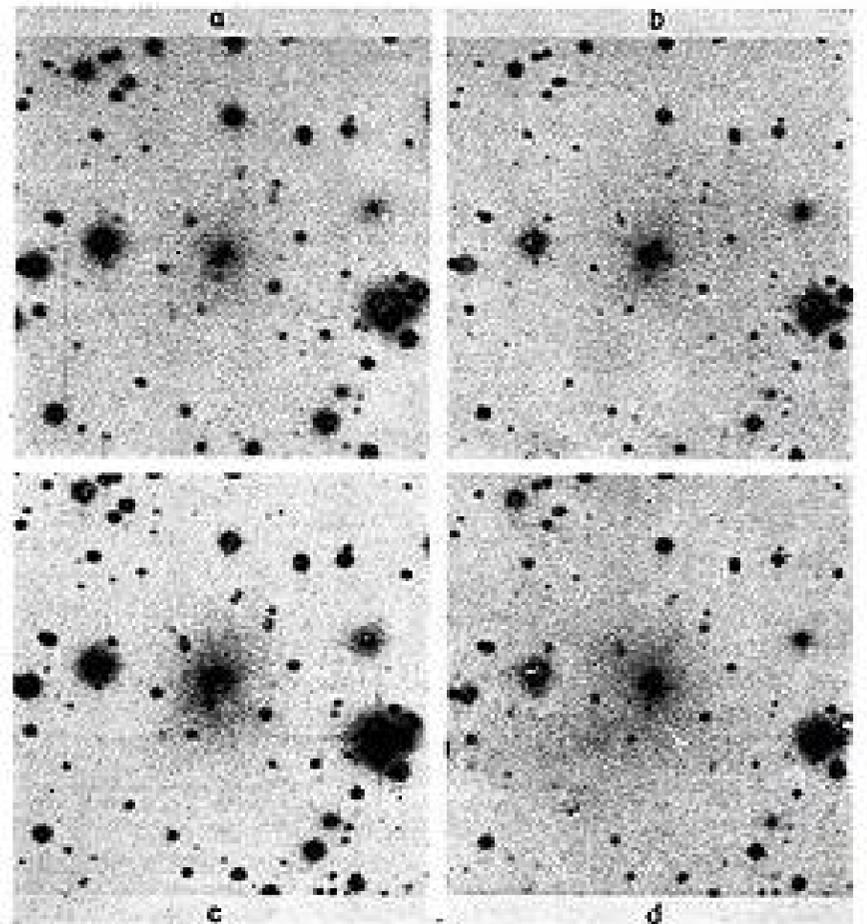


FIG. 6. — Nébuleuse extragalactique dans le Cygne — Télescope de 5 m du Mont Palomar — a)  $\lambda\lambda$  5 600-5 000 Å — b)  $\lambda\lambda$  5 000-5 400 Å — c)  $\lambda\lambda$  5 000-6 200 Å — d)  $\lambda\lambda$  6 700-7 500 Å. (d'après Baade et Minkowski, Ap. J. 119).

derniers types, c'est-à-dire ayant une structure bien marquée bien qu'un œil non averti ne puisse le constater sur la reproduction imparfaite du cliché original. Les deux spirales sont en collision, leurs noyaux sont déformés par les effets de l'attraction mutuelle. Les deux nébuleuses se présentent face à face.

SPITZER et BAUDE ont montré par le calcul que dans une telle rencontre, très rare, les étoiles ne se heurtent presque jamais, leurs diamètres étant trop petits par rapport à l'énorme distance qui les sépare ; par contre, les gaz interstellaires sont en collision et chaque collision entre atomes chasse les électrons orbitaux avec émission de photons. On doit dans ce cas s'attendre à voir ces gaz émettre leurs raies spectrales propres, c'est ce que confirme l'observation au spectrographe. Cette galaxie anormale ne présente pas le spectre habituel des spirales voisines, les raies des gaz interstellaires sont « en émission », elles sont larges, ce qui indique de fortes excitations.

On voit à peine le fond continu qui prédomine généralement dans les spectres des galaxies. Plus de la moitié de l'énergie lumineuse est contenue dans les raies d'émission de cet objet exceptionnel ! La distance de cet objet a été évaluée suivant les méthodes habituelles : la vitesse radiale d'éloignement

mesurée par le décalage vers le rouge des raies connues à une valeur de 16 830 km/s. En admettant la validité de la loi de Hubble basée sur la théorie de l'expansion de l'univers, avec une constante d'expansion de 540 km/s pour  $10^6$  parsecs., on trouve pour la distance de l'objet  $10^8$  années lumière.

En admettant ce chiffre, le débit d'énergie lumineuse a pu être évaluée à  $5,6 \cdot 10^{32}$  kW dont la moitié

Cette énergie provient de la transformation en rayonnement d'une partie de l'énergie cinétique relative des deux spirales, la vitesse relative étant de l'ordre de 500 km/s.

L'étude de la forme de la Radio-Source du Cygne a été entreprise à Manchester par R. HANBURY BROWN. Un interféromètre à deux éléments et à espacement variable a été utilisé pour obtenir les diamètres dans différents angles de position. La figure 7 montre l'aspect elliptique de l'objet à côté de l'aspect circulaire de la Radio-Source de Cassiopée analysée par le même procédé.

L'identification de la Radio-Source la plus intense du ciel avec un objet photographique de 18<sup>e</sup> grandeur peut paraître hardie, mais d'autres nébuleuses extra-galactiques telles NGC 1275 et NGC 4186 présentent de grandes analogies avec la précédente et coïncident en position avec des Radio-Sources.

*Groupe e.* — Galaxies normales. — La Voie Lactée, c'est-à-dire une partie de notre Galaxie émet on le sait des ondes radio ; de même, les galaxies voisines telles M 31 sont aussi des Radio-Sources. On connaît en tout 8 galaxies voisines identifiées avec des objets radio-émetteurs.

Nous venons de passer en revue la plupart des identifications actuelles ; on doit remarquer que moins de 50 objets célestes ont été comparés avec quelques-unes des 1750 Radio-Sources connues. Aucune des Radio-Sources ne semble coïncider avec un type particulier d'étoile proprement dite mais plutôt avec des amas gazeux en mouvement. Est-ce à dire qu'il n'y a pas de Radio-Étoiles ? Ce problème

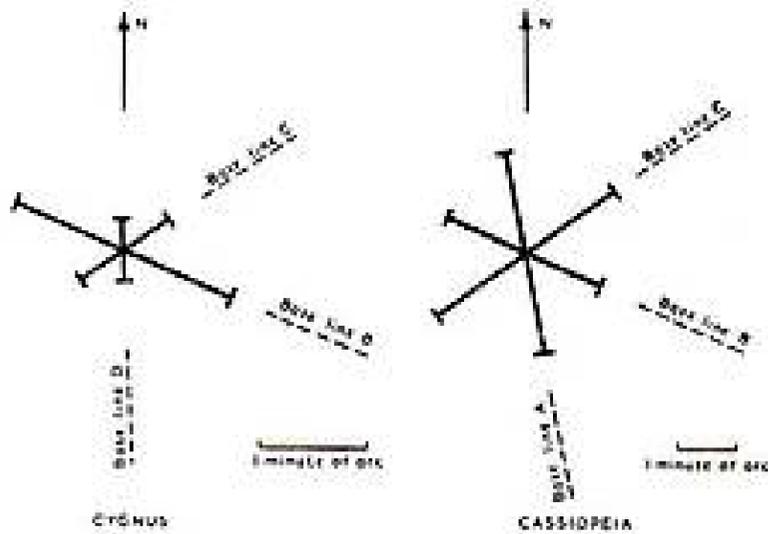


FIG. 7. — Dimensions angulaires apparentes des sources intenses du Cygne et de Cassiopée sous différents angles de position, observations par Hanbury-Brown, Jennison et Das Gupta (1952), sur 125 Mc/s.

dans les raies d'émission. Le débit d'énergie dans la bande de fréquences des ondes radioélectriques a pu de même être estimé (en admettant un rayonnement isotrope) à  $8 \cdot 10^{32}$  kW. C'est de loin le plus grand « poste d'émission » connu.

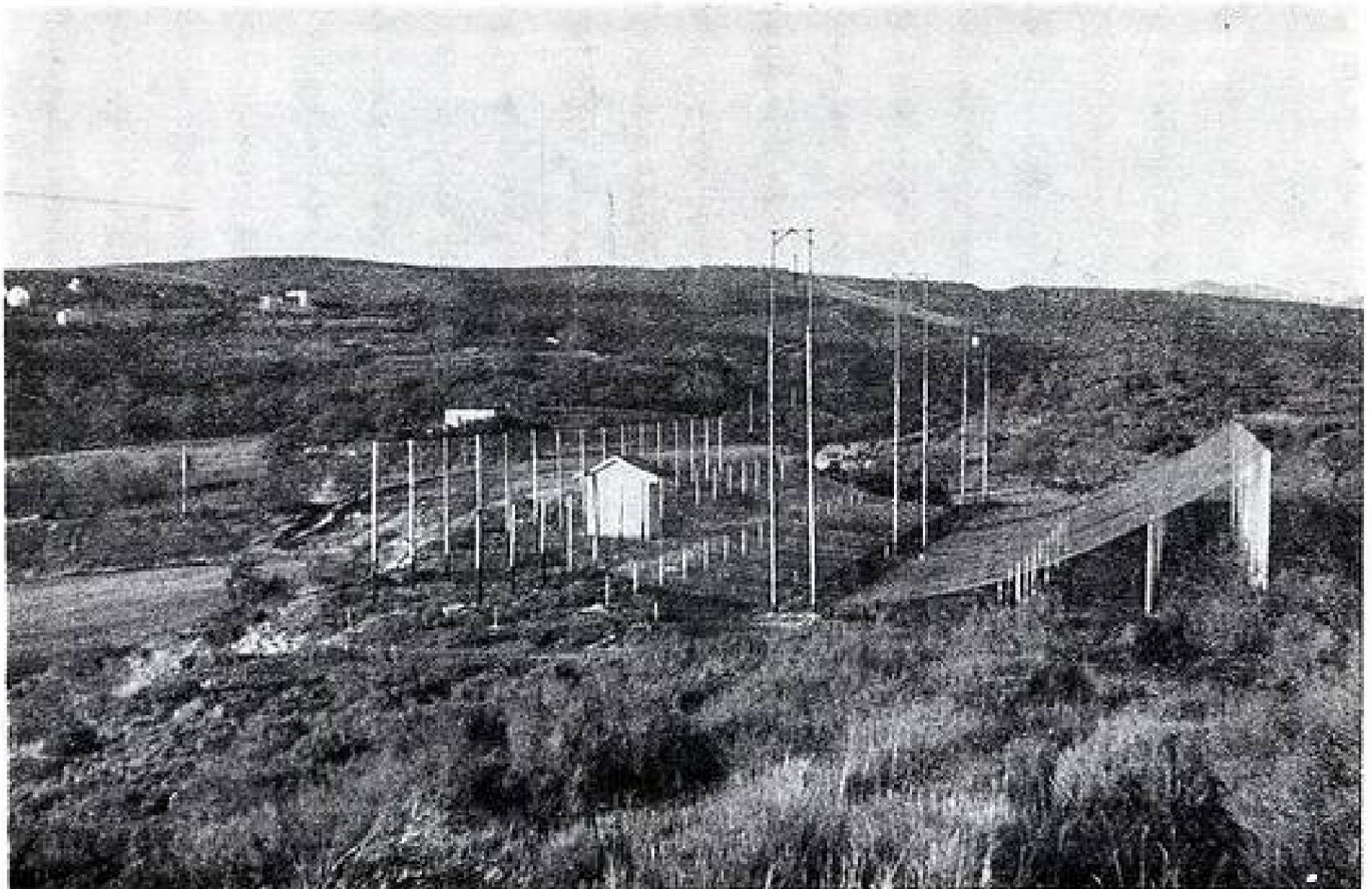


FIG. 8 — Une des antennes sur 300 Mc/s, du radio-interféromètre de l'observatoire national de Haute-Provence (C.N.R.S.) cliché M. Laffleur.

LES PLUS GRANDES MARQUES AMÉRICAINES

POUR LA PREMIÈRE FOIS

EN *France...*



LABORATORY FOR ELECTRONICS  
Compteurs à décades - Oscilloscopes spé-  
ciaux pour TV 819 L - Générateurs VHF  
Stabilisés - Spectrographes de masse



F. R. MACHINE WORKS INC.  
Matériels de Mesures Hyper-  
fréquences sur les bandes  
S.H.C.W.X.Y.K.U.



R. C. SCIENTIFIC INSTRUMENT Co  
Compteurs de Geiger Muller



LAMBDA-PACIFIC ENGINEERING INC.  
Relais Hertzien



ELECTRO PULSE INCORPORATED  
Générateurs d'Impulsions  
Lignes à retard



HALLER RAYMOND & BROWN INC.  
Appareils de Contrôle  
de Radars



STANDARD ELECTRONIC RESEARCH CORP.  
Mesures micrométriques industrielles



CLIFTON PRECISION PRODUCTS Co  
INC. : Servo-Mécanismes  
Servo-Contrôles



BRUNO NEW-YORK INDUSTRIES CORP.  
Waltmètres U.H.F. - Matériel Loran  
Signal generators - Goniomètres  
pig Tailoring



AMERICAN MEASURING INST. CORP.  
Radio Sondes



SERVO CORPORATION OF AMERICA  
Préamplis - Montage Bolomètre  
Générateurs d'impulsion 150 Kc à  
150 Mc - Pyromètre pour infra-rouge

AGENCE EXCLUSIVE

**RADIO TÉLÉVISION FRANÇAISE**

29, RUE D'ARTOIS - PARIS 8<sup>e</sup> \* TÉL. BALZAC 42-35

Agence Publicitaire-Domenach

a été discuté par M. RYLE, puis par BAADÉ et MINKOWSKI ; les conclusions préliminaires de ces chercheurs n'excluent pas l'existence de Radio-Etoiles et la question reste à résoudre.

**Tendances actuelles de l'expérimentation en radio-astronomie.** Ce sujet a fait l'objet d'une séance sous la présidence du Pr. LOVELL (de Manchester).

M. SEGER montra l'importance d'une normalisation des mesures en radio-astronomie (certains travaux très remarquables ont fait, par exemple, ressortir des divergences dans les mesures du flux incident quand on passe des techniques des guides d'ondes aux techniques des câbles coaxiaux). Il préconise l'usage d'une antenne dont le diagramme de réception est calculable avec précision, par exemple une antenne en cornet, et de régions sélectionnées du ciel ou bien de Radio-Sources bien étudiées comme étalons. M. SEGER montra à cette occasion le récepteur qu'il a construit à Leyde dont le facteur de bruit est de 3 dB à 400 Mc/s.

A la suite de la communication de M. SEGER, il a été décidé de confier à une Sous-Commission le soin de s'occuper de la normalisation des mesures.

M. RYLE indiqua ensuite un certain nombre d'expériences qu'il serait utile de faire :

a) L'étalonnage du flux émanant de régions choisies ou de Radio-Sources sur le plus grand nombre de fréquences possible.

b) La recherche des effets ionosphériques sur les observations radio-astronomiques, par exemple, les erreurs dues à la réfraction, les scintillations. La mesure de l'absorption globale aux ondes longues par l'observation du rayonnement intégré et peut-être des Radio-Sources.

c) La mesure du rayonnement solaire sur ondes plus longues ainsi que le diamètre et les mouvements des plages actives.

*Grands radio-télescopes et interféromètres.* — B.G. HOGMOOR décrit le radio-télescope de 25 mètres qui doit être construit aux Pays-Bas. On espère pouvoir l'utiliser entre 10 cm et 1 m et surtout sur la longueur d'onde de 21 cm pour l'étude de l'hydrogène neutre.

J. P. HAGEN donne des chiffres relatifs au paraboloïde de 15 m de Washington (fig. 2). Il esquisse la technique utilisée pour relever la précision d'exécution de la parabole.

M. LAFFINEUR décrit le grand interféromètre en construction à l'Observatoire National de Haute-Provence (fig. 8). Cet appareil comporte deux

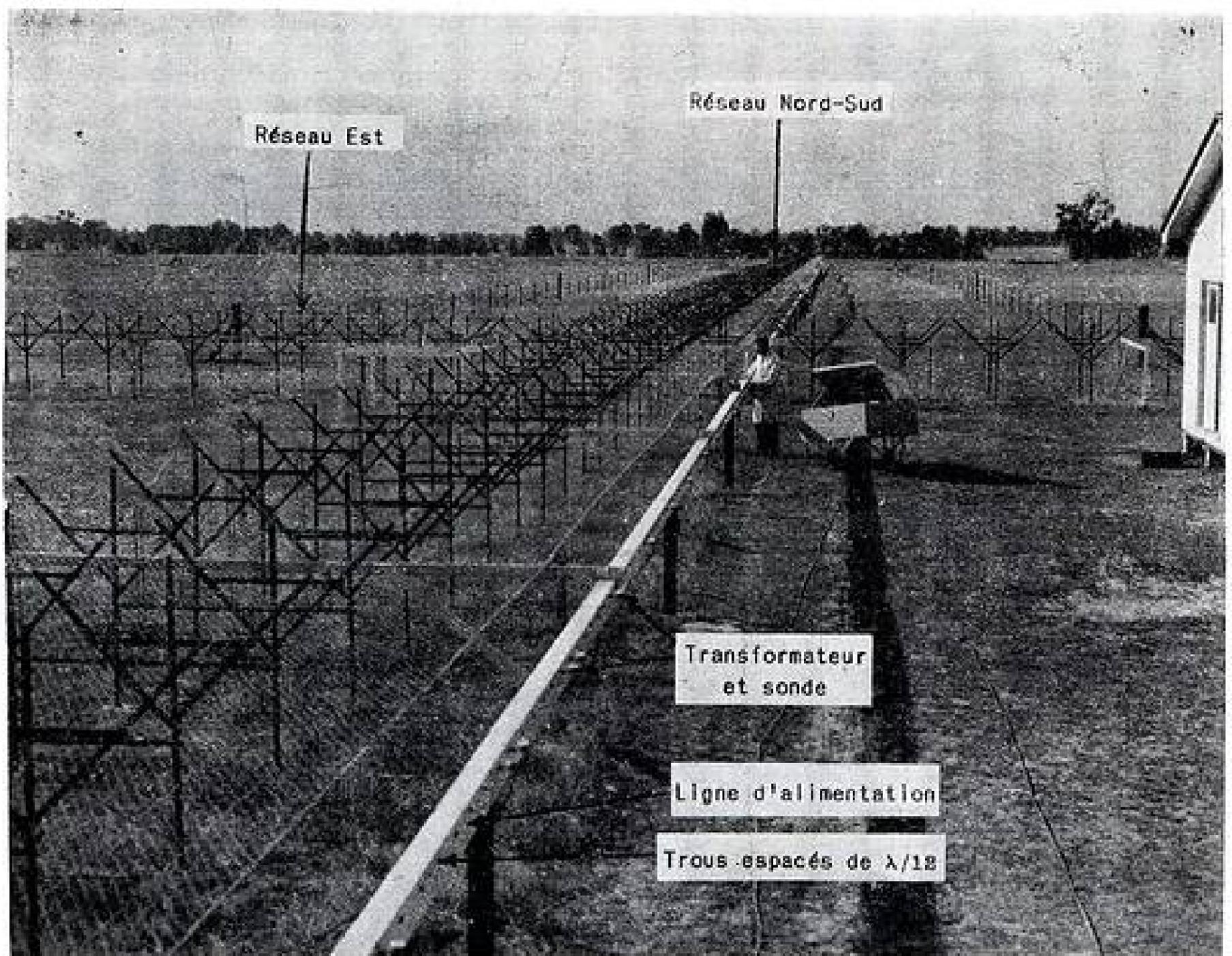


FIG. 9. — L'antenne en croix à haute définition du Radio Physics Laboratory à Sydney (Australie). Document communiqué par l'auteur M. Mills.

antennes distantes de 1 km. Chaque antenne a les dimensions « hors-tout » de 60 m × 32 m. (Cf. schéma O.E., Juin 1953, p. 179).

