

L'ONDE ELECTRIQUE

RADIOÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS
SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

(Télégraphie, Téléphonie, Télévision, etc...)

Dans ce numéro :

LA RADIOGONIOMÉTRIE APPLIQUÉE AUX
LIGNES AÉRIENNES, par SERRE.

ÉTUDE D'UN MICROPHONE POUR LA RADIO-
DIFFUSION, par A.-H. REEVES.

NOTE SUR UN NOUVEAU MONTAGE CHAN-
GEUR DE FRÉQUENCE PAR LAMPE BI-
GRILLE POUR ONDES DE 10 A 100 MÈTRES,
par G.-H.-J. HORAN.

ANALYSES.

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F., etc.

PUBLIÉ MENSUELLEMENT PAR LA SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

E. CHIRON, Editeur, 40, rue de Seine - PARIS (VI^e)

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Revue mensuelle publiée par les Amis de la T. S. F.

ABONNEMENT D'UN AN		Etienne CHIRON	PRIX
France.....	60 fr.	MOITREUR	DU NUMÉRO : 6 fr.
Etranger	tarif faible	40, rue de Seine - PARIS	Tél. : LITRÉ 47-49
	tarif fort		
	80 fr.	CHÈQUES POSTAUX : PARIS 55-55	

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T.S.F.

Adresser la correspondance administrative et technique au

Secrétariat de la S. A. T. S. F.

Bureau 216

26, rue de la Pépinière - PARIS (8^e)

Les correspondants sont priés de rappeler chaque fois le numéro d'inscription porté sur leur carte.

CHANGEMENTS D'ADRESSE : Joindre 1 franc par revue à toute demande.

Paiement des cotisations à

M. COLMANT, trésorier

4, rue Alfred, Clamart (Seine)

Compte de chèques postaux n° 697-38

EXTRAIT DES STATUTS

ARTICLE PREMIER. — La Société des Amis de la T. S. F. a pour but :

1° De contribuer à l'avancement de la radiotélégraphie théorique et appliquée, ainsi qu'à celui des sciences et industries qui s'y rattachent ;
2° D'établir et d'entretenir entre ses membres des relations suivies et des liens de solidarité

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

Elle s'interdit toute ingérence dans les entreprises industrielles ou commerciales quelconques, autres que celles qui concernent son administration propre.

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

Pour devenir membre titulaire de la Société, il faut :

1° Adresser au président une demande écrite appuyée par un membre de la Société ;

2° Être agréé par le Bureau de la Société.

Tout membre titulaire qui aura pris l'engagement de verser pendant cinq années consécutives une subvention annuelle d'au moins 1000 francs, pour favoriser les études et publications scientifiques ou techniques entreprises par la Société, recevra le titre de membre bienfaiteur.

Ceux qui, parmi les membres titulaires, auront fait don à la Société, en dehors de leur cotisation, d'une somme de 300 francs au moins, seront inscrits en qualité de donateurs.

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

Cette publication leur est adressée gratuitement. Toutefois les membres résidant à l'étranger doivent verser, en sus de leur cotisation annuelle, une somme destinée à couvrir le supplément des frais postaux, somme qui sera déterminée par le Bureau.

MONTANTS DES COTISATIONS

Les cotisations annuelles sont ainsi fixées :

Particuliers	50 fr.
Sociétés ou collectivités	200 fr.

Les cotisations peuvent être rachetées moyennant le paiement immédiat de quinze annuités.

La cotisation des membres titulaires âgés de moins de 21 ans, en cours d'études ou de préparation professionnelle, peut, sur leur demande être ramenée à 30 francs

Les membres résidant à l'étranger doivent verser en plus, pour couvrir le supplément de frais postaux, la somme de 15 fr.

Cette somme sera diminuée de moitié si le pays de leur résidence a adhéré à la Convention de Stockholm (se renseigner à la Poste).