A.C.B. LOVELL décrit le paraboloïde de 75 mètres en construction à l'Université de Manchester.

F. G. SMITH décrit une antenne en croix travaillant sur 22 Mc/s installée à l'Institut Carnegie à Washington.

J. L. PAWSEY décrit l'antenne en croix de Mills à Sydney (figure 9) et instaure une discussion générale sur les avantages comparés de différents types d'antennes. Il énumère les problèmes à résoudre et discute des collecteurs d'ondes nécessaires aux différentes fréquences.

Au cours de la dernière séance :

1° Le Secrétaire donne lecture des rapports des sous-commissions suivantes :

s/comm. Va sur l'observation permanente du Soleil.

(Président Ir A.H. de VOOGT).

s/comm. Vb Terminologie et Unités.

(Président M<sup>r</sup> F.J. KERN, représenté sur sa demande par C. SEEGER).

s/comm. Vc indice solaire radioélectrique.

(Président Prof. S. CHAPMAN).

2° Les résolutions proposées par les sous-Commissions sont ensuite discutées et approuvées avec des amendements peu importants.

3° Il a été décidé d'adresser le rapport de la s/comm. V (Terminologie et Unités) à l'Union Astronomique Internationale et de mettre en sommeil cette sous-Commission.

4° Il a été décidé de créer une nouvelle s/Commission qui prendra le N° Vd et qui étudiera la Normalisation des mesures en Radio-astronomie, sous la présidence de C. SEEGER.

5° La Commission V décide de demander au D<sup>r</sup> J.P. HAGEN d'accepter la charge de vice-Président.

6° Il a été décidé de demander au D<sup>r</sup> M. NICOLET d'être le Secrétaire de langue française de la Comm.V.

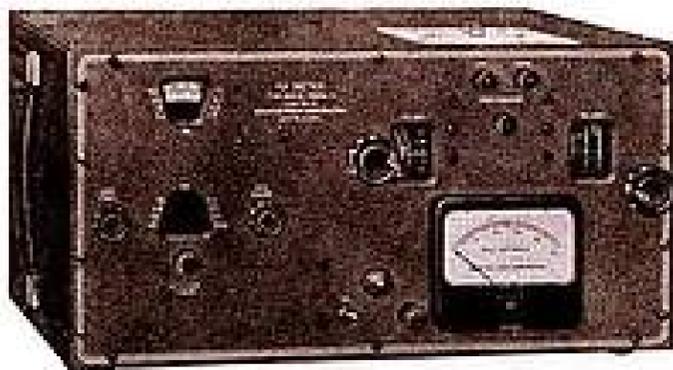
7° M. le Pr. A.C.B. LOVELL donne lecture du rapport du groupe de travail mixte pour l'Année Géophysique Internationale. Les résolutions terminant ce rapport ont été approuvées par l'ensemble des membres présents.

# LES GRANDES MARQUES *Américaines*



**BOONTON RADIO CORP.**

**R-X METER modèle 250-A**

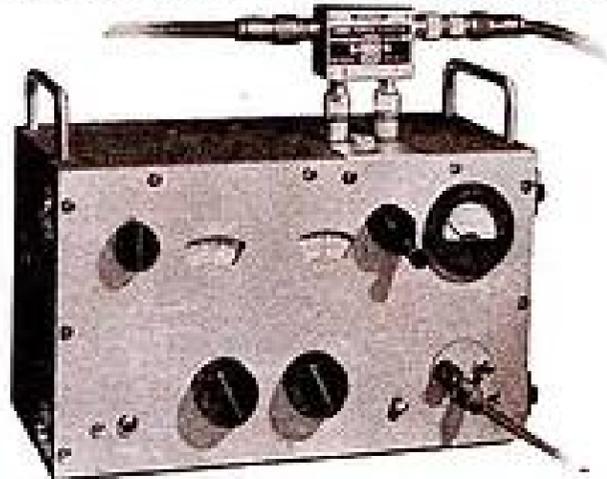


Avec son oscillateur incorporé, cet appareil complet permet les mesures d'équivalence de circuits comportant chacun en parallèle une résistance et une capacité, ou une inductance. Il est utilisé pour la détermination des impédances des résistances entre 0,5 et 300 Mcs, les caractéristiques d'impédance d'antenne, de transformateur MF, de filtres, d'atténuateurs, de thermistors, etc.



**SIERRA ELECTRONIC CORP.**

**Modèle 136 B pour MESURES de  
COEFFICIENT de RÉFLEXION**



Par sa robustesse et sa facilité d'emploi cet appareil peut être utilisé aussi bien sur le terrain qu'en laboratoire. Il permet les mesures de coefficient de réflexion, de taux d'onde stationnaire, et l'adaptation aux charges terminales en une seule opération. Grâce à sa très grande sensibilité, il peut être utilisé avec la majorité des générateurs usuels. (de 32 à 1125 Mcs.)



**MC JONES ELECTRONICS C<sup>o</sup>**

**MICROMATCH Série 700**



**MESURES DE PUISSANCE ET DE T.O.S.  
DE 20 A 2.000 Mcs**

Ces appareils robustes, compacts, et simples par l'utilisation d'un seul bouton, permettent les lectures suivantes : puissance incidente, puissance réfléchie, puissance vers la charge, et T.O.S. Munis d'une charge adaptée à la série 630, les Micromatch série 700 se transforment en Wattmètres à absorption (impédance 51 ohms).



**RADIO CORPORATION  
OF AMERICA**

**PHOTOMULTIPLICATEURS**



Modèles : 1 P 21 - 1 P 22 - 1 P 28 - 931 - 5819  
4199 - 4318 - 4342.

Sensibilité maximum : entre 3 400 et 4 800  
Angstroms.

Amplification : de  $6 \times 10^5$  à  $2 \times 10^6$ .

DISTRIBUTEURS OFFICIELS FRANCE ET U. F.

**RADIO-ÉQUIPEMENTS** 65, r. de Richelieu, PARIS-2<sup>e</sup>  
Tél. : RIC. 49-88

# ONDES ET CIRCUITS RADIOÉLECTRIQUES

(Commission VI)

PAR

A. ANGOT

*Ingénieur militaire en Chef*

Alors que toutes les commissions de l'U.R.S.I. ont un programme très homogène ne couvrant qu'une partie bien définie de la science radioélectrique, le programme de la Commission VI possède la particularité de s'étendre sur un domaine dont l'imprécision n'a d'égale que son étendue. La liste non limitative de ses principales activités parcourt la théorie électromagnétique, la théorie des antennes, celle des circuits et la théorie de l'information.

Aussi chaque fois que se présente un problème ayant une importance suffisante pour que l'étude n'en soit pas différée et qui n'entre pas dans les préoccupations évidentes des Commissions I, II, III, IV, V et VII, il est invariablement rattaché à la Commission VI, ce qui explique à la fois l'étendue et la variété de ce domaine.

Voici d'abord un bref résumé de l'organisation telle qu'elle a été fixée à la suite de l'Assemblée Générale de Sydney. Les principaux sujets donnés à l'étude étant assez indépendants les uns des autres, la Commission VI s'est naturellement partagée en sous-commissions également très indépendantes.

Depuis l'Assemblée Générale de Sydney, la Commission VI qui fut d'abord placée sous la présidence du Docteur VAN ATTA, puis sous la présidence du Professeur SILVER, était découpée en quatre sous-commissions.

La sous-commission VI a, sous la présidence du Professeur VAN der POL, s'occupe spécialement de la théorie de l'information, c'est-à-dire de la théorie du signal et des problèmes relatifs à la théorie statistique des communications.

La sous-commission VI b, sous la présidence du Professeur TELLEGEN, avait été créée pour étudier une question soulevée par la Commission IV, au sujet des paramètres nécessaires pour décrire les bruits d'origine terrestre, de façon à permettre aux Ingénieurs d'évaluer leurs effets sur les circuits de télécommunication. Toutes les questions soulevées au

sein de cette sous-commission, et au cours des séances communes tenues avec la commission IV, font l'objet du compte-rendu de Monsieur FOLDES.

La sous-commission VI c, sous la présidence du Docteur SPENCER s'occupe de l'application de la transformation de FOURIER et des théories de l'information à l'optique des micro-ondes.

La sous-commission VI d, a été d'abord placée sous la présidence du Docteur VAN ATTA, l'activité de cette commission a été supprimée lors de la démission de son Président. Cette sous-commission devait étudier les circuits et les antennes. Il était proposé d'ajouter à ces activités, l'étude des problèmes de diffraction et plus généralement de la théorie électromagnétique.

Voilà pour la structure passée de la Commission VI.

Les principales communications qui ont formé une assez grande partie de l'activité déployée à l'Assemblée Générale de La Haye, sont très sommairement résumées ci-après. Il n'est possible que de dire en quelques mots en quoi consistent ces communications et chaque fois que cela sera possible, on se référera à une indication bibliographique. Etant donné la variété des domaines embrassés, il ne peut y avoir de fil conducteur continu réunissant les différentes communications qui seront simplement groupées par sujet (\*).

## Circuits et antennes

Le Professeur MEINKE a fait un exposé de ses travaux concernant le calcul par approximations successives des jonctions de guides coaxiaux rectangulaires de dimensions différentes. L'originalité de la méthode consiste à partir d'une approximation statique, pour arriver à la solution dynamique, comme dernière étape. Le sujet de cette conférence a

(\*) Le texte qui suit s'est fortement appuyé sur les minutes des séances remarquablement rédigées par MM. LOEN et MARCOVITZ.

fait l'objet d'une série d'articles depuis 1949 dans *Zeitschrift für Angewandte Physik* et *Archiv für Elektrische Übertragung*.

Le Professeur BODE a fait un très long et très complet exposé sur les réseaux linéaires à réaction. Avec une discussion sur le critère de stabilité de NYQUIST pour des circuits ayant des réactions composées de plusieurs boucles. Il a défini le concept de la stabilité conditionnelle et inconditionnelle et après avoir donné des exemples a montré l'utilisation des éléments non linéaires pour commander la stabilité.

Le Professeur TELLEGEN discute l'extension aux réseaux linéaires actifs, aux réseaux linéaires variables avec le temps, et aux réseaux non linéaires, des concepts habituellement utilisés pour les réseaux linéaires passifs.

Monsieur LOEB a traité le sujet des servomécanismes considérés comme des filtres non linéaires. Après un bref rappel du problème de la stabilité des systèmes linéaires, l'auteur fait une tentative pour transposer les résultats de la théorie du cycle limite aux systèmes non linéaires, en essayant de déterminer si le système est stable ou non.

Le maintien de l'équation de bouclage, lorsque le système évolue dans le voisinage du cycle limite, donne une équation différentielle dont on peut déduire dans certains cas le caractère de stabilité du cycle limite. La notion de fonction de transfert analytique disparaît alors.

Monsieur LAPOSTOLLE, traite le problème de la propagation des ondes électromagnétiques, le long d'une hélice, en s'appuyant sur une méthode de perturbation. Il est tenu compte dans les résultats obtenus de l'imparfaite conductibilité du métal de l'hélice et du voisinage d'un tube de matière diélectrique placé à peu de distance de cette hélice.

Monsieur ROBIN fait part de ses travaux exécutés en collaboration avec Monsieur PEREIRA GOMEZ sur l'antenne biconique d'angle quelconque. Un article très détaillé sur ce sujet a paru dans le n° de décembre 1953 de la Revue des Annales des Télécommunications.

Le Professeur BAUDOIX a défini le courant de surface d'un conducteur plongé dans un champ électromagnétique, comme la discontinuité de l'élément tangentielle du vecteur champ magnétique. De même, il a établi un rapport entre l'écoulement du courant et la composante tangentielle du vecteur champ électrique. La constante d'atténuation se trouve donc reliée au vecteur de POYNTING.

Monsieur POINCELOT traite de la question de la répartition de courant le long d'une antenne cylindrique, puis de l'inexistence de l'onde de surface de SOMMERFELD. Un article très détaillé sur cette question a paru dans les Annales des Télécommunications dans le n° de juin 1953.

Deux rapports ont été brièvement résumés par Monsieur AUREL représentant officiel de la Suède. L'un de Monsieur SCHEFTELOWITZ sur quelques méthodes d'étude de filtres guides d'ondes à couplage direct, l'autre de Monsieur LAURENT sur l'adaptation optimum des filtres pour circuit à courants

porteurs. Ces études seront publiées dans le bulletin Ericsson Technique.

Le Professeur SILVER a résumé les travaux de MM. Y. OOMO et K. YASUURA sur les réseaux passifs à  $n$  paires de bornes donnés par leur matrice de répartition. Ces travaux ont été publiés dans les Annales des Télécommunications en 1954.

### **Théorie électromagnétique**

Un exposé sur le concept de la réaction dans la théorie électromagnétique a été fait par le Professeur V.H. RUMSEY, l'essentiel de cet exposé a paru dans *Physical Review* 94, 1483, 1954.

### **Théorie des micro ondes et théorie de la diffraction**

La communication du Docteur SPENCER a été le compte rendu des travaux de la sous-commission VIc pendant les deux dernières années, il a insisté particulièrement sur les rapports étroits qui unissent l'optique des micro-ondes, les transformations de FOURIER, la théorie de l'information, l'optique physique, le calcul opérationnel et électronique. Quelques détails ont été donnés concernant les réalisations de son laboratoire.

Le Professeur BLANC-LAPIERRE a montré qu'il existe des analogies entre la correspondance objet-image d'un système optique et la correspondance entrée-sortie d'un réseau linéaire. Une difficulté vient de la transposition difficile de la source lumineuse qui doit être représentée par une source de bruit de très grande largeur de bande. D'autre part la caractéristique de transfert d'un réseau est indépendante du temps alors que celle d'un système optique dépend de la position de l'objet. Cependant, comme l'a fait remarquer le Professeur SILVER, c'est en suivant une voie analogue et en s'inspirant du superhétérodyne, que le Professeur GABOR a mis au point un dispositif destiné à la détection des images faibles.

Le Docteur WOLF a exposé ses travaux récents concernant l'optique géométrique appliquée à des problèmes micro-ondes.

Le Docteur BREMMER a exposé les perfectionnements récents se rapportant aux problèmes de diffraction des micro-ondes et a insisté sur les différences entre les problèmes scalaires et vectoriels.

Le Professeur HEINS a également fait part de ses travaux mathématiques sur la diffraction, particulièrement au voisinage d'une arête aiguë. Ces travaux ont été effectués en collaboration avec le Professeur SILVER.

### **Théorie de l'information**

Les discussions ont porté sur trois sujets principaux :

- 1° Compression de la parole ;
- 2° Codage ;
- 3° Rapports entre la largeur de bande et la constante de temps d'un circuit.

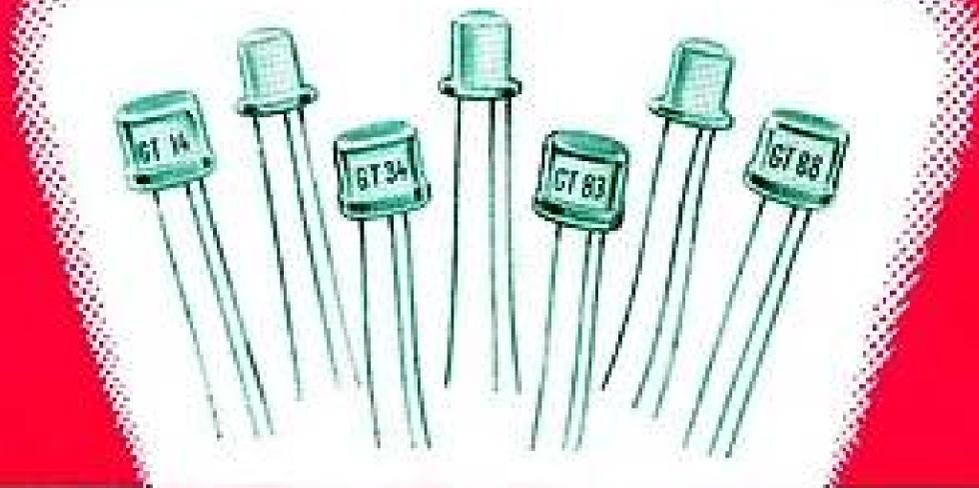
# GENERAL *transistors* CORPORATION

## TRANSISTORS DE JONCTION P-N-P



Sous boîtier  
plastique

Sous boîtier  
métallique scellé



Double scellement  
pour longue durée

CARACTÉRISTIQUES MAX. ABSOLUES	GT-14	GT-20	GT-34	GT-81	GT-83	GT-87	GT-88
TENSION AU COLLECTEUR ..... Volts	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25
**DISSIPATION MOYENNE A 50° C .... mW	70	70	70	70	70	70	70
TEMP. AU POINT DE CONTACT ..... ° C	85	85	85	85	85	85	85
COURANT COLLECTEUR DE CUT-OFF $\mu$ A	15	15	15	15	15	15	15
$V_{ce} = -15$ VOLTS MOYENS 25° C .....							
FREQUENCE DE CUT-OFF ..... Mc	—	—	—	—	0,7	0,5	1,0

CARACTÉRISTIQUES à 25° C (Tension collecteur : -4,5 V, courant émetteur 1 mA à 1.000 c/s)

RÉSISTANCE DU COLLECTEUR en ohms.....	min. moy.	500 K 1,5 meg.						
RÉSISTANCE DE LA BASE en ohms..	moy. max.	800 1.500	800 1.500	800 1.500	500 1.500	800 1.500	800 1.500	800 1.500
RÉSISTANCE DE L'ÉMETTEUR en ohms	moy.	30	30	30	30	30	30	30
FACTEURS D'AMPLIFICATION DE COURANT (émetteur à la masse) ..	min. moy. max.	20 28 34	35 45 —	10 15 19	50 65 —	35 45 —	30 38 34	50 65 —
*RAPPORT SIGNAL/BRUIT en dB.....	moy. max.	12 24						
GAIN EN PUISSANCE en dB .....	moy.	36	40	32	42	40	36	42

\*Tous ces types présentent un rapport de Signal/Bruit de fond maximum de 12 dB. pour l'utilisation dans le premier étage d'un amplificateur à plusieurs étages. Les mesures ont été effectuées à 1.000 c/s avec une largeur de bande de 100 c/s et comparées avec le bruit d'une résistance d'entrée de 1.500  $\Omega$ .

\*\*Tous les types présentent une dissipation de 150 mW Max. à 50° C pour des applications spéciales.  
Dimensions standard : largeur 8,7 mm épaisseur 7 mm., hauteur 8,33 mm  
Dispositions des sorties standardisées. Types subminiature disponibles pour applications spéciales.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE  
SOCIÉTÉ ANONYME CAPITAL 10.000.000 FRF



LIAISON FRANCE-AMÉRIQUE  
ADR. TEL. SILFAMERFRA

2, BOULEVARD PEREIRE - PARIS 17<sup>e</sup> - TÉL. : CARNOT 33-67

1° **COMPRESSION DE LA PAROLE.** — La discussion a été ouverte par un exposé du Professeur GABOR sur la structure des différents signaux pouvant traverser un canal de transmission et la structure statistique des messages. Entre ces notions de structure il existe la place pour de nombreuses recherches.

Un exposé a été ensuite fait sur les travaux récents du Colonel MARCOU et de Monsieur DAGUET, suivi de l'audition d'une bande magnétique sur laquelle était enregistrée de la parole ayant traversé un canal de 33 cycles/s. Il ne sera pas donné de détails sur cette très importante contribution qui est susceptible de bouleverser non seulement les idées de beaucoup de personnes sur ce sujet, mais encore les conditions d'exploitation de câbles téléphoniques et de canaux radioélectriques, car des conférences à la Société des Radioélectriciens sont prévues et les articles détaillés qui suivront seront publiés dans cette revue.

Le Docteur TULLER a donné un compte-rendu des travaux réalisés aux U.S.A. dans ce domaine. Ils ont été effectués par le groupe NUMITAF. Le sous-groupe NU à BOSTON, NEW-YORK et WASHINGTON, s'est occupé à l'aide des principes de la linguistique et de la mécanistique de construire des appareils reconnaissant et codant les phonèmes, et de récepteurs décodant et reconstituant la parole. Le sous-groupe MUR s'est surtout intéressé à l'aspect mécanistique du problème, et a établi un dispositif de synthèse de la parole. Le sous-groupe AF (Air-Force) à CAMBRIDGE a fait des recherches sur la compression de fréquence sur ruban magnétique. Des transmissions intelligibles ont pu être logées dans une bande de 80 cycles.

De leur côté, les laboratoires fédéraux des télécommunications ont réalisé une compression dans le rapport 2 à l'aide d'un discriminateur voyelle-consonne en utilisant le fait que l'énergie des voyelles se place surtout dans une bande de fréquence inférieure à 1 500 et l'énergie des consonnes dans une bande de fréquence supérieure à 1 500, l'énergie des consonnes une fois celles-ci repérées est transposée dans la bande inférieure à 1 500 et transposée à nouveau à la réception à l'aide d'un signal spécial de reconnaissance.

2° **CODAGE.** — Professeur ELIAS passe en revue les travaux sur le codage qui seront présentés aux U.S.A. au prochain symposium I.R.E. sur la théorie de l'information, et présente un certain nombre de travaux japonais.

Le premier de M.M. KUHISAWA, HONDA et IKENO indique des méthodes de codage idéal en l'absence de bruit sans cependant résoudre le problème général.

Monsieur KIYASU a mis au point des méthodes de correction d'erreur plus générales que celle du Professeur REED (U.S.A.).

M.M. ENEMOTO, PRICE (U.S.A.) ont étudié la détection des signaux perturbés par dispersion. PRICE expose une méthode pour calculer la probabilité *a posteriori*. ENEMOTO évalue la capacité d'un circuit.

Puis, le Professeur ELIAS présente ses travaux sur une méthode de codage permettant d'émettre

une information sans erreur. On peut régler indépendamment de l'émetteur et des autres récepteurs, le taux d'erreur de l'information reçue à une valeur aussi faible que l'on désire, en attendant un temps suffisamment long.

Le professeur GABOR a présenté le rapport de Monsieur TAKAHASI sur la théorie des quanta. La nature quantique de l'énergie oblige à modifier la formule de SHANNON-TULLER.

Monsieur LOEB a poussé l'étude du codage à deux symboles avec probabilité inégale, en présence de bruit. Il montre que dans certains cas de brouillage intense la répétition peut augmenter l'incertitude au lieu de la diminuer, et que le taux de transmission le plus élevé n'est pas obtenu obligatoirement pour une probabilité égale des deux symboles.

Les travaux du Professeur FORTET sont présentés et commentés par le Professeur BLANC-LAPIERRE. Il s'agit du spectre d'un train d'impulsions perturbé. Monsieur BLANC-LAPIERRE donne deux exemples de modulation par déplacement d'impulsions en dents de scie et de modulation en largeur d'impulsions rectangulaires, dont les deux spectres diffèrent considérablement.

3° **RAPPORTS ENTRE LA LARGEUR DE BANDE ET LA CONSTANTE DE TEMPS D'UN CIRCUIT.** — Une des questions les plus importantes dont ait eu à s'occuper la Commission VI est le problème des rapports qui peuvent exister entre la largeur de bande et le temps d'établissement d'un signal.

Dans une première étude MM. BLANC-LAPIERRE et DUMONTET arrivent à la conclusion suivante : la relation dépend d'une façon considérable non seulement de la définition de la largeur de bande et du temps d'établissement du signal, mais encore de la réponse percussionnelle.

Monsieur BAYARD, a étudié minutieusement ce problème et si les conclusions générales sont les mêmes que précédemment deux nouveaux résultats d'un grand intérêt sont apparus : d'abord la partie paire de la réponse percussionnelle est très voisine de la transformée de FOURIER en cosinus de la courbe amplitude/fréquence. Ensuite est défini : comme largeur de bande celle qui contient une fraction donnée de l'intégrale de la puissance  $n$  de l'amplitude. Monsieur BAYARD a montré que cette largeur de bande avait une limite pour  $n$  augmentant indéfiniment.

L'auteur propose certaines définitions nouvelles de la largeur de bande et du temps d'établissement du signal qui échappent aux critiques que l'on peut faire aux définitions habituelles de ces quantités. Un article sur ce sujet paraîtra dans les Annales des Télécommunications. Il n'est pas possible dans l'espace limité consacré au compte rendu des travaux de la VI<sup>e</sup> Commission, de fournir de plus amples détails sur ces considérations du plus haut intérêt.

Les travaux de MM. BOURASSIN et COLOMBO sont présentés et commentés par Monsieur POINCELOT. Les deux auteurs soulignent les difficultés de cette étude et particulièrement le fait que deux systèmes ayant la même courbe d'amplitude/fréquence peuvent avoir des réponses transitoires très différentes.

Un travail original de Monsieur POINCELOT met également cela particulièrement en évidence. Quelques travaux sur la notion de fréquence instantanée ont été exposés par leurs auteurs MM. POINCELOT et ROBIN. Ceci termine les communications faites à l'Assemblée Générale.

#### Réorganisation de la commission VI.

Une part importante par ses conséquences, des travaux faits à LA HAYE a été la réorganisation de la Commission VI et l'établissement d'un programme de travail.

Il est bien évident que la succession d'exposés faits au tableau noir par leurs auteurs n'a qu'une importance limitée. C'est pourquoi de nombreuses résolutions sont prises dans différentes commissions, pour que les communications soient diffusées suffisamment de temps à l'avance, pour qu'aux Assemblées Générales il ne soit fait place qu'aux discussions de ces communications. Tout le temps laissé libre doit être alors réservé à l'établissement d'un programme destiné à l'orientation des futures recherches. C'est ce programme qui va être exposé maintenant.

Quelques renseignements cependant sur la réorganisation de la commission VI. Une proposition américaine tendait à faire éclater la commission VI en deux nouvelles commissions en raison du caractère assez disparate de ses sujets d'étude. Cette proposition a échoué pour les raisons suivantes. Si on sépare la Commission VI en deux, où se fera la coupure ? Ne sera-t-on pas obligé d'ailleurs d'annuler immédiatement cette séparation au moyen d'une active sous-commission commune aux deux commissions nouvelles ?

Il a été décidé que la commission VI toujours sous la présidence du Professeur SILVER, serait constituée par trois sous-commissions :

VI 1. — Théorie de l'Information et des communications (Présidence Professeur VAN der POL).

VI 2. — Théorie des circuits (Présidence Professeur TELLEGEN).

VI 3. — Théorie électromagnétique (antennes et guides d'ondes). (Présidence Professeur SINCLAIR).

#### Programme d'étude

1° L'étude des spectres des signaux périodiques est utile mais insuffisante, les signaux contenant des informations sont aléatoires. Il importe de développer l'étude des spectres de signaux aléatoires et d'étudier le cas où ce signal est appliqué à un amplificateur non linéaire.

2° Il faut continuer les recherches sur les relations entre la constante de temps et la largeur de bande d'un circuit.

Trouver des paramètres permettant de définir ces deux qualités

Essayer de déduire de l'influence de ces paramètres sur le taux de transmission d'information des définitions de la largeur de bande et du temps d'établissement d'un signal.

3° Études des circuits linéaires et non linéaires.

Application de l'algèbre abstraite et des méthodes de topologie.

Théorie des circuits. Théorie des antennes à large bande.

Etude des transitions à partir des équations de MAXWELL.

Etude poussée des guides d'ondes et de la transmission à travers des milieux anisotropiques.

Préparation d'une monographie sur les méthodes du calcul des variations.

Les résolutions techniques suivantes ont été prises : un groupe d'étude spécial continuerait sous la présidence du Professeur SPENCEA, l'étude de l'optique des micro-ondes. Un groupe d'étude sous la présidence de Monsieur LOEB, rédigerait une monographie sur l'étude complète d'un système de communication. Un groupe d'étude serait chargé de préparer une monographie sur les systèmes de WIENER-HOPF. Les commissions IV et VI étudieraient ensemble, au moyen des groupes d'études communs, les relations mutuelles entre les parasites atmosphériques et l'étude des circuits de communication et tiendraient une session commune lors de la prochaine assemblée générale, pour discuter les résultats obtenus.

Pour terminer ce très court résumé des travaux de la Commission VI quelques mots sur les réponses aux questions officielles posées par le Comité Consultatif International des Radiocommunications (C.C.I.R.) qui ont une place un peu à part dans les préoccupations de l'U.R.S.I.

Voici la réponse faite à la question n° 47 concernant la mesure de l'information et les méthodes de mesures.

Après une définition de l'information par un code idéal, et définition de ce code, on donne la définition de l'information par une source stationnaire, comme la somme des valeurs du produit de la probabilité d'un message donné, par le logarithme de l'inverse de cette probabilité. L'unité correspond au choix entre deux messages de probabilité égale.

De la définition ci-dessus, on peut conclure que l'information n'est pas une quantité physique susceptible d'être mesurée par un moyen physique. Trois cas peuvent se présenter :

1° Si les probabilités *a priori*, sont connues, la détermination de l'information n'est pas une question de mesure, mais de calcul.

2° Si l'on connaît, soit le mécanisme du processus de production de l'information, ou la structure de son équivalent mécanique, et que seuls quelques paramètres du processus restent indéterminés, il est possible d'obtenir, par essais, une estimation statistique de la quantité d'information. On ne peut citer aucun exemple pratique et probant de ce cas.

3° Si l'on ne connaît ni le mécanisme ni la structure de l'information, il est impossible de faire une estimation statistique de l'information elle-même. Dans ce cas, on ne peut estimer que la limite supérieure. Toutes les sources naturelles d'information,

comme la parole, la musique, les transmissions d'images, etc... entrent dans cette catégorie.

En l'absence de tout bruit, l'information maximum capable d'être reçue est égale à l'information émise, comme cela vient d'être défini.

En présence de bruit, l'information reçue n'est valable que dans le cas de durée infinie. Si la durée est finie, on peut seulement déterminer les probabilités *a posteriori* de certains messages émis. A partir de ceci, on peut donc *formellement* définir une information reçue comme la différence entre les informations calculées sur la base *a priori* et celles calculées *a posteriori*. Ce qui, cependant ne correspond plus à un nombre de composés binaires définis, étant donné que dans chaque cas il existe une possibilité d'erreur.

Il est impossible d'effectuer un calcul précis de cette quantité uniquement d'après les messages reçus, il est indispensable d'avoir quelque connaissance directe, ou *a priori* des messages transmis.

Comme dans les deux derniers cas qui viennent d'être cités, on peut obtenir une estimation statis-

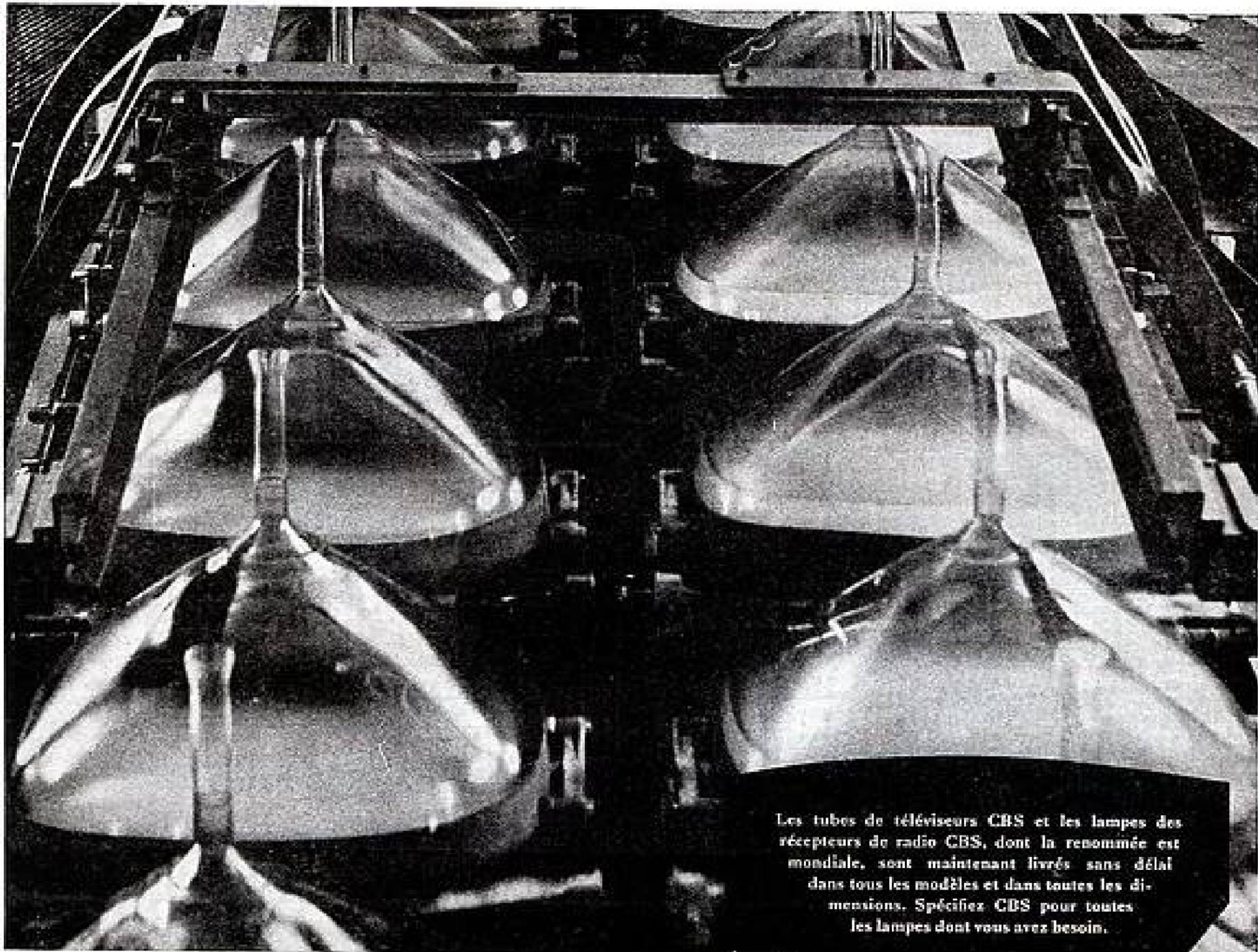
tique de l'information reçue ou de ses limites supérieures à partir des observations effectuées au point de réception seulement.

Une autre question avait été posée par le C.C.I.R. Il a été décidé d'en ajourner l'étude après l'étude préalable de la question suivante :

Quel est le rapport entre le délai admissible et l'incertitude résiduelle, et comment ce rapport dépend de la largeur de bande utilisée ?

Une dernière question est celle de la bibliographie de la théorie de l'information. La délégation américaine passera en revue les articles publiés aux U.S.A. et la délégation hollandaise passera de son côté en revue les autres articles. Ces listes seront rassemblées le 1<sup>er</sup> mars de chaque année et le Secrétariat du C.C.I.R. publiera les résumés de ces articles qui ont un rapport direct avec les communications.

Voici très brièvement résumé, l'essentiel de l'activité de la Commission VI de l'U.R.S.I., qui est complété par le compte rendu rédigé par Monsieur FOLDES, concernant les travaux de la Commission mixte VI et IV.



Les tubes de téléviseurs CBS et les lampes des récepteurs de radio CBS, dont la renommée est mondiale, sont maintenant livrés sans délai dans tous les modèles et dans toutes les dimensions. Spécifiez CBS pour toutes les lampes dont vous avez besoin.