L'envoi de la carte de membre tient lieu de reçu de la somme envoyée. En cas de non admission d'un candidat, la somme versée lui est retournée.

LA RADIOGONIOMÉTRIE APPLIQUÉE AUX LIGNES AÉRIENNES ⁽¹⁾

par **SERRE**

de la Compagnie Générale Aéropostale.

SOMMAIRE — Principes de l'organisation d'un réseau radioélectrique destiné à desservir une ligne aérienne. — Le réseau "Aéropostale" — La radiogoniométrie appliquée aux lignes aériennes. — Difficultés rencontrées dans des régions diverses. — Les effets de nuit et les effets-avions. — Principes des divers dispositifs imaginés pour supprimer ou atténuer ces perturbations. — Etude détaillée du type « Aéropostale ». — Résultats obtenus.

Le but de la présente communication est, avant tout, d'exposer quelques idées dont j'ai eu l'occasion d'expérimenter certaines applications à l'Aéropostale, au sujet de la protection des radiogoniomètres contre les perturbations nocturnes.

Si la collaboration que je peux apporter à la solution de cette question est bien modeste, je serais néanmoins heureux si la présente communication pouvait avoir pour effet de montrer le grand intérêt qu'elle présente et si je pouvais ainsi amener nos spécialistes à l'étude d'une question primordiale pour l'avenir de l'Aéronautique.

C'est pourquoi je crois bon d'envisager d'abord la question d'une manière plus générale et de vous dire rapidement ce qu'est la T.S.F. pour l'Aviation marchande; je ne vous décrirai certes pas les appareils; les communications de M. Marty, de M. Herman, si claires, vous ont suffisamment documentés sur les merveilleuses réalisations faites à ce sujet par l'Industrie Française. Mais, utilisateur, je veux vous dire quels services nous rendent ces appareils et comment nous les mettons en service.

Mission du réseau T.S.F. d'une ligne.

Une grande ligne est une vaste organisation d'un ordre un peu spécial, dont les différents bureaux sont répartis sur des milliers de kilomètres.

Les lignes privées, les téléphones intérieurs qui réunissent les bureaux d'une grande affaire doivent être ici remplacés par un

(1) Communication faite à la S.A.T.S.F., le 10 mai 1931.

réseau T.S.F. Et c'est là un des premiers buts du réseau T.S.F. d'une ligne aérienne : assurer les liaisons *de commandement et de renseignements* de cette ligne, depuis le siège social jusqu'aux plus petites escales. Et ce réseau de commandement doit être particulier à la ligne considérée, doit être sinon sa propriété, du moins exclusivement à sa disposition : lorsqu'un même organisme, Etat ou Compagnie privée, s'occupe des réseaux T.S.F. de plusieurs lignes, il doit scinder ses services en autant de réseaux qu'il dessert de lignes ; et surtout, il est indispensable que sur une même ligne, le réseau soit bien centralisé, ne soit pas découpé en tronçons dépendant d'organisations diverses, ayant chacun des missions et des méthodes différentes.

On ne saurait concevoir une Compagnie de Chemins de fer dont le réseau téléphonique ne serait pas à son entière disposition (que ce réseau soit d'ailleurs la propriété de la Compagnie ou qu'il soit la propriété d'un autre organisme).

On ne peut concevoir un Chef d'Industrie obligé d'attendre la bonne volonté d'un central téléphonique extérieur pour donner des ordres à un de ses ateliers. *A fortiori*, étant donnée la nécessité de liaisons plus rapides encore et l'éloignement plus grand des différents organes qui la composent, il faut bien qu'on en arrive à admettre qu'une ligne aérienne ne peut fonctionner normalement sans son réseau T.S.F. propre.

Si ce point de vue est compris de presque toutes les Compagnies de navigation aérienne, comme j'ai pu le constater à l'Association Internationale du Trafic Aérien et au Comité Central des Compagnies Françaises de Navigation Aérienne, il n'est pas toujours compris des pouvoirs publics des différents Etats et c'est particulièrement grave quand il s'agit d'une ligne internationale appelée alors à être desservie par des réseaux divers trop souvent mal raccordés les uns aux autres.

A l'Aéropostale, cet inconvénient s'est rarement présenté, pour la raison très simple qu'il n'existait rien dans les pays traversés, pouvant être utilisé comme moyens de liaison (sauf de très rares exceptions), et qu'il a bien fallu, par suite, nous laisser le soin d'organiser notre réseau nous-mêmes. Il en résulte pour nous de gros avantages qui justifient largement les sacrifices financiers consentis.

Mais la question présente, d'une manière générale, un caractère suffisant de gravité, pour que j'y aie insisté devant vous.

A côté de ce rôle de réseau de *commandement et d'information*,

le réseau T.S.F. d'une ligne aérienne a une autre mission, plus importante encore, presque sacrée : le *réseau de sécurité* ; par cette voie se transmettent les renseignements météorologiques qui permettent au commandement de donner des ordres judicieux, et au pilote de l'avion d'adapter sa route aux circonstances atmosphériques, tant pour échapper aux dangers de la brume, que *pour choisir l'altitude de vol où le vent favorable aidera sa marche*. C'est ainsi que le pilote saura en particulier s'il peut s'aventurer au-dessus de la brume ou des nuages, sachant que l'escale qu'il peut atteindre est dégagée et qu'il pourra, une fois arrivé, revenir vers le sol sans danger.

Mais, et ceci nous amène à la troisième mission du réseau T.S.F. de la ligne aérienne, il faut que volant au-dessus des nuages ou parcourant de grandes étendues d'eau ou de grands espaces désertiques, ou volant de nuit sans visibilité, l'avion puisse trouver sa route ; il faut donc que l'organisation T.S.F. d'une ligne soit complétée par des installations de *radioguidage ou de radiogoniométrie* (étant bien entendu que ces installations doivent être, pour le vol de nuit surtout, connexes d'organisation de balisage optique, comme nous le verrons plus loin).

Connaissant les missions, voyons les moyens utilisés.

Choix des gammes d'ondes.

Un grand principe nous a guidés, pour arriver au minimum de dépenses d'installation, principe au reste admis depuis partout, bien qu'il ait été assez fortement combattu à son origine : utiliser des postes mixtes à ondes moyennes et à ondes courtes, tant à terre qu'en vol.

Les ondes courtes permettent à puissance réduite des communications à grande distance. Les liaisons en ondes courtes présentent en outre l'avantage d'être moins perturbées par les parasites atmosphériques particulièrement à redouter dans les régions équatoriales que nous traversons ? Elles ont le grave inconvénient de présenter des irrégularités de propagation, des zones de silence variées qui les rendent impropres à un trafic de sécurité, qui doit être lui-même d'un fonctionnement sûr. Elles sont en outre inutilisables, sauf à distances trop faibles, pour la radiogoniométrie. En doublant les postes à ondes courtes, réservées en principe au trafic de commandement et d'informations, par des postes de même puissance à ondes longues, on pourra assurer à distance plus courte, mais avec certitude, les services de sécurité et de radiogoniométrie.

Le réseau T.S.F. de l'Aéropostale : Le matériel.

Ce principe étant posé, le schéma de l'organisation du réseau aéropostale aurait été le suivant, si des considérations locales ne nous en avaient écartés :

Deux postes de 1 kw antenne ondes courtes et ondes longues, l'un à Buenos-Ayres, l'autre à Toulouse, qui sont les deux postes de commandement de l'exploitation de notre ligne.

A Paris (siège social), Casablanca, Dakar, Natal, Rio de Janeiro, Santiago, Asuncion (la station d'Asuncion, comme celles de toute la ligne Buenos-Ayres, Asuncion, est fermée, du fait de l'arrêt de la ligne desservie), Bahia Blanca, Commodore Rivadavia, postes de commandement secondaires, des postes de 500 w. antenne à ondes courtes et ondes longues.