**CBS**, la première marque du monde en appareils de radio et de télévision,

## FABRIQUE ET LIVRE DES LAMPES POUR TOUTES LES APPLICATIONS

SI VOS LAMPES SONT DES CBS, sachez que rien, dans leur fabrication, n'a été laissé au hasard. Voici, par exemple, un procédé automatique et unique, conçu par les ingénieurs de CBS pour placer sur les lampes de télévision CBS des écrans uniformes à très fine texture.

VOUS AVEZ RAISON DE SPÉCIFIER LAMPES CBS. Vous connaissez leur exceptionnelle qualité et vous savez qu'elles vous seront livrées à la date prévue. Chaque lampe CBS témoigne de l'habileté technique, de l'expérience et des énormes possibilités de fabrication de la Columbia Broadcasting System, le premier réseau de radio et de télévision du monde.

- Tubes de téléviseurs
- Lampes de récepteurs radio
- Lampes de transmission et pour usages spéciaux
- Transistors
- Diodes à cristal

Si vous désirez avoir une documentation technique complète sur une lampe CBS ou sur toute la gamme des lampes CBS, sur les transistors CBS et les diodes à cristal CBS, écrivez ou câblez aujourd'hui même à

CBS International  
488 Madison Avenue  
New-York 22, New-York  
Adresse télégr. " COLUMBINE "



**INTERNATIONAL**  
SUBDIVISION DE LA COLUMBIA BROADCASTING SYSTEM,  
488 MADISON AVENUE, NEW-YORK - 22, NEW-YORK,  
ADR. TÉLÉGR. " COLUMBINE "

Centralise les activités d'Outre-Mer des disques Columbia (phonographes et disques); CBS Columbia (récepteurs de radio, télévision et postes combinés); CBS-Hytren (lampes radio et télévision, transistors et diodes).

# ÉLECTRONIQUE

(Commission VII)

PAR

Gérard LEHMANN

*Président du Comité National Français de Radioélectricité Scientifique*

Sur la proposition du Président International de la Commission VII, le Professeur G. A. WOODRON, de la délégation canadienne, les questions mises à l'ordre du jour de la Commission VII lors de l'Assemblée Générale de La Haye, étaient rassemblées sous les quatre titres suivants :

Titre I. — Electronique de l'état solide.

Titre II. — Electronique des décharges dans les gaz.

Titre III. — Electronique des ondes centimétriques et millimétriques.

Titre IV. — Emission électronique.

Il est bien entendu difficile de résumer en quelques pages le texte des 43 communications qui ont été présentées, et encore davantage d'exposer les discussions étoffées et animées qui les ont suivies.

Nous voudrions simplement, dans le présent compte rendu, souligner les points qui ont paru les plus remarquables, en renvoyant nos lecteurs au texte intégral des communications dont nous donnons pour chaque partie les titres ainsi que le nom de leurs auteurs.

## PREMIÈRE PARTIE

### *Electronique de l'état solide.*

Une communication importante sur le bruit des transistors à jonction a été présentée par M. A. VAN DER ZIEL (Université de Minnesota). Cette communication était consacrée à l'étude de l'effet de grêle et au bruit de répartition entre électrodes dans le transistor à jonction, dans le domaine des fréquences suffisamment élevées pour que la contribution du bruit variant suivant l'inverse de la fréquence soit devenue négligeable.

Différents schémas équivalents permettant de calculer ces bruits aux fréquences élevées ont été

donnés, ainsi que le résultat d'un certain nombre de vérifications expérimentales.

M. VAN DER ZIEL a montré théoriquement et expérimentalement que le facteur de bruit des transistors à jonction dans le domaine de fréquences où le bruit en  $1/f$  a disparu peut descendre à des valeurs inférieures à 3 dB, résultat important et remarquable.

Un groupe de trois communications par les physiciens hollandais sur les ferrites a souligné le rôle croissant des ferrites dans la technique électronique, et mentionne certaines de leurs applications nouvelles les plus importantes. En particulier M. A.A.T.M. VAN TRIER a étudié les ferrites dans les circuits à propagation non réciproque qui jouent un rôle de plus en plus important dans la technologie des ondes centimétriques. C'est au cours d'une précédente Assemblée de l'U.R.S.I. que le Professeur TELEGEN avait attiré l'attention sur les propriétés très curieuses de ces circuits qu'il a dénommés « Gyrateurs ». Des exemples d'application de ces circuits non réciproques utilisant des ferrites associées à des guides d'onde ont été donnés pour des fréquences allant jusqu'à 24 000 mégacycles par seconde.

Dans une autre communication de grand intérêt, M. S. DUINKER, également de la délégation hollandaise, a étudié les applications possibles des propriétés non linéaires des ferrites. A titre d'exemples, des dispositifs basculeurs et des compteurs d'impulsions basés uniquement sur l'emploi de noyaux magnétiques en ferrite ont été décrits, montrant ainsi la possibilité de réaliser des éléments de circuits de calcul arithmétique associant la haute sécurité de circuits magnétiques à la grande rapidité propre aux ferrites.

### BIBLIOGRAPHIE SECTION I :

— Bruit de grêle et de répartition dans les transistors à jonction, par A. VAN DER ZIEL.

- Les oxydes ferromagnétiques en électronique, par H.P.J. WIJNS ;
- Les ferrites dans les éléments de circuits non réciproques, par A.A.T.M. VAN TRIER ;
- Différents aspects de l'application des matériaux magnétiques et diélectriques non linéaires, par S. DUNKER.

## DEUXIÈME PARTIE

### *Électronique des décharges dans les gaz.*

Après deux séances consacrées à l'étude de l'électronique dans les gaz, une troisième séance commune a réuni les membres de la Commission V (Radio-astronomie) et Commission VII (Électronique), le but de cette séance commune étant de relier entre elles les connaissances sur la décharge dans les gaz résultant des travaux effectués dans les laboratoires, et celles résultant des observations des sources de bruit radioélectrique extra-terrestres.

Les communications présentées au cours des deux premières séances ont apporté une masse d'informations concernant l'électronique des gaz ionisés d'une telle densité qu'il est pratiquement impossible de les résumer.

Les travaux présentés peuvent être groupés de la manière suivante :

Étude sur la recombinaison des électrons et des ions, par le D<sup>r</sup> BIONDI (U.S.A.) et par le Professeur J. SAYERS (Grande-Bretagne).

Puis vint une série d'études sur les propriétés des gaz en présence de champs à haute fréquence, présentées par le Professeur J. SAYERS, par M. S. KOJIMA (Japon), par le Professeur W. P. ALLIS (U.S.A.).

Indépendamment des deux grands sujets précédents qui ont permis d'apprécier l'accroissement notable de nos connaissances sur la physique des gaz ionisés, d'autres courtes communications ont successivement étudié la réalisation d'un spectrographe de masse miniature pour l'étude des gaz, par M. L. W. KERR, la mobilité des ions par le Professeur R. N. VARNEY (U.S.A.), l'emploi des plasmas gazeux comme éléments de commutation en onde centimétrique, et enfin l'éjection des électrons hors des métaux par les ions positifs.

### BIBLIOGRAPHIE SECTION II :

- Recombinaison des électrons et des ions positif, par D<sup>r</sup> M.A. BIONDI ;
- Une sonde miniature de spectrographe de masse pour l'analyse de la structure des ions dans la recombinaison des gaz ionisés après excitation, par L. W. KERR ;
- La mesure du coefficient de recombinaison des électrons dans les gaz ionisés, par J. SAYERS et P. G. SMITH ;
- La mesure du coefficient de recombinaison pour les ions positifs et négatifs dans les gaz ionisés à basse pression, par H. Y. YOUNG et J. SAYERS ;

— Mesure des forces liées des électrons dans un gaz ionisé par la technique des courants à très haute fréquence, par H. Y. YOUNG et J. SAYERS ;

— Mobilité des ions dans les gaz de même famille, par Prof. R.N. VARNEY ;

— Mesure par sonde pour décharges à haute fréquence, par S. KOJIMA, K. TAHAYAMA, A. SHIMAZU ;

— Décharges électriques dans des cavités hyperfréquence, par Prof. W. P. ALLIS ;

— Résonance de plasma utilisée comme interrupteur, par D. ROSELL. Un nouvel élément de circuit hyperfréquence ;

— Ejection des électrons en dehors des métaux par des ions positifs, par D<sup>r</sup> H.D. HAGSTROM.

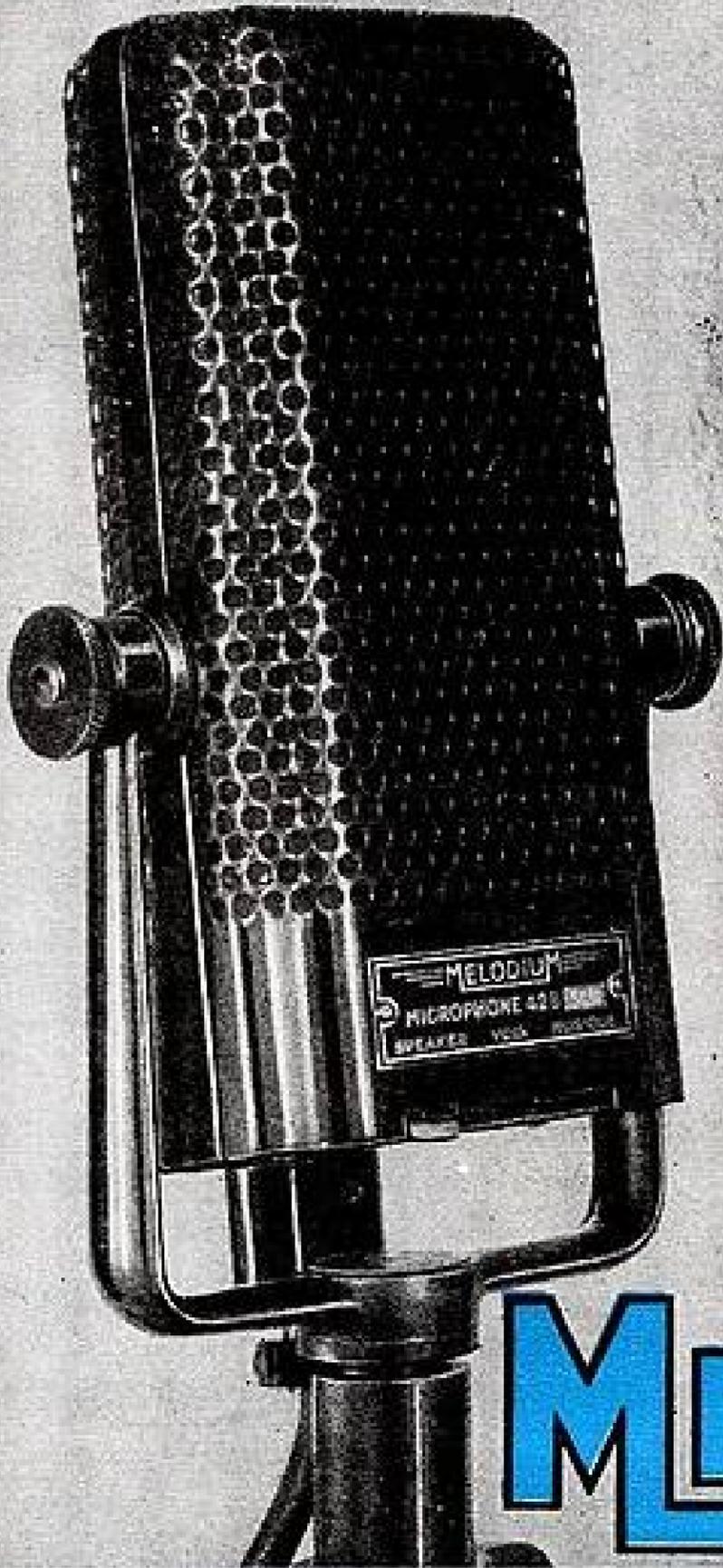
Au cours de la séance mixte des Commissions V et VII, quatre communications de grande importance ont été présentées, ayant pour objet de relier les études sur l'électronique des gaz aux observations des sources radioélectriques extra terrestres.

Une introduction pour la discussion des théories relatives à l'émission des bruits radioélectriques extra-terrestres a été présentée par M. M. RYLE (Grande-Bretagne). Les conditions extraordinaires existant dans les étoiles radioélectriques ont été soulignées par M. RYLE. Le niveau des bruits observés correspondrait pour le corps noir équivalent à une température atteignant  $10^{10}$  °C pour le soleil et  $10^8$  à  $10^9$  °C pour les radio-étoiles déjà étudiées. Les conditions observées dans le soleil et dans les radio-étoiles apparaissent d'ailleurs notablement différentes. De toute façon, dans les sources extra-terrestres, les gaz se trouvant dans les atmosphères solaires ou stellaires se trouvent dans des conditions extrêmement éloignées de celles qui peuvent être étudiées au laboratoire. Les températures et les champs magnétiques sont extrêmement élevés, et en outre les gaz sont animés de grandes vitesses de translation pouvant atteindre 1 000 km par seconde. Les théories permettant d'expliquer la puissance colossale des ondes radioélectriques émises dans ces sources restent à élaborer.

M. R.Q. Twiss étudia ensuite les comparaisons entre les modèles de laboratoire et la radioastronomie. La conclusion de l'étude de M. Twiss est qu'il est impossible de construire un modèle de laboratoire réalisant, même de très loin, les conditions analogues à celles existant en radioastronomie. Les dimensions des masses gazeuses dans lesquelles les bruits sont engendrés dépassent  $10^{10}$  centimètres. Une réduction à l'échelle de nos laboratoires nécessiterait donc un facteur de proportionnalité de l'ordre de  $10^{-10}$  rendant impossible les autres réductions correspondantes pour rendre le modèle utilisable. La conclusion de l'étude de M. Twiss est qu'un grand nombre de facteurs rendent impossible la reproduction au laboratoire des conditions existant dans les radioétoiles.

M. H. K. SEN (U.S.A.) étudia ensuite la non linéarité dans les phénomènes donnant naissance au bruit d'origine solaire. Cette étude est basée sur l'analyse des équations complètes (sans faire l'approximation linéaire) relatives à l'interaction entre

*Au service de la*  
**RADIODIFFUSION  
FRANÇAISE**  
*depuis 27 années*



**MICROPHONE  
A RUBAN  
TYPE  
42-B**

**MELODIUM**

M. 51

296, RUE LECOURBE - PARIS XV<sup>e</sup> - TÉL. : LEC 50-80 (3 lignes)

deux faisceaux d'électrons en mouvement. Des phénomènes non linéaires sont mis en évidence et cette théorie est appliquée pour estimer l'intensité de l'harmonique II récemment découverte en Australie dans les sursauts de bruit solaire.

Enfin MM. BLOOM et PETERS ont étudié les mécanismes possibles d'amplification des ondes radioélectriques en l'absence de tout circuit. Cette étude a décrit les différentes circonstances dans lesquelles une onde de charge d'espace peut être produite et amplifiée dans un faisceau électronique ou ionique en l'absence de tout circuit métallique. Ces mécanismes peuvent être d'un certain secours pour étudier les conditions dans lesquelles peuvent être engendrés et éventuellement amplifiés les bruits observés dans les radioétoiles.

#### BIBLIOGRAPHIE SECTION II BIS :

- Introduction à une discussion sur les théories d'émission, par M. RYLE ;
- Modèles de laboratoire et radioastronomie, par R. Q. TWISS ;
- La théorie non linéaire de l'onde de charge d'espace dans des faisceaux électroniques mobiles et en interaction, avec application au bruit radiosolaire, par H. K. SAs ;
- Mécanismes pour amplification sans utilisation de circuits, par BLOOM et PETERS.

### TROISIÈME PARTIE

#### *Electronique des ondes centimétriques et millimétriques.*

Treize communications concernant l'électronique des ondes centimétriques ont été présentées.

Tout d'abord trois communications de caractère général :

M. HEFFNER (U.S.A.) a donné un compte rendu général concernant les recherches récentes effectuées aux Etats-Unis sur les tubes à propagation inverse (tubes connus en France sous le nom de « Carcinotrons »). La revue présentée par M. HEFFNER a couvert les deux années précédant l'Assemblée, depuis la publication du mémoire de KOMPFFNER. Cette communication peut être résumée de la façon suivante :

Des tubes à propagation d'onde inverse ont été construits pour des puissances s'étendant d'un milliwatt à 150 watts, avec des rendements atteignant 12 %. La bande de fréquence couverte s'étend depuis 125 Mc/s jusqu'à 75 000 Mc/s, par seconde. Cette dernière fréquence 75 000 Mc/s par seconde a été obtenue à l'aide de différentes structures, notamment une hélice unique, ou bien des guides d'onde à paroi percée de fentes régulièrement espacées. Les croquis d'un grand nombre de types de structures expérimentées au laboratoire ont été présentés avec les principaux résultats obtenus.

Le calcul des modes de fonctionnement a également fait de grands progrès et les grandes lignes des théories élaborées à ce sujet ont été présentées.

Une revue sur les lampes à vide a été présentée par M. P. GUÉNARD (France). La communication de M. GUÉNARD, ainsi que la discussion qui s'en est suivi, ont mis en évidence la position favorable des travaux français dans le domaine des tubes à hyperfréquence, non seulement en ce qui concerne les recherches de laboratoire, mais plus spécialement les tubes construits industriellement et disponibles pour les applications des ondes les plus courtes du spectre radioélectrique.

Les progrès accomplis en France au cours des deux dernières années ont été passés en revue dans cette communication. Le domaine où les progrès les plus marquants ont été accomplis est celui des tubes à ondes progressives. A côté de l'étude et de la réalisation d'amplificateurs à ondes progressives du type classique dans un domaine de fréquences allant de 1 000 à 40 000 Mc/s et avec des puissances allant de celle d'un tube à faible bruit à des puissances de plusieurs kW en régime permanent, de nouveaux types de tubes à ondes progressives ont été étudiés : tube amplificateur type magnétron ajoutant à la large bande de l'amplificateur à ondes progressives l'intérêt d'un rendement comparable à celui du magnétron et surtout oscillateurs à ondes progressives « Carcinotron ». La variante « O » de ce tube permet de couvrir par accord électronique un octave avec une puissance convenant à un oscillateur local ou un générateur de signal. La variante « M » (type magnétron), douée d'un rendement élevé permet de réaliser des tubes donnant simultanément une grande puissance, un rendement élevé et une large bande d'accord électronique. La réalisation des tubes « type magnétron » a conduit à étudier l'influence des effets de la charge d'espace dans des champs électrique et magnétique croisés et à mettre en évidence le mécanisme d'amplification que la théorie prévoit (effet « diocotron »). L'extension des générateurs en régime permanent pour des fréquences dépassant 100 000 Mc/s a été rendue possible par la réalisation des klystrons reflex spécialement conçus pour fournir de la puissance sur un harmonique élevé de leur fréquence d'oscillation fondamentale.