Dans les escales intermédiaires, des postes de 150 w. ondes courtes, ondes longues.

Dans la réalité, ce choix a été quelque peu modifié.

Les postes de Buenos-Ayres et de Santiago ont été permutés, compte tenu des conditions particulièrement délicates de propagation à Santiago, en raison du voisinage de la Cordillère des Andes.

Ne disposant à Dakar que d'un terrain provisoire, les postes de Dakar et de Saint-Louis du Sénégal ont été intervertis.

Enfin, la puissance de 150 w. a été portée à 500 w. pour les escales d'Agadir et de Port Etienne, du fait des dangers particuliers présentés par la traversée de Rio de Oro, où nous n'avons obtenu l'autorisation de faire aucune installation, ce qui nous a amenés, malgré le concours dévoué que nous prêtent les postes espagnols de Juby et Cisneros, à renforcer la sécurité donnée par les postes de Port Etienne et Agadir.

Dans de nombreuses escales de la Côte Brésilienne, nous avons dû augmenter la puissance de la partie ondes longues de la station, en raison de la gêne apportée par les parasites atmosphériques ; dans la plupart de ces stations, si la partie ondes courtes est bien restée à 150 w, la partie ondes longues a été portée à 500 w.

Enfin, les conditions particulièrement délicates de la traversée de l'Atlantique nous ont amenés à disposer à Noronha et à Porto-Praia, étant donnée la longueur de la distance qui sépare ces deux postes, d'un poste de 1 kw. ondes longues et 500 w. ondes courtes.

D'autre part, La Paz (le poste de La Paz a été supprimé avant

même mise en service définitive du fait de la suspension de la ligne Arica-La Paz) et Rio Gallegos, têtes de ligne, auraient dû, d'après les principes énoncés plus haut, être aussi équipés avec des postes de 500 w. Etant donnée l'importance réduite du trafic de ces escales, on s'est contenté de postes de 150 w.

En ce qui concerne les navires de la Compagnie, ceux de la Méditerranée jouant le rôle de dépanneurs sur un parcours relativement court, sont équipés avec des postes de 100 w. ondes longues, ondes courtes.

Nos navires de l'Atlantique sont au contraire équipés avec des postes de 500 w. ondes courtes, ondes longues. Un seul, destiné à jouer le rôle de poste semi-fixe au Rocher de Saint-Paul, est équipé avec un poste de 1 kw ondes courtes, ondes longues.

En ce qui concerne les avions, ils sont équipés avec des postes de 100 w. antenne ondes courtes, ondes longues, de marques françaises diverses nous donnant toute satisfaction.

Seuls, les hydravions prévus pour la traversée transatlantique sont équipés avec des postes plus puissants de 150 w., ondes courtes, ondes longues.

Chaque station est complétée par un radiogoniomètre où la veille avion est facilitée par l'emploi, comme récepteur, d'un superhétérodyne 15 m. / 3.000 m. pouvant recevoir, soit sur le cadre ondes longues, soit sur une petite antenne basse ondes courtes, ce qui permet à l'opérateur qui veille l'aéronef, d'assurer à la fois son service radiogoniométrique et son service de veille, quelle que soit l'onde d'émission de l'avion.

Les radiogoniomètres et les stations proprement dites sont reliées par les commandes à distance,

Les gammes de travail possibles sont de 15 à 100 m. pour les ondes courtes, de 450 à 1.500 m pour les ondes longues.

Dans la pratique, il nous a été réservé trois ondes courtes : 26 m., 7, 37 m., 57 m.

On utilise comme ondes longues pour le réseau terrestre : 1.380 m.

En ce qui concerne le trafic radio-aérien, nous utilisons des ondes prévues par la navigation aérienne, soit 900 m. en ondes longues et 27 m., 45 m. 5 et 55 m. en ondes courtes.