Le professeur D. A. WATKINS a étudié l'état actuel des amplificateurs à ondes progressives à faible bruit. Après avoir exposé l'état actuel des théories sur la génération du bruit dans les tubes à ondes progressives, et leur vérification expérimentale, le conférencier a cité des tubes à ondes progressives ayant donné un facteur de bruit de 5,2 dB. Les calculs effectués concernant les tubes construits suivant les principes actuels semblent indiquer un facteur de bruit théorique minimum de 4,7 dB. Toutefois le conférencier a souligné qu'à la fois les études théoriques et expérimentales sur ce sujet étaient encore à leur début et que des progrès semblent possibles au fur et à mesure que le problème sera mieux compris.

Concernant les tubes à ondes progressives, outre la communication précédente de M. WATKINS, M. S. SENSIPER (U.S.A.) a exposé les calculs relatifs à la propagation des ondes électromagnétiques le long des structures hélicoïdales.

Le D<sup>r</sup> C.F. QUATE (U.S.A.) a fait le point sur les différents procédés de focalisation des faisceaux électroniques longs.

M. Y. MATSUO (Japon) a décrit des tubes multiplicateurs de fréquence à deux faisceaux, et M. S. UDA (Japon) a étudié le fonctionnement des tubes à ondes progressives comme multiplicateurs de fréquence.

Deux communications sur les klystrons ont été présentées, l'une par le D<sup>r</sup> F. COETENIER (Hollande) décrivant un nouveau type de klystron multi reflex, l'autre par M. M. CHODOROW (U.S.A.) qui a donné des détails sur la construction des klystrons amplificateurs utilisés à l'Université de Stanford et fournissant des puissances de crête de l'ordre de 20 à 30 Megawatts.

Concernant les tubes triodes dans leur fonctionnement en onde centimétrique, le D<sup>r</sup> J. G. V. WIJNGAARDEN (Hollande) a exposé les améliorations résultant des nouvelles cathodes type L, et M. T. SEKIGUCHI (Japon) a étudié l'admittance d'entrée en très haute fréquence des triodes à structure plane.

Le Professeur H. ALFVEN (Suède) a décrit le Strophotron, tube du type multi reflex employant des champs électrique et magnétique croisés, et le D<sup>r</sup> J. K. S. KNOL a exposé certains progrès sur le calcul des bruits engendrés par des sources de bruit situées à l'intérieur d'un quadripôle.

#### BIBLIOGRAPHIE SECTION III :

- Revue sur les lampes à vide, par P. GUÉNARD ;
- Recherches sur le « Carcinotron » aux Etats-Unis, par H. HEFFNER ;
- Continuation du développement du klystron multi reflex, par D<sup>r</sup> F. COETENIER ;
- Un nouveau tube électronique : Le Strophotron, par H. ALFVEN et D. ROHLL ;
- Tube à ondes progressives à faible niveau de bruit, par Prof. D. A. WATKINS ;
- Représentation des caractéristiques de bruit d'un réseau à quatre bornes au moyen de deux sources de bruit, par D<sup>r</sup> K.S. KNOL ou D<sup>r</sup> H. GROENOTJX ;
- Propagation des ondes électromagnétiques sur des structures hélicoïdales ; une revue et un tour d'horizon sur les récents progrès, par S. SENSIPER ;
- Triodes hyperfréquence, par D<sup>r</sup> J. G. V. WIJNGAARDEN ;
- Concentration des faisceaux électroniques longs, par D<sup>r</sup> C. F. QUATE ;
- Multiplicateur de fréquence à modulation de vitesse et à double faisceau, par Y. MATSUO ;

— Mécanisme de fonctionnement des tubes à modulation de vitesse comme multiplicateurs de fréquence, par S. UDA ;

— Admittance électronique d'entrée d'une triode à électrode plane et à grille à la masse avec un très petit espace cathode-grille, par T. SEKIGUCHI ;

— Récents progrès dans les klystrons à impulsions, par M. CHODOROW.

### QUATRIÈME PARTIE

#### *Emission électronique*

Les nouveaux types de cathodes étudiés en Hollande et basés sur la migration de certains atomes à l'intérieur d'une masse de tungstène poreux ont été étudiés par M. A. VENEMA et M. E. S. RITTNER. L'intérêt de ces cathodes d'un nouveau type réside dans le fait qu'elles sont constituées par une masse métallique dont la surface peut être usinée. Leur résistance électrique est faible, et des faisceaux électroniques de grande densité peuvent être émis sans échauffement. Les propriétés particulières de ces cathodes conviennent bien à leur usage dans les tubes pour ondes centimétriques et millimétriques.

Une série d'études sur les propriétés électroniques de l'oxyde de baryum, et sur la production du baryum métallique ont été présentées par M. R. L. SPROULL (U.S.A.), M. SAKAMOTO (Japon) et M. W. C. RUTLEDGE (Hollande).

Les progrès réalisés dans les études de cathodes sont étroitement liés aux progrès de nos connaissances sur les propriétés et les moyens de production et de traitement du baryum.

Un groupe d'études a été consacré aux cathodes à oxydes. M. NERGARD (U.S.A.) a étudié ces cathodes en présence d'émissions à impulsions de grande intensité. M. R. L. PETERSON (U.S.A.) a appliqué la technique des traceurs radioactifs à l'étude des cathodes à oxydes.

M. J. ORRUSI (France) a appliqué les progrès récents réalisés dans la théorie quantique des semi-conducteurs à l'étude des propriétés des cathodes à oxydes.

Un certain nombre de résultats expérimentaux concernant les cathodes à oxydes peuvent ainsi être expliqués par ces nouvelles applications de la théorie quantique des solides.

Concernant l'émission secondaire, M. A. VAN DER ZIEL (U.S.A.) a présenté un résumé des récents progrès théoriques faits dans la compréhension du phénomène de l'émission secondaire, et M. P. WARGO (U. S.A.) a étudié les facteurs influençant la durée de vie des surfaces d'oxyde de magnésium préparées en vue de l'émission secondaire. M. K. C. NOMURA (U.S.A.) a étudié l'influence de l'oxygène en excès sur l'émission secondaire des monocristaux d'oxyde de magnésium.

Enfin Sir K. S. KRISHNAN (Indes) a rendu compte des intéressantes études effectuées au National

Physical Laboratory of India concernant les propriétés thermioniques des métaux monovalents.

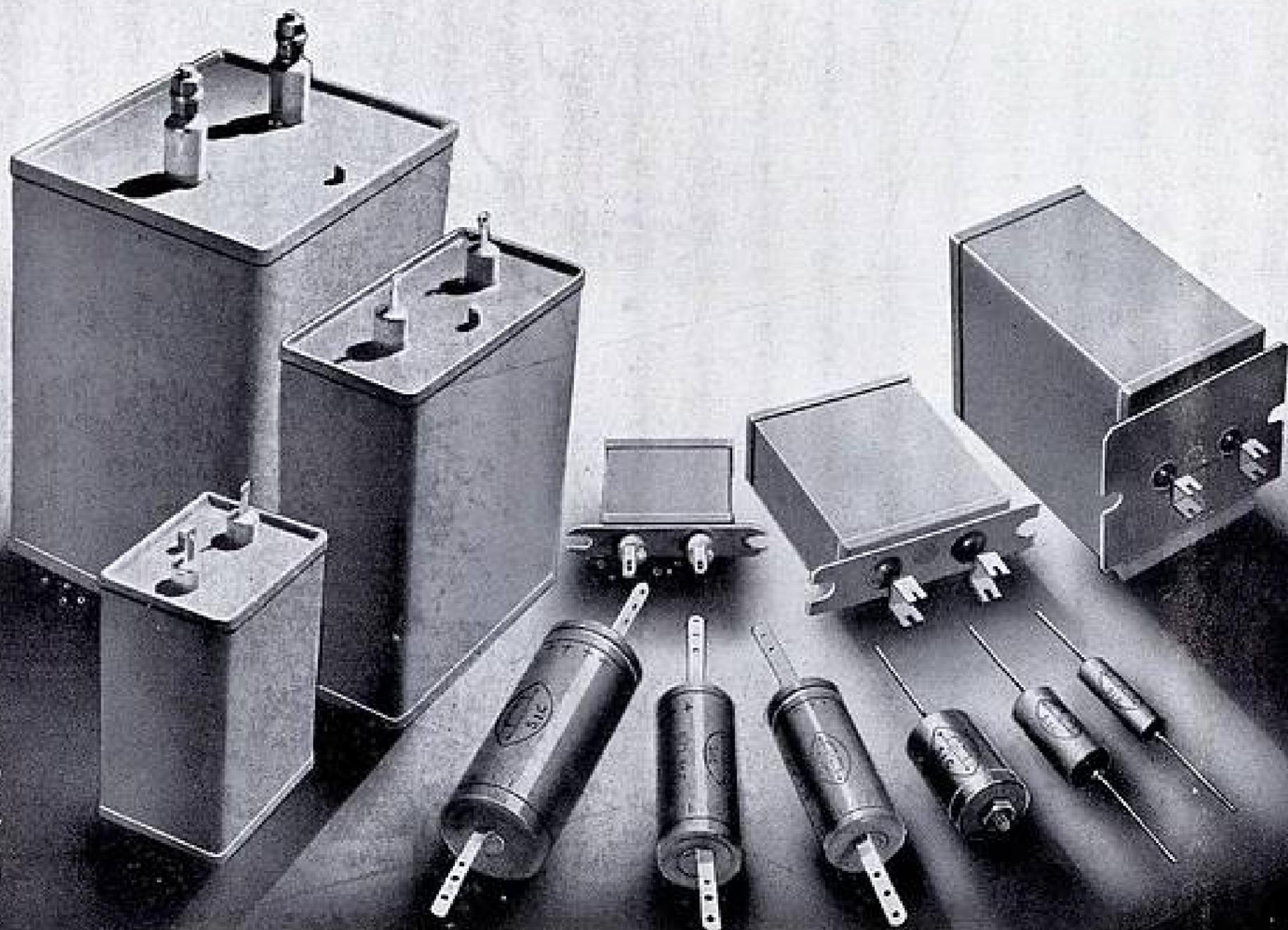
BIBLIOGRAPHIE SECTION IV :

- Cathodes à accumulation, par A. VENEMA ;
- Propriétés électroniques des monocristaux d'oxyde de baryum, par R. L. SPROULL ;
- Effet photoélectrique d'oxyde de baryum, par K. NODA, M. SAKAMOTO, S. NARITA ;
- Etude de la cathode à oxydes, par L. S. NERGAARD ;
- Les techniques du traceur radioactif appliquées à la cathode à oxydes par R. L. PETERSON, A. E. ANDERSON, W. G. SHEPHERD ;
- Propriétés thermioniques des métaux monovalents, par Sir K. S. KRISHNAN et S. C. JAIN ;
- Les propriétés des cathodes à oxydes considérées comme composées de semi-conducteurs mixtes, par J. ORTUSI ;
- Progrès récents dans le domaine de l'émission secondaire aux États-Unis, par A. VAN DER ZIEL ;
- L'influence de l'excès d'oxygène sur l'émission électronique secondaire des monocristaux d'oxyde de magnésium, par K. C. NOMURA et W. G. SHEPHERD ;
- Facteurs influençant la durée de vie des films d'émission secondaire pour MgO, par P. WARGO, B. V. HANBY, W. G. SHEPHERD ;
- Etudes du mécanisme de fonctionnement de la cathode L.
  - I. Nature de la Surface Emissive, par E. S. RITTMER et R. H. ANAZET ;
  - II. Production du Baryum par W. C. RUTLEDGE et E. S. RITTMER.

CONDENSATEURS ÉLECTROLYTIQUES • CONDENSATEURS AU PAPIER

*étanches et tropicalisés*

**S.I.C**



*J. des Fournisseurs P.B.L.*

**S<sup>TE</sup> INDUSTRIELLE DES CONDENSATEURS**

95 à 107, Rue de Bellevue, Colombes - Charlebourg 29-22

# LES PROBLÈMES FONDAMENTAUX ABORDÉS A LA DIXIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

PAR

O. ROBERT

*Professeur Agrégé de Physique Lycée Hoche Versailles*

Parmi les nombreux problèmes abordés à la Conférence générale les trois plus importants ont été : 1° l'adoption des unités de base d'un système international, qui est certainement le plus lourd de conséquences, 2° le projet de définition de la nouvelle unité de temps, qui est le projet le plus savant, 3° le projet de la nouvelle définition du mètre basée sur une longueur d'onde, qui avait passionné une opinion publique un peu trompée par une presse quotidienne assez peu au courant. L'aboutissement du deuxième projet est certain et très proche ; celui du troisième est remis à six ans au moins.

## I. Le projet de la nouvelle définition du Mètre :

### A) GÉNÉRALITÉS :

#### a) UN POINT ESSENTIEL :

On précisera la définition SANS CHANGER L'UNITÉ. Il suffira pour s'en assurer de lire le texte de la résolution adoptée le 4 Octobre 1954 par le Comité International des Poids et Mesures :

*En vue d'assurer à l'unité de longueur une continuité aussi parfaite que possible lors du passage à la définition envisagée par la 9<sup>e</sup> Conférence générale, le Comité International a recommandé d'établir cette dernière en se servant comme intermédiaire de la valeur*

$$0,64384696 \times 10^{-6} \text{ m}$$

*pour la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium telle qu'elle a été spécifiée par la Septième Conférence générale des Poids et Mesures. Pour ce passage la réduction au vide des longueurs d'onde mesurées dans l'air devrait être effectuée par la formule de dispersion pour l'air normal adoptée à Rome en 1952 par la Commission mixte de Spectroscopie.*

#### b) LE BUT POURSUIVI :

Adopter pour les étalons de longueur la hiérarchie :

*Longueurs d'onde — étalons à bouts — étalons à traits*  
au lieu de conserver l'ordre inverse.

#### c) LES AVANTAGES DES ÉTALONS DE LONGUEUR D'ONDE :

*Précision*

*Reproductibilité*

*Possibilité de réaliser une échelle de longueur continue*

En effet si, grâce à des progrès de la technique de traçage et de la technique de visée, les étalons à traits ont pu atteindre une précision de  $10^{-7}$  (mesure d'un mètre à 0,1  $\mu\text{m}$  près) les étalons de longueur d'onde permettent d'atteindre une précision de  $10^{-8}$  et même  $10^{-9}$ .

La seule critique résidait dans la difficulté d'obtenir des interférences à grande différence de marche. Le meilleur résultat appartenait à Körters qui réalisa avec le krypton 84 une différence de marche de 80 centimètres.

En effet on cherchait à mesurer directement un mètre à bouts en longueur d'onde par un pont unique d'un mètre. Nous verrons plus loin que ceci a été réalisé par de Terrien.

Faisons d'ailleurs remarquer que cette difficulté est toute relative car on sait depuis longtemps mesurer 1 mètre avec des dispositifs utilisant des différences de marche de 100 mm (Michelson).

#### d) LES PRINCIPES GÉNÉRAUX PRÉSIDANT AU CHOIX DES LONGUEURS D'ONDE :

1° Choisir la raie la plus fine, la source la plus commode et la plus plus reproductible.

2° Réduire l'effet Doppler Fizeau proportionnel à  $\sqrt{T/\lambda}$ .

(T étant la température absolue,  $\lambda$  le nombre de masse). La largeur de la raie est en effet proportionnelle à cet effet, et il conviendra :

d'adopter un isotope unique de fort nombre de masse, et dont le spectre soit réalisable à la température la plus basse possible.

3° Éliminer le renversement des raies et les influences perturbatrices (champ magnétique et champ électrique).

4° Définir la longueur d'onde par les TERMES SPECTRAUX D'UN ATOME.

5° Adopter une longueur d'onde fondée sur un atome de NOMBRE DE MASSE PAIR et de NOMBRE ATOMIQUE PAIR (nombre de masse divisible par 4), ces atomes ayant seuls un spin nucléaire ( $h/2\pi$ ) nul.

### B) LES TRAVAUX RÉCENTS SUR LA RÉALISATION DE RAIES SPECTRALES TRÈS FINES AU MOYEN DE LAMPES A ISOTOPE UNIQUE.

a) LES TRAVAUX AMÉRICAINS ET ANGLAIS SUR LE MERCURE 198.

Ils sont connus depuis 1948 ; ils sont réalisés avec une lampe du type sans électrode, excitée par un champ alternatif de 100 MHz. Cette lampe fonctionne à une température de 12° C. trop haute pour avoir une réduction suffisante de l'effet Doppler.

La raie verte utilisée est deux fois plus fine que la raie rouge du cadmium (précision :  $10^{-8}$ ).

b) LES TRAVAUX ALLEMANDS SUR LE KRYPTON 84 ET LE KRYPTON 86 :

Ces isotopes sont obtenus par la méthode de thermodiffusion. Les raies jaune vert obtenues sont deux fois plus fines que la raie verte du mercure 198 ; c'est avec le krypton 84 que Kösters avait obtenu une différence de marche de 80 cm. Les lampes utilisées ont l'énorme avantage de fonctionner à la température de pression de l'azote 63° K ; une technique nouvelle leur confère une durée pratiquement illimitée (Engelhard, P.T.B.).

c) LES TRAVAUX DE L'INSTITUT DE MÉTROLOGIE DE L'U.R.S.S. SUR LE CADMIUM 114 :

Ils avaient fait l'objet d'une communication en 1953. La délégation russe a annoncé à la 10<sup>e</sup> Conférence générale d'octobre qu'ils étaient terminés et publiés.

La température de la source est de 300° C. Il paraît théoriquement impossible de dépasser une différence de marche de 500 mm à cette température.

### C) LES COMMUNICATIONS ET DÉCISIONS DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE :

a) LE RAPPORT DE LA SECTION D'INTERFÉROMÉTRIE DU BUREAU INTERNATIONAL.

Les travaux ont été réalisés avec des lampes à mercure 198, et des lampes à krypton 84 et 86 (l'en-

voi de lampes à cadmium 114 accepté en principe par M. Judine en septembre 1953 n'était pas réalisé à la date du 1<sup>er</sup> novembre 1954).