Le Réseau T.S.F. de l'Aéropostale : Les consignes de travail en réseau.

En ce qui concerne les consignes de travail en réseau ; une difficulté est née de la forme même de ce réseau, tout en longueur. Les

principes régissant habituellement le travail en réseau ne sont pas ici applicables.

Habituellement, 5 postes au maximum travaillent en réseau sur une longueur d'onde commune. Le poste central de ce réseau partiel forme avec les postes centraux des autres réseaux partiels, un nouveau réseau et ainsi de suite.

Il est très difficile d'appliquer la même règle. D'autre part, il est difficile de faire du réseau à plus de deux postes, du fait de l'emploi d'ondes courtes non stabilisées (nous n'avons en effet pas employé de stabilisateurs de fréquence par raison d'économie ; il est donc bien difficile d'obtenir que trois postes donnés soient toujours rigoureusement sur la même λ ce qui est indispensable si l'on veut qu'ils soient en réseau commun). En conséquence, nous avons procédé, comme suit :

Des horaires de travail prévoient à chaque heure + 10 et à chaque heure + 40 des communications d'une durée maxima de 10 minutes entre les différents postes deux à deux, sur une longueur d'onde fixée par le même tableau de travail.

En principe, les stations intermédiaires ne communiquent qu'avec leurs voisines ou les postes de commandement les plus proches qui font relais. Les stations d'au moins 500 w. sont appelées à communiquer entre elles.

Les dix premières minutes de chaque demi-heure sont plus spécialement réservées à la diffusion des nouvelles et des ordres concernant le courrier en vol entre Toulouse et Casablanca. Les dix dernières minutes de chaque demi-heure sont plus spécialement réservées à la diffusion des renseignements et des ordres concernant les autres courriers en vol.

Le mécanisme, en ce qui concerne le réseau radio-aérien est le suivant :

Les deux stations qui encadrent un ou plusieurs avions, cessent tout autre service et forment un réseau indépendant avec le ou les avions eux-mêmes.

Les deux stations qui encadrent les deux précédentes sont chargées de la diffusion des nouvelles aux heures prévues plus haut, l'une vers le Nord, l'autre vers le Sud, en ondes longues aux escales voisines, en ondes courtes aux escales plus éloignées.

Le reste du temps, elles entrent dans le réseau radio-aérien, assurant ainsi le raccordement entre le réseau général et le réseau aérien.

En particulier en ce qui concerne le réseau radio-aérien, deux relevements radiogoniométriques sont prévus chaque heure, pour chaque

avion. Deux bulletins météorologiques doivent être passés chaque heure à l'avion par l'escale vers laquelle il se dirige, l'escale d'où il vient se contentant de préparer son bulletin et le transmettant seulement sur demande de l'avion pour le guider dans la décision de faire demi-tour le cas échéant.

*Les difficultés rencontrées : Choix des Ondes à employer
suivant l'heure et la saison.*

La mise en œuvre de tout ce réseau, qui a compris jusqu'à 70 stations de terre ou de navires et plus de 80 avions équipés, n'a pas été sans présenter des difficultés.

Si le matériel, de marques diverses, entièrement françaises ou même, dans quelques cas particuliers, construit par nos soins, ne nous a donné aucun ennui sérieux, des difficultés d'un autre ordre se sont présentées, qui ont rendu particulièrement délicate la mise en route de ce réseau.

En ce qui concerne la propagation des ondes courtes pour les communications à très grande distance, entre ancien continent et nouveau continent, nous avons pu parvenir assez rapidement à un choix de longueurs d'ondes suivant l'heure du jour, qui a donné satisfaction.

D'une manière générale au milieu de la nuit, ce milieu étant considéré pour le point situé au milieu du réseau, nous travaillons sur 57 m. Vers 8 h. gmt. il y a intérêt à descendre à 37 m. ; vers 9 h. gmt à 26 m. 7 ; vers 21 h. gmt., on repart sur 37 m., pour revenir à 57 m. vers minuit.