Après avoir obtenu une différence de marche de 500 mm avec <sup>198</sup>/<sub>80</sub> Hg et de 750 mm avec <sup>86</sup>/<sub>36</sub> Kr (raie jaune vert). M. Terrien a atteint, avec une radiation du proche infra-rouge du Krypton 86, une différence de marche de 1 mètre.

b) LA DISCUSSION DES PROPOSITIONS DU COMITÉ CONSULTATIF POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE AU COMITÉ INTERNATIONAL ET A LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE :

Nous éviterons de donner le texte des propositions qui alourdirait cet exposé résumé ; nous fournirons simplement les arguments les plus nets et les décisions votées.

Les idées maîtresses sont :

1° La question n'est pas actuellement suffisamment mûre.

2° Un très grand pas a été fait.

3° Le Comité est convaincu que la meilleure définition du Mètre est basée sur la longueur d'onde.

Quelques arguments d'un réel intérêt, mais non retenus, sont les suivants :

C'est parce que la raie rouge du cadmium n'est pas suffisamment précise que l'on a cherché une raie plus fine : pourquoi la prendre alors comme référence ?

Il fut répondu que l'incertitude sur cette raie est plus petite que l'imprécision sur la définition actuelle du Mètre ; et que cette radiation rouge du cadmium est la base des tables spectroscopiques.

Le renvoi de la décision à la prochaine Conférence :

La question est d'importance ; lorsque les recherches en cours seront terminées, il faudra les comparer, et ce travail ne sera pas fini avant quatre ans. Il sera préférable d'attendre la 11<sup>e</sup> Conférence Générale.

C'est à la suite de ces informations que la délégation de l'U.R.S.S. annonce que ses travaux sur le cadmium 114 sont terminés et publiés.

M. Vieweg, Président de la Physikalische-Technische Bundesanstalt (P.T.B.) annonce l'aboutissement des premières expériences de M. Engelhard sur le xénon 136, qui donne des raies très fines (comprises entre 0,52  $\mu$  et 0,55  $\mu$ , la source lumineuse étant à 81° K (point triple de l'azote).

Une lettre très détaillée de M. Engelhard, datée du 26-11-54, nous fournit de nombreuses précisions. Nous en donnerons ici un résumé très bref :

1° Le xénon est favorisé par son nombre de masse élevé 136 ; il est par contre désavantagé par la température de la source. La pression de vapeur du xénon

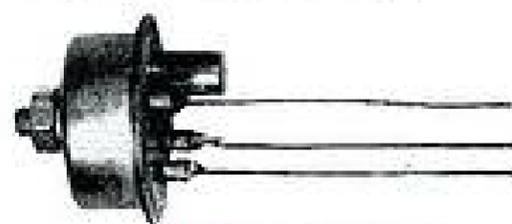
Dans le domaine

# SEMI-CONDUCTEURS

## LA RADIOTECHNIQUE

a déjà franchi pour certains matériels le stade des Laboratoires de recherches et entreprend des productions de série.

**FAIBLE ENCOMBREMENT  
FAIBLE CONSOMMATION  
GRANDE RÉSISTANCE MÉCANIQUE  
GRANDE STABILITÉ  
TRÈS GRANDE DURÉE**



**TRANSISTRON**  
de puissance  
Prototype 2 watts

### TRANSISTRONS

à jonction (P-N-P)

caractéristiques internationales - Disponibles en grandes séries.

### DIODES AU GERMANIUM

nombreux types pour : faible courant inverse - grande tension inverse - rendement de détection élevé.

PHOTODIODE à jonction - Grande sensibilité 32 mA/lv.

### RÉSISTANCES NON LINÉAIRES

**C. T. N.**

(coefficient de température négatif) - Bâtonnets, disques. Types standard - Types spéciaux.

**V. D. R.**

(variables avec la tension) - Disques - Nombreux types standard.

DOCUMENTATION SUR DEMANDE A

LA RADIOTECHNIQUE - DIVISION TUBES ÉLECTRONIQUES ET PIÈCES DÉTACHÉES  
130, Av. Ledru-Rollin, PARIS-XI<sup>e</sup> - Tél. : VOL. 23-09 - Usines et Laboratoires à Chartres et Suresnes

est inférieure pour une même température à celle du krypton. On ne peut descendre au-dessous de 80° K, alors qu'avec le krypton on atteint 60° K.

Le xénon a ses meilleures raies dans le vert, alors que le krypton les possède dans le rouge : or la différence de marche maxima est d'autant plus grande que la longueur d'onde est plus grande (C'est cette même raison qui a permis à M. Terrien d'atteindre 1 mètre de différence de marche avec une raie infra-rouge du krypton 86).

Compte tenu de ces facteurs la différence de marche maxima pour le xénon 136 est de l'ordre de 80 cm comme pour le krypton 84 ou 86.

2° Les raies du xénon 136 peuvent fournir un très bon étalon secondaire ; le xénon 136 peut être fabriqué facilement en grandes quantités.

c) LES RÉSOLUTIONS DU COMITÉ INTERNATIONAL ET DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE (VOTE À L'UNANIMITÉ).

Résolution du Comité International : Le Comité International recommande que le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre poursuive son travail aussi activement que possible. Dans ce but il est considéré indispensable que le Bureau International des Poids et Mesures soit installé avec l'appareillage convenable moderne concernant aussi bien les méthodes interférentielles que celles pour l'étude des traits et des comparaisons.

#### RÉSOLUTION I DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE :

*La 10<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures, ayant pris connaissance de l'état d'avancement des travaux que la 9<sup>e</sup> Conférence Générale avait recommandés dans sa résolution I dans le but d'établir éventuellement une nouvelle définition du mètre fondée sur la longueur d'onde d'une radiation lumineuse,*

*Appréciant l'importance des résultats acquis grâce aux recherches des grands laboratoires, des savants spectroscopistes et du Bureau International,*

*reconnaissant que, malgré les importants progrès réalisés, les recherches sur les radiations monochromatiques doivent être complétées,*

RENOUVELLE EN CONSÉQUENCE AUX GRANDS LABORATOIRES ET AU BUREAU INTERNATIONAL SON INVITATION À POURSUIVRE AUSSI ACTIVEMENT QUE POSSIBLE LEURS ÉTUDES SUR LES RADIATIONS MONOCHROMATIQUES, EN VUE DE PERMETTRE À LA 11<sup>e</sup> CONFÉRENCE GÉNÉRALE DE PRENDRE UNE RÉSOLUTION DÉFINITIVE, ET DÉCIDE DE NE PAS ENCORE CHANGER LA DÉFINITION DU MÈTRE.

## II. LE RETRAÇAGE DES MÈTRES.

Sur ce sujet M. Volet, Directeur du Bureau International des Poids et Mesures a fait un exposé remarquable.

Il a expliqué comment un nouvel ébarbage améliore la qualité des anciens traits. La réalisation d'une coupe des traits observable au microscope a permis de constater que ces anciens traits avaient la forme d'une petite dépression, et que par suite un ébarbage trop poussé risquait les effacer.

Par contre les traits résultant de la nouvelle technique de traçage ont des arêtes pratiquement parfaites.

Lors du retraçage on est amené à effacer les anciens traits, et l'on peut réaliser un double retraçage, l'un donnant le prototype ajusté à 0° C, l'autre le prototype ajusté à 20° C (toutes les vérifications se font en effet à 20° C (température reproductible à l'heure actuelle avec précision).

Dans la dernière séance la Conférence Générale a adopté à l'unanimité la résolution 2 relative au retraçage des Mètres nationaux.

### RÉSOLUTIONS

*La Dixième Conférence Générale des Poids et Mesures considérant les récents progrès réalisés dans la connaissance de la structure des traits gravés sur les Prototypes délivrés par la Première Conférence générale des Poids et Mesures, et dans l'exécution des traits de haute qualité,*

*attire l'attention des Pays adhérents à la Convention du Mètre sur LA POSSIBILITÉ QU'ILS ONT ACTUELLEMENT D'AMÉLIORER LEURS ÉTALONS NATIONAUX EN LES FAISANT MUNIR D'UN NOUVEAU TRACÉ.*

III. LA PROCHAINE VÉRIFICATION DES MÈTRES NATIONAUX (présentée par M. Volet).

Elle sera réalisée avec un comparateur nouveau, dont le perfectionnement principal réside dans « l'observation par immersion de l'objectif ». On espère pour plus tard une nouvelle amélioration de la précision par l'emploi des techniques électroniques (précision de l'ordre de 1/100  $\mu$ )

IV. LES COMPARAISONS INTERNATIONALES D'ÉTALONS À BOUTS PLANS :

Y. Torrien, Sous-Directeur du Bureau International, a présenté un exposé sur ce sujet. Il a conclu que la précision de ces calibres, suffisante pour l'industrie, ne l'est pas pour les physiciens, car les écarts atteignent  $4 \times 10^{-7} \mu$ .

V. LA MESURE DES ÉTALONS GÉODÉSIQUES.

La communication de M. Bonboure a présenté la nouvelle base murale de 24 mètres du Bureau International, le nouveau dilatomètre de 24 mètres permettant d'étudier la dilatation des fils géodésiques entre 7° C et 40° C et la comparaison de ces fils entre la France et la Finlande avec une précision de  $10^{-6}$ .

Des échanges de vues ont mis en évidence les variations du coefficient de dilatation de l'invar, qui devient négatif sous l'action de la trempe ou de l'érouissage, les variations de longueur des fils d'invar sous l'action des chocs et la stabilisation de leur longueur par des battages.

VI. TRAVAUX SUR LES ÉTALONS DE MASSE (M. Bonboure).

Les vérifications périodiques ont montré des variations de l'ordre de 4 centièmes de milligramme sur un kilogramme. La précision des mesures de masse est de  $10^{-8}$ .

VII. DÉTERMINATION ABSOLUE DE  $g$  :

Cette très importante mesure absolue réalisée par M. Volet, secondé par M. Thulin utilise la méthode balistique (observation de la chute libre d'une règle dans le vide).

Les résultats : M. Volet trouve que la valeur absolue donnée par le Laboratoire de Potsdam en 1900 est trop élevée de 24 milligals.

L'installation a été notablement améliorée sur de nombreux points, principalement sur la mesure du temps, et de nouvelles mesures vont être effectuées.

## VIII. TRAVAUX DE LA SECTION DE PHOTOMÉTRIE : (M. Terrien).

Les objectifs de cette section sont 1<sup>o</sup> l'unification des étalons photométriques dans le Monde. 2<sup>o</sup> la réalisation d'étalonnages pour les pays insuffisamment équipés.

Parmi les innovations de cette section signalons que le Bureau International a fait construire quelques centaines de lampes étalons qui peuvent être vendues. Précisons en outre la construction en France dans quelques mois de cellules proportionnelles.

Pour terminer annonçons qu'après détermination de l'étalon primaire la candela, une comparaison internationale photométrique était prévue pour le printemps 1955 ; elle sera vraisemblablement retardée.

## IX. TRAVAUX DE LA SECTION DE THERMOMÉTRIE.

Une communication du plus haut intérêt est celle de M. Moreau sur les thermomètres en silice fondue

dont les caractéristiques sont : stabilité dans le temps et très petite hystérésis, malheureusement leur production en série n'est pas encore satisfaisante.

La réalisation de l'échelle internationale avec des thermomètres à résistance nécessitera un matériel nouveau comportant un pont de Smith N° 3 et un manobaromètre à mercure moderne.

## X. LA DÉFINITION DE L'ÉCHELLE THERMODYNAMIQUE DE TEMPÉRATURE.

En conformité avec les décisions du Comité Consultatif de Thermométrie de juillet 1954. Le Comité International et la Conférence Générale ont adopté à l'unanimité la résolution 3.

## RÉSOLUTION 3

LA DIXIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES DÉCIDE DE DÉFINIR L'ÉCHELLE THERMODYNAMIQUE DE TEMPÉRATURE AU MOYEN DU POINT TRIPLE DE L'EAU COMME POINT FIXE FONDAMENTAL EN LUI ATTRIBUANT LA TEMPÉRATURE DE 273,16° K EXACTEMENT.

Bien entendu cette échelle thermodynamique est une échelle théorique, et il est convenu que l'échelle internationale définie par la 9<sup>e</sup> Conférence Générale (échelle pratique) reste en vigueur.

Le Comité International des Poids et Mesures a adopté les désignations du tableau suivant.

## ÉCHELLE INTERNATIONALE

TEMPÉRATURE INTERNATIONALE ———→ TEMPÉRATURE INTERNATIONALE KELVIN

$t$	$T_{\text{Int}}$
Indication :	( $T_{\text{Int}} = t + 273,15$ exactement )
° C (Int. 1948)	Indications :
DEGRÉ CELSIUS	° K (Int. 1948)
(INTERNATIONAL 1948)	DEGRÉ KELVIN
	(INTERNATIONAL 1948)

## ÉCHELLE THERMODYNAMIQUE

TEMPÉRATURE THERMODYNAMIQUE ———→ TEMPÉRATURE THERMODYNAMIQUE

$t_{\text{th}}$	$T$
$t_{\text{th}} = T - 273,15$ exactement	Indication :
Indication :	° K
° C (therm.)	DEGRÉ KELVIN
DEGRÉ CELSIUS	
(THERMODYNAMIQUE)	

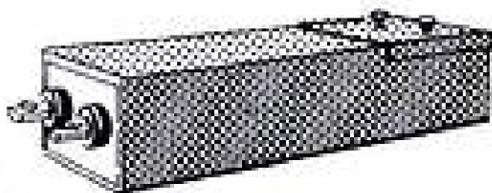
Les flèches indiquent le sens du passage de la température définie en premier lieu à la température dérivée par changement d'origine

# SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DU TERNOIS

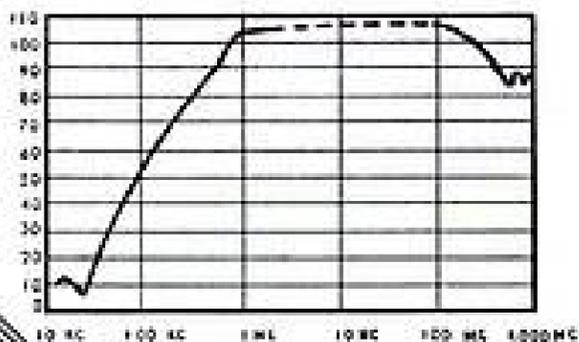
ST-MICHEL-SUR-TERNOISE (P.-de-C.)

## FILTRES

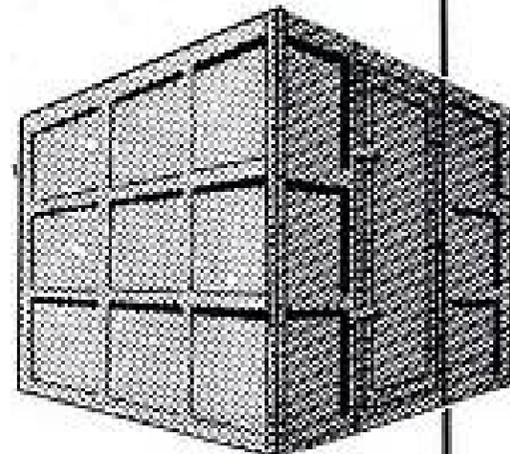
POUR CAGES DE FARADAY S.I.D.T.  
AGENT GÉNÉRAL POUR  
L'EUROPE DES FILTRES HOPKINS



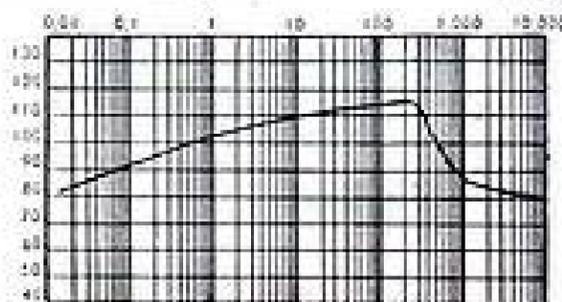
Courbe d'affaiblissement du filtre bifilaire, type 146 - 250 v. 30 ampères 400 périodes.



Brochure D. 13



Affaiblissement  
100 dB  
de 1 à 500 Mégacycles



Atténuations  
mesurées dans la limite  
de lecture des appareils

Brochures D1, 11

## CAGES DE FARADAYS.I.D.T.

BREVETÉ S.G.D.G.

Ces cages sont de type cellulaire, c'est-à-dire extensibles, réductibles, démontables, transformables. Elles sont à double écran grillagé donc transparentes et d'une parfaite aération. Elles donnent des caractéristiques d'affaiblissement exceptionnelles, supérieures à tout ce qui est connu à ce jour. Elles permettent de ce fait toutes les mesures, même les plus délicates, à l'abri des champs perturbateurs même les plus forts.

# 70 ANS D'EXPÉRIENCE A VOTRE SERVICE...

## TRANSFORMATEURS SELS-REDRESSEURS

RÉGULATEUR AUTOMATIQUE DE TENSION

### "STABILISTOR"

(Licence C.F.S. Westinghouse)

## AMPLIFICATEURS MAGNÉTIQUES POUR TOUS USAGES CONTROLE ET RÉGULATION

# BARDON

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION D'APPAREILS BARDON 41, Bd JEAN-JAURÈS, CLICHY, SEINE, PER + 43-10

## XI. LA DÉFINITION DE L'ATMOSPHÈRE NORMALE.

Consécutivement à une demande de l'I.S.O. (International Organisation for Standardisation) qui considérait qu'il y avait plusieurs définitions de la pression normale, la Conférence générale a adopté à l'unanimité la résolution 4.

**RÉSOLUTION 4 :** *La Dixième Conférence générale des Poids et Mesures ayant constaté que la définition de l'atmosphère normale donnée par la Neuvième Conférence générale des Poids et Mesures, dans la définition de l'Échelle Internationale de Température a laissé penser à quelques physiciens que la validité de cette définition de l'atmosphère normale était limitée aux besoins de la thermométrie de précision,*

*déclare qu'elle adopte pour tous les usages, la définition :*

*atmosphère normale = 1 013 250 dynes par centimètre carré ; c'est-à-dire 101 325 newton par mètre carré.*

En réalité le produit  $76 \text{ cm} \times 980,665 \text{ cm} \times 13,5951 \text{ cm}$  donne 1 013 250,144 354 exactement. Le Bureau International considère :

- 1° que le nombre 1 013 250 est indiscutable,
- 2° que les chiffres qui suivent la virgule sont inaccessibles à la mesure,
- 3° que ces chiffres pourront être précisés après les déterminations absolues de  $g$  de Teddington, à condition de spécifier la composition isotopique du mercure,

## XII. LA DÉFINITION DE L'UNITÉ DE TEMPS.

Cette question, présentée de façon magistrale par M. Danjon, Directeur de l'Observatoire de Paris, a passionné le Comité International et la Conférence générale.