Toutefois, lorsque nous avons voulu réaliser des communications de jour directes entre des escales extrêmes de l'ancien et du nouveau continent, il nous est apparu indispensable de descendre au-dessous de 26 m. 7 et nous avons utilisé des longueurs de la navigation aérienne, à savoir 17 m. 9 et même, nous avons fait des essais très intéressants et très satisfaisants sur 15 m.

Ces liaisons sont d'ailleurs peu intéressantes, car les réseaux partiels, sont suffisamment embouteillés au milieu de la journée pour qu'on ne puisse guère songer à les encombrer par des liaisons directes à une si grande distance.

En principe, de jour, les liaisons entre les deux continents sont relayées par Porto-Praia ou Saint-Louis, qui écoulent le trafic à l'occasion de leurs reprises propres.

Pour ces liaisons intercontinentales, aucune variation saisonnière, ce qui du reste est à prévoir du fait même que lorsque

c'est l'été sur l'ancien continent, c'est l'hiver sur le nouveau, et inversement.

A plus courte distance, entre Paris et Saint-Louis du Sénégal par exemple, les lois qui ont procédé au changement des longueurs d'ondes suivant l'heure du jour, ont été sensiblement les mêmes avec augmentation de la durée d'emploi du 57 m. diminution de la durée d'emploi du 26 m. 7 ; mais ici les variations saisonnières ont leur importance, et il faut veiller constamment sur le réseau pour pouvoir augmenter la durée de l'emploi du 57 m. et diminuer l'emploi du 26 m. 7 au fur et à mesure que l'on s'avance vers l'hiver. A aucun moment, il ne s'est révélé nécessaire de descendre au-dessous de 26 m. 7 pour ces communications.

Pour des liaisons à très courte distance, (j'entends par liaisons à très courte distance des liaisons à des distances inférieures à 1000 kilomètres), de Toulouse à Barcelone par exemple, lorsque des circonstances spéciales, ou la nécessité d'éviter l'embouteillage sur 1380 m. nous ont conduits à assurer ces liaisons en ondes courtes, des difficultés très grandes ont été rencontrées.

L'irrégularité est beaucoup plus considérable, et tout particulièrement au voisinage du lever du jour ; surtout peu après le lever du jour, il est fréquemment impossible de travailler sur aucune des longueurs d'ondes courtes qui nous étaient réservées initialement.

Les liaisons Toulouse-Marseille et Toulouse Barcelone se sont révélées particulièrement délicates à ce point de vue. Nous avons été amenés à monter progressivement dans ce cas à 72 m., 90 m., et même 100 m.

Quoi qu'il en soit, à l'heure actuelle, et sous réserve de régularisation d'autorisation d'emploi de deux au moins de ces trois dernières longueurs d'ondes, on peut considérer le problème comme entièrement résolu.

Vous voyez que les résultats concordent avec tous ceux obtenus par d'autres, à savoir : les variations diurnes tendent à faire augmenter la longueur d'onde au fur et à mesure que l'on s'avance dans la nuit ; à la même heure, il vaut mieux employer une longueur d'onde plus grande en hiver qu'en été. A grande distance, il vaut mieux employer des longueurs d'ondes plus courtes qu'à courte distance.

Nous sommes arrivés à avoir un pourcentage de reprises réussies (n'oubliez pas qu'il y en a une trentaine toutes les demi-heures) de 95 0/0 environ.

Difficultés d'entretien du matériel en zone équatoriale.

Une autre difficulté que nous avons rencontrée dans les régions équatoriales, consiste dans l'humidité atmosphérique qui nécessite un entretien très sérieux de tout le matériel et des précautions toutes spéciales en ce qui concerne les induits haute tension.

D'ailleurs, d'une manière générale, nous préférons employer des alimentations par alternatif basse tension alimentant un transformateur et un redresseur dans ces régions, la solution plus simple de la dynamo haute tension étant réservée pour les régions tempérées.

(A noter à ce propos que nos diverses stations sont alimentées par le secteur ou un groupe électrogène de secours lorsque c'est possible, par un groupe électrogène et une batterie d'accus lorsqu'il n'y a aucune distribution d'énergie électrique dans la ville).

Difficultés dues aux parasites atmosphériques.

Dans ces régions équatoriales, une autre difficulté a été la violence et la quasi permanence des parasites atmosphériques.

La réception sur superhétérodyne et *sur cadre* nous a donné de très bons résultats, mais il est surtout nécessaire d'avoir des opérateurs très entraînés, et de recevoir sur *haut parleur*, la fatigue produite par ces parasites à la réception casque étant absolument insupportable dans ces climats.

Au contraire, avec un haut parleur, un bon opérateur arrive à saisir parfaitement au milieu des bruits de fond plus graves, l'émission qu'il a à recevoir, et ceci sans fatigue exagérée.

Radiogoniomètres ou Radiophares ? Goniométrie à terre ou à bord ?

Nous allons maintenant aborder le problème de la radiogoniométrie, et nous indiquerons les difficultés toutes particulières que nous avons rencontrées.

Tout d'abord, pourquoi avons-nous choisi la radiogoniométrie plutôt que le radio-guidage ? Tout simplement pour une question de prix et de simplicité d'organisation.

Étant donnée la longueur de notre ligne, étant donné le nombre d'escales, étant donné la distance entre deux escales, nous ne pouvions songer à employer des radio-phares, qui auraient nécessité une puissance très élevée, et par conséquent, des dépenses prohibitives.

Certes, il a été dit souvent que l'on pourrait tourner la difficulté en employant des radio-phares ondes courtes, mais précisément les

ondes courtes ne se propagent pas en ligne droite et par conséquent elles ne sauraient être utilisées qu'à très courte distance. Or, nous devons travailler à des distances de l'ordre de 5 à 600 kilomètres, étant donnée la distance entre escales.

Nous nous sommes donc orientés vers l'emploi de la radiogoniométrie comme moyen de navigation pour les avions; mais il est bien évident que, si nos finances le permettent un jour, nous entendons bien envisager l'emploi de radio-phares de puissance limitée ou de câbles Loth dans quelques cas particuliers, par exemple pour faciliter l'accès à un terrain dont on se sera approché par radiogoniométrie.

Pour choisir entre la radiogoniométrie à terre et la radiogoniométrie à bord des avions, des questions de poids et d'emplacement disponibles à bord des avions, nous ont fait rejeter *a priori* la solution goniométrie à bord et nous orienter vers la goniométrie à terre faite du sol sur les émissions des navires.

En ce qui concerne les hydravions, et tout particulièrement les hydravions prévus pour les longues traversées de l'Atlantique, nous pensons d'ailleurs doubler le service de radiogoniométrie terrestre en confirmant les renseignements obtenus à l'aide d'un radiogoniomètre de bord.

Nous avons fait diverses expérimentations dans ce sens qui nous ont donné de bons résultats, soit avec des cadres escamotables, soit avec des cadres présentant peu de résistance à l'avancement, et nous tenons à dire à ce propos qu'on a beaucoup exagéré les difficultés de la réception à bord, et particulièrement de la réception goniométrique ou de la réception des ondes courtes.

J'ai pu constater moi-même que sur un hydravion bimoteur, on goniométrait parfaitement Marseille depuis les Baléares et, en ce qui concerne les ondes courtes, nous avons fait du bilatéral entre Saint Louis du Sénégal et un hydravion survolant Marseille.

La seule vraie difficulté rencontrée à ce sujet a été la nécessité de supprimer les vibrations mécaniques, et tout spécialement, croyons-nous, les vibrations électroniques à l'intérieur des lampes qui gênent la réception. Les parasites de magnéto peuvent, au contraire, être très facilement supprimés avec un peu de bonne volonté de la part des constructeurs de moteurs.