Le problème du temps a pour objet la mesure de courtes durées et la fixation de la date d'un événement dans une échelle illimitée.

Ce problème a pu se poser parce que les oscillateurs à quartz des physiciens permettent une précision de  $10^{-9}$  et les étalons de fréquence moléculaire et atomiques peuvent atteindre la précision de  $10^{-12}$ . Par contre la rotation de la Terre présente les fluctuations irrégulières et imprévisibles et le jour solaire moyen n'est défini qu'à  $10^{-7}$  près. En un mot la Terre est une horloge qui ne donne le temps qu'à 30 secondes près.

Sur la demande des Physiciens l'Union Astronomique Internationale (U.A.I.) a donné une nouvelle définition basée sur la longitude du Soleil et rattachée à L'ANNÉE TROPIQUE. En voici les caractéristiques essentielles :

La longitude moyenne du soleil a pour expression :  
 $L_m = 280^{\circ}10'36'',37 + 129602708'',13 t + 1'',089 t^2$   
 le temps uniforme  $t$  étant exprimé en siècles juliens de 36525 jours à compter du 1<sup>er</sup> janvier à midi de temps universel.

La définition proposée par l'U.A.I. est la suivante :

LA SECONDE EST LA FRACTION 1/31 556 925,975 DE LA DURÉE DE L'ANNÉE TROPIQUE POUR 1900,0.

(La notation 1900,0 représente le 1<sup>er</sup> janvier 1900 12 h. T.U., temps universel rapporté au méridien de Greenwich).

La Conférence générale n'avait plus qu'à sanctionner cette définition. Ceci n'a pu être fait car un lapsus a fait écrire à l'Union Astronomique Internationale, dans les procès verbaux de ses Conférences, année sidérale au lieu d'année tropique. Bien que les rapporteurs aient reconnu leur lapsus, des considérations de procédure et de courtoisie ont contraint la Conférence générale à surseoir à cette décision urgente et à rédiger sa 5<sup>e</sup> résolution.

## RÉSOLUTION 5

*La Dixième Conférence générale des Poids et Mesures, reconnaissant la nécessité et l'urgence de donner plus de précision à la définition de l'unité fondamentale de temps,*

*considérant que l'aboutissement de l'étude de cette question est imminent,*

*donne au Comité International des Poids et Mesures le pouvoir de décider sur ce point.*

Nous allons aborder en dernier lieu la résolution qui aura le retentissement le plus considérable.

## XIII. PROJET DE SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉ DE MESURE.

Cette question, si elle a donné lieu par la suite à un vote d'unanimité, a provoqué des discussions très sérieuses.

La 9<sup>e</sup> Conférence générale avait chargé le Comité International de procéder à une enquête dans tous les États en vue de recommander un projet. L'enquête commencée avec un certain retard a fourni un très volumineux dossier qui n'avait pu être étudié en détail.

On s'est donc limité aux unités de base, l'accord a été à peu près complet sur les unités de longueur, de masse et de temps.

En effet, la France et la Finlande, qui, seules, avaient rendu légal le système M.T.S., s'apprétaient à y renoncer, et pas un seul Etat signataire n'avait proposé le kilogramme-poids comme unité fondamentale. Seule la dénomination du kilogramme-masse avait soulevé l'intervention de la délégation italienne qui avait proposé, sans être suivie, le nom de « bes ».

L'accord était tout aussi complet sur le degré Kelvin, la 10<sup>ème</sup> Conférence Générale venant précisément de définir l'échelle thermodynamique.

Par contre l'ampère et la candela provoquèrent des divergences ; l'un et l'autre avaient bien été adoptés respectivement comme unité d'intensité de courant et unité d'intensité lumineuse ; mais il s'agissait maintenant d'adopter l'ampère et la candela comme unités de base du système international.

L'opposition principale à l'ampère venait du délégué de la République Argentine, M. Isnardi, qui lui préférait la perméabilité magnétique du vide, se croyant suivi en cela par l'Autriche et l'U.R.S.S., mais la délégation soviétique fit connaître qu'elle avait adopté l'ampère comme unité fondamentale.

L'argument essentiel fut l'accord sur ces points des grandes organisations internationales : l'I. S. O., l'Union Internationale de Physique pure et appliquée et la Commission électrotechnique internationale.

Deux votes intervinrent alors.

1<sup>o</sup> Après d'énergiques et favorables interventions du Président Pérard, de M. Bjerger (Danemark), représentant l'I.S.O., de M. de Boer (Pays Bas), Secrétaire de la commission SUN, et de M. Alcantara Carreira (Portugal).

*L'ampère fut adopté comme unité de base par 21 voix contre 6 et une abstention.*

Ont voté contre : U.S.A., Argentine, Canada, Espagne, Pologne, Suisse.

2<sup>o</sup> Après une communication de la délégation de l'U.R.S.S. hostile à la candela, et favorable au lumen comme unité de base.

*La candela fut adoptée comme unité de base par 22 voix, contre 4 et 2 abstentions.*

Ont voté contre : Hongrie, Roumanie, Tchécoslovaquie, l'U.R.S.S.

C'est ensuite par un vote d'unanimité que se trouve adoptée la résolution 6.

#### RÉSOLUTION 6

*La Dixième Conférence Générale, en exécution du vœu exprimé dans sa Résolution 6 par la Neuvième Conférence Générale concernant l'établissement d'un système pratique de mesures pour les relations internationales,*

*décide d'adopter comme unités de base de ce système à établir les unités suivantes :*

*Longueur : MÈTRE*

*Masse : KILOGRAMME*

*Temps : SECONDE*

*Intensité de courant : AMPÈRE*

*Température thermodynamique : DEGRÉ KELVIN*

*Intensité lumineuse : CANDELA*

Il est d'autre part convenu que la résolution 6 de la Neuvième Conférence Générale garde tout son

pouvoir, ce qui veut dire que l'étude n'est pas terminée et que le Comité International doit poursuivre l'enquête entreprise.

Après avoir signalé que le Comité International n'a pas cru devoir accéder à une demande de l'I.S.O. relative aux symboles du carat et du diamant, précisons que, sur une demande du Japon de baser la répartition des contributions sur le revenu national, l'U.R.S.S. a demandé que la Commission de révision de la Convention du Mètre ait pouvoir, en cas d'urgence, pour réunir une Conférence diplomatique.

Cette proposition a été votée à l'unanimité, et il est probable que la demande japonaise amènera un changement de la Convention et une Conférence diplomatique.

La Conférence a terminé son ordre du jour par le renouvellement d'une fraction du Comité International.

Les nouveaux membres élus sont MM. Astin (U.S.A) Barrell (Royaume-Uni) Esserman (Australie) Väisälä (Finlande) Stulla-Götz (Autriche).

M. Danjon, Dr de l'Observatoire de Paris a été élu Président du Comité International, M. Vieweg, Président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Braunschweig) a été élu Vice-Président, et M. Cassinis, Pr. dr. Ingr. Politecnico di Milano, a été élu Secrétaire par acclamations. M. Danjon succède à M. J.E. Sears (Royaume-Uni) qui a pendant de longues années présidé le Comité International avec une conscience et une compétence qui ont fait l'admiration de tous.

Nous terminerons en affirmant que cette entente internationale sur un système pratique d'unités est une réalisation d'une grande portée scientifique et humaine : elle sera poursuivie par une Commission comprenant M. Bourdoun (U.R.S.S.), Président, M. Barrell (Royaume-Uni), M. Stulla-Götz (Autriche), M. Cassinis (Italie), M. Isnardi, (Rép. Argentine) M. Vieweg (Allemagne) et M. Volet qui élaboreront un tableau de classement des réponses reçues, la décision en dernier ressort revenant comme toujours à la Conférence Générale.

Servomécanismes  
Mesures...



## POTENTIOMÈTRES DE PRÉCISION

- \* Dissipation élevée 4 W
- \* Linéarité  $\pm 10^{-3}$
- \* Couple de frottement très faible.

Matériel utilisé en aéronautique



**LABORATOIRES DE PHYSIQUE APPLIQUÉE**  
25, RUE GANNERON - PARIS 18<sup>e</sup> - BAT. 70-48

01.P.R.

Synonymes de rendement  
et de perfection  
depuis  
35 Ans



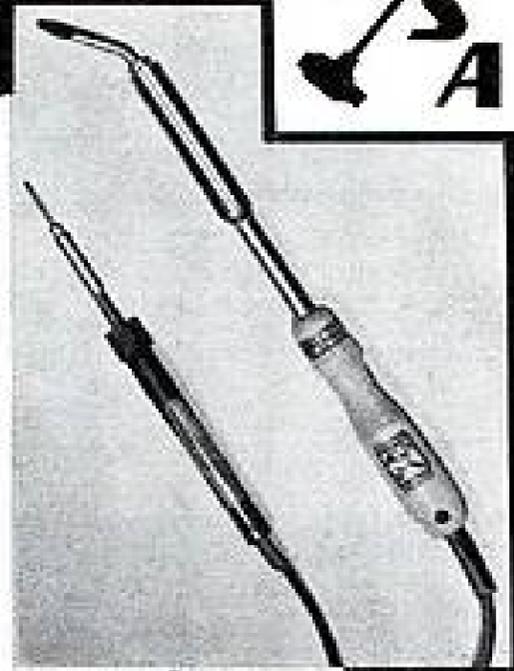
FERS MINIATURE  
20 et 30 W.  
pour l'Electronique

Toute la gamme  
des Fers Industriels  
de 50 à 600 W.

Tous Voltages

Bains d'Etain

*C'est  
une exclusivité*



*Jahnichen*

A. JAHNICHEN et C<sup>ie</sup> - 27, R. de Turin  
PARIS-8<sup>e</sup> - Tél. : EUROPE 59-09 +

01.P.R.

## APPAREILS ÉLECTRIQUES DE MESURE

APPAREILS ÉTANCHES, ANTICHOCS

Microampèremètres depuis 2  $\mu$ A  
Millivoltmètres depuis 1 mV (sur cadre)  
Ampèremètres - Voltmètres, etc....



FOURNISSEURS DU C. E. A.  
DE LA MARINE, DE L'E. D. F.  
DE L'AIR, ETC...

APPAREILS SPÉCIAUX SUR DEMANDE

# ALBERT LE BŒUF & FILS

LA GARENNE COLOMBES  
CHA. 56-05+

01.P.R.

*Tous les fils*

Pour :  
ÉLECTRONIQUE  
TÉLÉCOMMANDE  
RADIO - AVIATION - R.T.  
**CABLES COAXIAUX**  
TOUS FILS SPÉCIAUX  
SUR DEVIS

**PERENA**

48, Bld. VOLTAIRE - PARIS XI  
TEL: VOL 48-90 +

FICHES COAXIALES HF  
à haute fréquence Composés

01.P.R.

Fiche Standard Télévision R2 - Gamme Complète

## POTENTIOMÈTRES



- GRAPHITÉS OU BOBINÉS
- ÉTANCHES OU STANDARDS
- A PISTE MOULÉE

# Variohm

Rue Charles-Vapereau, RUEIL-MALMAISON (S.-S.-O.) - TEL. MAL. 24-54

Publ. RAPT

# LES VARISTANCES

— THERMISTANCES —  
RÉSISTANCES NON LINÉAIRES  
REDRESSEURS SECS

et leur emploi en  
électronique moderne

par Jacques SUCHET

Extrait de la table. — Ce qu'est une Varistance ?

- I. **TECHNIQUES DE FABRICATION DES VARISTANCES.** — Réalisation d'agglomérats semi-conducteurs. — Fabrication des redresseurs. — Stabilité et reproductibilité des varistances.
- II. **CARACTÉRISTIQUES ET PROPRIÉTÉS.** — Etude graphique. Échauffement d'une thermistance. Équilibre thermique d'une thermistance dans un circuit. Résistances non linéaires et redresseurs. Action de la température sur R.N.L. et redresseurs. Utilisation des varistances en courants variables. Principales varistances disponibles en France.
- III. **APPLICATIONS DES VARISTANCES.** — Thermométrie et Thermo-régulation par sondes à thermistances, larges gammes et faibles gammes. Pyrométrie et mesure des puissances H.F. Calcul graphique des circuits comprenant thermistances et résistances. Compensateurs linéaires. Production de courant continu à partir de courant alternatif. Applications industrielles des redresseurs au selenium. Applications radio des redresseurs secs, appareils de mesures. Éléments non-linéaires. Compresseurs et expanseurs de contrastes. Ponts à éléments non linéaires. Indicateurs de tension. Protection contre les surtensions. Régulation des tensions. Relais électromagnétiques et varistances. Amplificateurs magnétiques et varistances. Autres applications...

Appendices. Index alphabétique des termes. Planches encartées pour calcul graphique.

Un volume de 244 pages, 15 × 24 cm, 180 figures

1570 F port compris

Écrivez aux **ÉDITIONS CHIRON**, 40, rue de Seine, PARIS-6<sup>e</sup>

C. C. P. PARIS 53-35

*Un ouvrage, unique au monde, qui apporte la clé de techniques nouvelles*

du bruit aux divers niveaux, en éliminant tout problème de linéarité, et ceci sous une forme facilement intelligible et utilisable pour les besoins des radio-communications.

Cette technique conduit à définir la notion d'occupation d'un canal : valeur relative du « temps d'occupation » pendant lequel le bruit couvre un niveau donné. Cette notion immédiatement applicable aux systèmes de communication par tout-ou-rien, est susceptible de se généraliser aux autres, grâce à l'introduction d'une fonction de pondération.

Dans la technique utilisée à l'Université de Floride pour la mesure des temps ou probabilités de dépassement de seuils donnés on retrouve l'idée du fonctionnement par tout-ou-rien et les avantages correspondants, appliqués à l'observation de la tension de bruit après détection. L'idée de base de la notion de temps d'occupation est différente, en ce sens qu'elle vise globalement le système récepteur tout entier, y compris l'amplificateur basse fréquence s'il y a lieu, ainsi que l'organe récepteur final proprement dit : le relais télégraphique, le haut-parleur et l'oreille humaine, etc...

#### 8.9. — EXTENSION AUX COMMUNICATIONS EN MODULATION DE FRÉQUENCE.

On propose d'étudier l'action des atmosphériques sur un récepteur à modulation de fréquence en introduisant dans le circuit d'entrée d'un tel récepteur un signal local de fréquence constante et de niveau réglable. Le paramètre mesuré à la sortie du récepteur sera évidemment un niveau moyen du bruit résultant des déplacements de fréquence produits par les atmosphériques.

Le procédé d'enregistrement à niveau constant (cf. ci-dessus § 7.2.2.) est d'une application immédiate à cette technique : la régulation agira sur le niveau du signal local de manière à maintenir constant un niveau moyen du bruit mesuré à la sortie.

#### 8.10. — TECHNIQUE DES COMPTEURS ÉLECTRONIQUES

Nous noterons enfin avec F.L. STUMPERS d'intéressantes propositions formulées récemment aux Etats-Unis [15, 16] sur l'application aux études de bruit de compteurs électroniques pour la constitution d'équipements capables d'indiquer :

a) la cadence moyenne des franchissements par l'onde de bruit d'une certaine pente ;

b) la cadence moyenne des franchissements par l'onde de bruit d'une certaine amplitude ;

c) la valeur moyenne ;

d) la cadence d'occurrence d'impulsions qui excèdent simultanément les deux seuils de pente et d'amplitude utilisés dans les mesures a et b et ceci pendant une période où la tension moyenne se trouve au-dessus d'une valeur donnée.

### 9. — Séance commune des Commissions IV et VI (Sous-Commission VI b). — Conclusions.

#### 9.1. — BUT DE LA RÉUNION.

La réunion organisée en commun avec la Commission VI était une occasion pour les spécialistes du bruit atmosphérique d'exposer l'état de leurs travaux et leurs problèmes aux spécialistes de la théorie de l'information et des circuits, et de recueillir les avis et les besoins que ceux-ci pouvaient leur formuler.

C'est au cours de cet échange d'idées que furent exposées deux communications concernant le bruit atmosphérique et basées sur la théorie des phénomènes aléatoires.

#### 9.2. — THÉORIE MATHÉMATIQUE D'UN MODÈLE STATISTIQUE.

M. BLANC-LAPIERRE présente un travail mathématique qui était en cours de publication en France [17] à titre de contribution théorique au problème de la constitution des modèles statistiques simples capables de représenter, naturellement au prix d'une certaine approximation, l'effet des parasites atmosphériques sur un amplificateur linéaire.

Le problème dont M. BLANC-LAPIERRE et ses collaborateurs apportent la solution est celui de l'étude de fonctions aléatoires susceptibles de représenter l'effet produit à la sortie d'un amplificateur linéaire sélectif par un bruit capté à l'entrée, dans le cas où ce bruit peut être considéré comme constitué par la superposition des deux composantes suivantes :

a) un bruit gaussien de spectre uniforme ;

b) des impulsions brèves d'amplitudes aléatoires réparties dans le temps suivant une distribution de Poisson.

Après avoir précisé les conditions nécessaires pour que les paramètres des fonctions caractéristiques soient tous définis, les auteurs fournissent une méthode de calcul de la distribution de l'amplitude instantanée et développent le calcul dans un cas particulier. Ils indiquent enfin les renseignements que l'on peut tirer de la considération de la valeur quadratique de la tension détectée, et en particulier de la fluctuation relative de cette valeur mesurée avec plusieurs amplificateurs différents.

M. BLANC-LAPIERRE ne pense malheureusement pas qu'un tel modèle soit susceptible d'expliquer la loi de distribution « log-normale » découverte expérimentalement par le groupe de l'Université de Floride (cf. § 5.1.2.) : il faut sans doute admettre que la distribution dans le temps des impulsions atmosphériques n'est pas poissonnienne, ainsi que cela ressort explicitement d'ailleurs des conclusions de HORNEN et HARWOOD (cf. § 4.2.2.). On est donc amené à rechercher ainsi d'autres modèles, moins simples, dont les caractéristiques restent à déterminer.



# Ampoules Témoin NÉON

Tous types  
Normaux - Miniature et Couleur  
Voyants et Transparents Lumineux



DISTRIBUTEUR EXCLUSIF  
POUR LA FRANCE ET L'U.F.

**E. JAHNICHEN**

27 RUE DE TURIN  
TEL. EUROPE - 59-09

O.S.A.

V. JEAN-LOUIS

## L'INGÉNIEUR DU SON Radiodiffusion - Cinéma - Télévision

- I. - Acoustique Psychotechnique
- II. - La prise de Son.
- III. - Les fonctions.

Un ouvrage de 300 pages - illustré

Editions CHIRON, 40, rue de Seine, PARIS-6<sup>e</sup>

## GROUPEZ TOUS VOS ACHATS

Nous avons constamment en stock le plus grand choix  
DE TOUTES LES GRANDES MARQUES

### ● PIÈCES DÉTACHÉES. MATÉRIEL PROFESSIONNEL

*Fabrication française et importation*

Bornes universelles (RIBET-DESJARDINS, DYNA, RAB).  
Boutons (RIBET-DESJARDINS, STOCKLI).  
Condensateurs ajustables (TRANSCO).  
Condensateurs céramiques (LOC, TRANSCO).  
Condensateurs céramiques (CENTRALAB, U.S.A.)  
Condensateurs chimiques (MICRO).  
Condensateurs mica sous boîtier (M. C. R.).  
Condensateurs papier (CAPA).  
Condensateurs papier, boîtier, tropicaux (EMBASAYGLUES).  
Condensateurs papier métallisé miniature moulés (TEMCO).  
Condensateurs papier métallisé tropicaux et moulés (HUNTS, England).  
Condensateurs polarisation (NOVEA).  
Contacteurs (JEANRENAUD, RADIO ÉLECTRO SÉLECTION).  
Découpage et découpage radio (METALLO, DR. M.F.O.E.M.).  
Fiches coaxiales (PERENA).  
Fiches diverses (JEANRENAUD, RADIAL).  
Fils et Câbles, vinyle, silicone, coaxiaux, blindés (PERENA, ELECTROTRESSE).  
Haut-Parleurs (AUDAX, PHILIPS, VEGA).  
Jacks et fiches miniature (RIBET-DESJARDINS).  
Potentiomètres bobinés de 3-4 W à 100 W (MCB).  
Potentiomètres graphite (RADIOHM, MCB).  
Potentiomètres piste moulée (OHMIC).  
Réglages de raccordement (MEUNIER).  
Résistances bobinées, émaillées et cimentées (OHMIC, MCB).  
Résistances miniature, 1/2 et 1 W 5 et 10 % (OHMIC).  
Sells de choc, soudure, souplesse cordons surmoulés.  
Supports de lampes (METALLO, M.F.O.E.M., D.R., NATIONAL).  
Transformateurs (MCB, VEDOVELLI, L.I.E.).  
Tubes d'émission et réception (RCA, SYLVANIA, GENERAL-ELECTRIC, WESTINGHOUSE, K.R., etc.).  
Tubes réception (MINIWATT).

### ● OUTILLAGE. Fabrication française et importation

Classeurs distributeurs, boîtes à compartiments plastiques (SPYDUP).  
Clés diverses (FACOM, BONDIX).  
Clés diverses (USAG, Italie, UTICA, U.S.A.)  
Clés à molette (UTICA, U.S.A.)  
Fers à souder (DYNA, MICAFER).  
Fers à souder, chauffage instantané (WELLER, U.S.A., ENGEL, MENTOR, Germany).  
Fers à souder miniature (UNGAR, U.S.A.)  
Lampes étanches, torches, fanals type marine (AUTOMAN).  
Perceuses électriques (SILEX, MICOX, VAL D'OR, PEUGEOT).  
Pièces à dénuder automatiques (IDEAL, U.S.A.)  
Pincettes diverses, fabrication Nagent.  
Pincettes diverses isolées (USAG, Italie, UTICA, U.S.A.)  
Scies, Riffloirs (ABRAFILE).  
Tournevis (FACOM).  
Tournevis isolés (USAG, Italie, VACO, U.S.A.)

Tout outillage sur demande : forets, tarauds, etc.

# SONECTRAD

4, boul. de Grenelle, PARIS (XV<sup>e</sup>). Tél. : SUF. 68.29

# M.B.M.

## LA PIÉZO ÉLECTRICITÉ DANS L'INDUSTRIE

6-8, Rue Jenner — SAVIGNY-SUR-ORGE  
Tél. 144

- ★ QUARTZ OSCILLATEURS  
1 à 25 Mc/s
- ★ QUARTZ POUR ULTRA-  
SONS - 500 - 3000 Kcs
- ★ QUARTZ ÉTALONS  
STABILITÉ  $1 \times 10^{-7}$
- ★ QUARTZ SPÉCIAUX
- ★ MONTURES MINIATURES.

DÉLAIS RÉDUITS

Le numéro de Mars-Avril de  
L'ONDE ÉLECTRIQUE sur la  
Pièce détachée Professionnelle

est un outil pour vos techniciens

--- 462 pages dont 272 de texte ---

Prix : 600 F. — 40, rue de Seine, Paris-6<sup>e</sup>

## RÉSOLUTION 2.

Compte tenu de la situation indiquée par le Programme d'Études N° 56 du C.C.I.R. (Londres, 1953), il est recommandé :

a) de donner une attention toute spéciale à l'étude du champ reçu en-deçà et au voisinage de l'horizon radioélectrique ;

b) de diriger les recherches de façon à assurer une meilleure compréhension de la corrélation entre les données météorologiques synoptiques faciles à obtenir et les caractéristiques de propagation radioélectrique.

c) d'entreprendre un tel travail à toutes les longueurs d'ondes inférieures à 10 mètres ;

d) d'y inclure également l'étude de l'influence de la structure fine de l'atmosphère.

## RÉSOLUTION 3.

Tous les Comités Nationaux sont priés de fournir, par l'intermédiaire du Secrétariat, les résultats de mesure sur la propagation pouvant être utilisés pour établir des réponses aux questions contenues dans la Question N° 85 du C.C.I.R. (Londres 1953).

## RÉSOLUTION 4.

En raison de l'importance des conditions existant dans la basse atmosphère sur la propagation des ondes radioélectriques les plus courtes, il est recommandé que l'U.R.S.I. prenne des mesures pour s'assurer que les services météorologiques nationaux soient avertis de l'importance d'observations aérologiques pour les radiophysiciens et que ces observations soient organisées de façon à fournir le plus de renseignements possible ; en vue de leur application dans le domaine radiophysique.

Il est recommandé que les organismes météorologiques nationaux soient encouragés :

a) à entreprendre des mesures météorologiques plus détaillées, comprenant des mesures avec un équipement aéroporté, en vue de l'étude de la structure fine de l'atmosphère. Une attention particulière devrait être donnée à la variation détaillée de l'indice de réfraction, là où cet indice subit des modifications notables. L'emploi du réfractomètre pour de telles mesures est fortement recommandé.

b) à rassembler des données météorologiques du genre indiqué sous a dans le but d'utiliser des données pour aider à la prédiction, sur des bases statistiques, des caractéristiques de la propagation à escompter dans des régions géographiques variées.

## RÉSOLUTION 5.

Il est recommandé que, partout où cela est possible, des mesures météorologiques d'un caractère assez détaillé pour éclairer le mécanisme de propagation, soient entreprises, en même temps que le programme de mesures de propagation.

## RÉSOLUTION 6.

Pendant l'Année Géophysique Internationale, les besoins des savants radioélectriciens étudiant la propagation des ondes dans la troposphère devraient être satisfaits par le programme suivant :

a) Les données de radio-sondage, jusqu'à une hauteur de 3 000 m, devraient être publiées de façon aussi détaillées que la précision des appareils le permet. Pendant les Périodes Météorologiques Mondiales, le nombre des radio-sondages devrait être d'au moins 4 par jour.

b) Il est suggéré que là où cela est possible des observations supplémentaires soient faites des paramètres météorologiques dans les basses couches, en utilisant des ballons captifs ou des cerfs-volants.

c) Là où cela est possible des sondages au réfractomètre micro-onde aéroporté devraient être entrepris dans différentes masses d'air, pour préciser les caractéristiques de ces masses d'air en ce qui concerne la distribution verticale d'indice de réfraction et l'échelle et l'intensité de ses fluctuations.

d) L'attention des météorologistes devrait être attirée sur le réfractomètre, en temps qu'instrument de détermination rapide de la teneur en vapeur d'eau, lorsqu'il est employé en même temps qu'un élément de mesure de température. Les sondages au réfractomètre décrits sous c ont un intérêt direct pour les météorologistes, à ce point de vue.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. VOGÉ. — *Onde Electrique*, Vol. 34, p. 487 (juin 1954).
- [2] W.E. GORDON. — *P.I.R.E.*, Vol. 43, p. 23 (Janvier 1955).
- [3] J.W. HERBSTREIT, K.A. NORTON, P.L. RICE, G.E. SCHAFER. — *Continuation Record of the I.R.E.*, Part. 2, 1953, p. 85.
- [4] H.G. BOOKER, W.E. GORDON. — *P.I.R.E.*, Vol. 38, p. 401 (Avril 1950).
- [5] E.C.S. MEGAW. — *Nature*, Vol. 166, p. 1100 (30 Décembre 1950); *P.I.R.E.*, Part. III, Vol. 3, p. 1 (Janvier 1953); *Quarterly Journal Royal Meteorological Soc.*, Vol. 80, p. 248, (Avril 1954).
- [6] F. VILLARS, V.F. WEISSKOPF. — *Physical Review*, Vol. 94, p. 232 (15 Avril 1954).
- [7] D.K. BASLEY, H.G. BOOKER et al. — *Physical Review*, Vol. 86, p. 141 (15 Avril 1952).
- [8] D.K. BASLEY. — Communication à l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I., La Haye 1954.
- [9] H. STARRS. — *Journal of Applied Physics*, Vol. 23, p. 1152 (Octobre 1952).
- [10] K.A. BULLINGTON. — *P.I.R.E.*, Vol. 41, p. 132 (Janvier 1953).
- [11] H.G. BOOKER, J.T. DE BETTENCOURT. — Document n° 218 présenté à l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I., La Haye, 1954.
- [12] E.L. DRACON. — *Quarterly Journal Royal Meteorological Soc.*, Vol. 75, p. 89, (1949).
- [13] L.J. ANDERSON, E.E. GOSSARD. — *P.I.R.E.*, Vol. 41, p. 136 (Janvier 1953). — *Proceedings of the Conference on Radio Meteorology, Université du Texas*, III-5 (Novembre 1953). — *Transactions, American Geophysical Union*, Vol. 34, p. 695 (Octobre 1953).

# GÉNÉRATEUR VHF

## 925

### DE SERVICE

- couvre tous les standards TV: 5 à 230 Mc/s
- permet les mesures de sensibilité: atténuateur à piston de précision de mode H 11
- extrême simplicité d'utilisation
- oscillateur VHF de conception professionnelle
- gammes usuelles TV (20 - 40, 100 - 230 Mc/s) de développement maximum
- faible encombrement.

#### CARACTÉRISTIQUES

Fréquence : 5 à 230 Mc/s en 6 gammes  
 précision = 1 %  
 Tension de sortie : 10  $\mu$ V à 100 mV sur une charge de 75  $\Omega$   
 Modulation : 0 et 30 % - 800 c/s  
 Alimentation : 110 - 130 - 160 - 220 - 250.

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE MÉTROLOGIE

# METRIX

Agence Publicité-Corner



#### ACCESSOIRES

- Atténuateur 20 dB - 75  $\Omega$
- Modulateur à cristal à large bande de modulation.

ANNECY - FRANCE

# OSCILLOSCOPE 222

UNE *révolution*  
DANS LA  
PRÉSENTATION

#### L'OSCILLOSCOPE LE PLUS PRATIQUE DU MONDE AUX PERFORMANCES POUSSÉES

- tube orientable à volonté
- grande finesse de spot
- excellente stabilité d'image
- bande passante constante indépendante des réglages de niveaux
- bonne transmission des fronts raides
- signaux carrés à 50 c/s transmis sans déformation notable
- expansion du balayage horizontal

#### CARACTÉRISTIQUES

Diamètre utile du tube 80 mm

- Ampli vertical: sensibilité = 10 mV eff / cm  
impédance d'entrée = 1 M
- Ampli horizontal: sensibilité = 100 mV eff / cm  
bande passante = 300 Kc/s à 3 dB  
impédance d'entrée = 50 K $\Omega$ .
- Base de temps: linéaire de 10 c/s à 40 Kc/s.

C<sup>ie</sup> GÉNÉRALE

DE MÉTROLOGIE

ANNECY - FRANCE

# METRIX

Agence Publicité-Corner

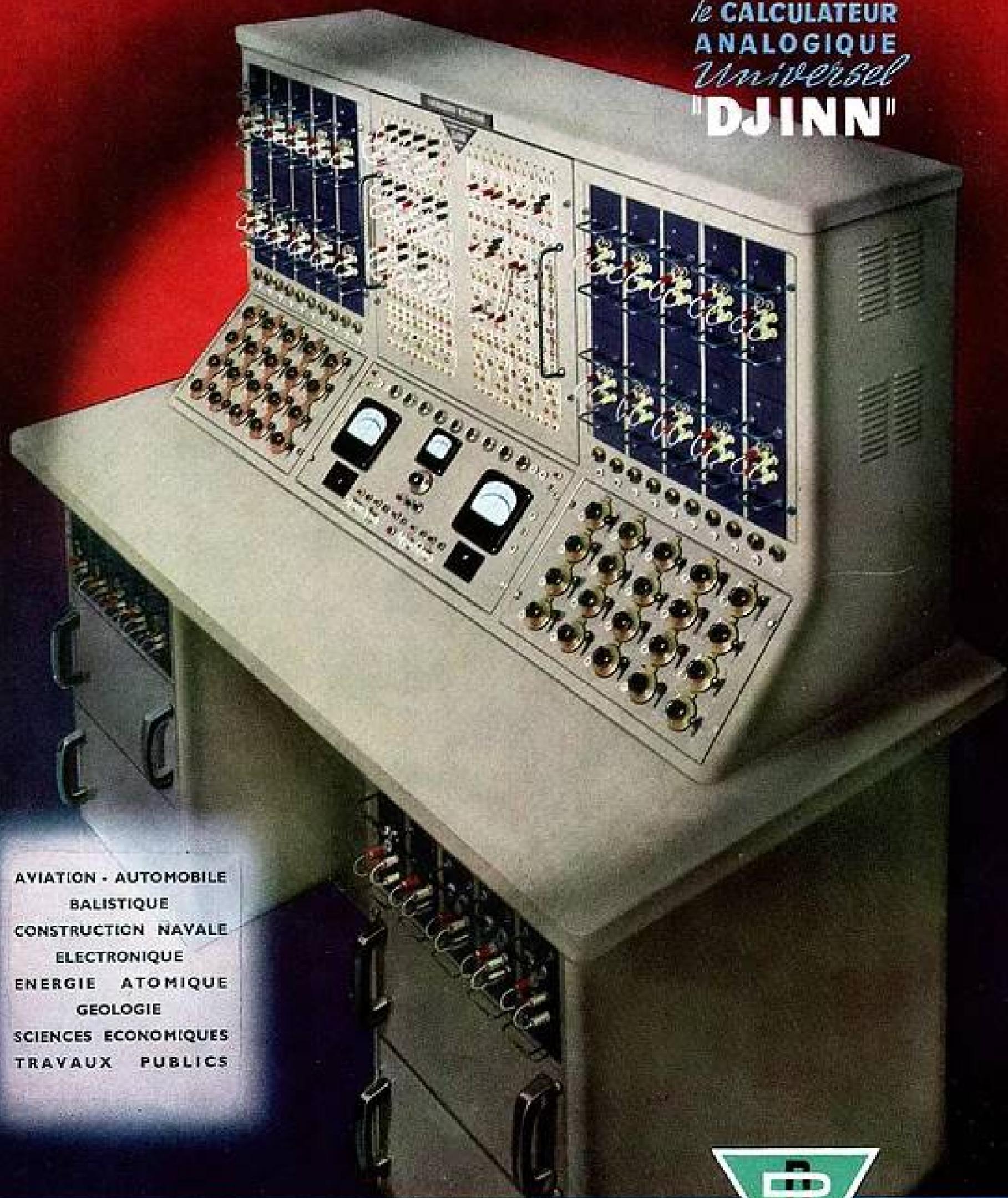


ROTATION HORIZONTALE  
ET VERTICALE PAR ROTULE

AGENTS : PARIS, 16, Rue Fontaine (9<sup>e</sup>) Tél 01-34 • CAEN, A. Giau, 66, Rue Broquet • LILLE, B, Rue du Barbier-Mars, Tel 487-88 • LYON, B, Cours Lafayette, Tel. Hancey 57-43 • MARSEILLE, 3, Rue New (6<sup>e</sup>) Tel. Gerbault 30-54 • MONTPELLIER, M. Alaux, 32, Cité Industrielle • NANTES, Porte, 10, Allée Duquesne • NICE, Frégère, 6, Rue du Lycée • STRASBOURG, 15, Place des Halles Tel 33-48-37 • TOULOUSE, 10, Rue Alexandre Cabanis, Tél CA 38-84 • ALGER, M. Rouss, 13, Rue de Rovigo • TUNIS, Timah, 11, Rue Al-Djaria • ARGENTINE - MERTLAND Srl, BUENOS-AIRES • ANGLETERRE - Salomon, THAMES DITTON • BELGIQUE - Drey, BRUXELLES BRSS • Sava, SÃO PAULO • CANADA - G. P. L. Ltd, MONTRÉAL • ÉGYPTE - I. D. Para, 18 CAIR • ESPAGNE - Geico Electron, BARCELONE • FINLANDE - O. Y. Nyberg, HELSINKI • GRÈCE - K. Karayonalis & Co, ATHÈNES • ITALIE - U. de Lorenzo, MILAN • LIBAN - Anis E. Khand, BEYROUTH • MEXIQUE - Y. A. Leber, MÉXICO • NORVÈGE - T. Ullmann, OSLO • NOUVELLE-ZÉLANDE - Fred. Rethford & Son, LOWER HUTT • PORTUGAL - Realda Edo, LISBOANE • SUÈDE - A. B. Petrusson, STOCKHOLM • SUISSE - Ed. Brevet, ZÜRICH • TURQUIE - Rodya Servis, ISTANBUL • SYRIE - Evifone & Co, DAMAS • U.S.A. - M. E. Gerry & Co, Inc., PHILADELPHIE

A TOUS LES BUREAUX D'ÉTUDES

*Tous les calculs,*  
UNE SEULE MACHINE  
*le* CALCULATEUR  
ANALOGIQUE  
*Universel*  
"DJINN"



AVIATION - AUTOMOBILE  
BALISTIQUE  
CONSTRUCTION NAVALE  
ELECTRONIQUE  
ENERGIE ATOMIQUE  
GEOLOGIE  
SCIENCES ECONOMIQUES  
TRAVAUX PUBLICS

LABORATOIRES R. DERVEAUX



6, RUE JULES SIMON — BOULOGNE-SUR-SEINE — TÉLÉPHONE : MOLITOR 37-00