Nous avons donc choisi, d'une manière générale, comme procédé de navigation par radio pour les avions, la radiogoniométrie et en général la radiogoniométrie effectuée du sol. Nous avons employé d'une manière assez générale des cadres de 1 m. 50,

environ, de côté et des récepteurs superbétérodynes sans amplification H. F. L'organisation radiogoniométrique est complétée, pour le vol de nuit, par un balisage optique constitué par des phares à éclats disposés de telle sorte qu'ils permettent toujours de rattraper les erreurs de radiogoniométrie, et en particulier, d'arriver exactement à un terrain dont on s'est approché. Cette organisation est d'ailleurs en cours et encore inachevée.

Résultats donnés par la radiogoniométrie de jour.

De jour, aucune difficulté ne s'est rencontrée en radiogoniométrie

Dès le début, après avoir établi soigneusement les courbes d'erreurs, nous sommes arrivés à une précision à peu près absolue. Les erreurs que l'on signalait parfois sur la côte d'Afrique n'en étaient pas en réalité; nous avons pu constater que ces erreurs apparentes étaient simplement dues à des erreurs de tracé des cartes marines de la côte ouest-africaine et tout particulièrement de la côte saharienne très mal connue.

Nous avons en cours à l'heure actuelle le travail suivant : refaire le tracé de cette côte en quelque sorte électriquement, en faisant des relèvements fixant la position d'un avion, l'opérateur de bord indiquant chaque fois quelle est l'erreur de la carte par rapport à la position qui lui est donnée.

Toutefois, une des difficultés de la navigation radiogoniométrique sur notre ligne est l'absence à peu près totale de radiogoniomètres de flanquement. Nous n'en avons guère que pour la ligne Marseille-Alger, ce rôle étant joué par nos escales d'Espagne ou par le radiogoniomètre du S.N.Aé à Perpignan.

Sur la partie sud de la ligne Casa-Dakar, le flanquement est assuré par le poste de Porto-Praia à une distance presque prohibitive. Enfin, sur la ligne de Buenos-Ayres-Santiago, nous disposons d'un poste de flanquement à San Juan.

Si les postes de flanquement n'ont pas été multipliés davantage, c'est d'abord pour des raisons de crédits dont nous ne disposons pas, et, ensuite, parce que, en de très nombreux points, il est rigoureusement impossible de trouver des emplacements, par exemple au Rio de Oro, où l'on ne peut placer un radiogoniomètre de flanquement, ni en mer, ni dans le désert.

Tels que, les radiogoniomètres en alignement nous suffisent pour maintenir l'avion sur sa route. A l'arrivée à l'escale où il doit atterrir, s'il passe au-dessus, il la voit, ou on le voit et l'entend, et

s'il passe à droite ou à gauche, on le lui dit et il fait un changement de cap de 90° dès qu'on lui signale qu'il est par le travers.

Les résultats obtenus par radiogoniométrie de nuit.

De nuit, le problème a été plus complexe. Certes, dès le début, même de nuit, la radiogoniométrie nous a rendu des services signalés. A titre d'exemple, notons le voyage du comte de la Vaux, à l'issue duquel, arrivé en Amérique du Nord, il a trouvé une mort glorieuse; lorsqu'il longea la côte saharienne sur un de nos avions, par suite d'une erreur due à un fort vent de travers, le pilote s'enfonça assez loin à l'intérieur. Il fut ramené au voisinage de Port-Etienne par le radiogoniomètre de Port-Etienne, aidé au dernier moment par celui de Saint-Louis. Son point exact lui fut donné par le recoupement entre ces deux radiogoniomètres, notamment lorsqu'il se trouva plein est par rapport à Port-Etienne; il put, à partir de ce moment, se diriger droit sur Port-Etienne où il arriva presque à court d'essence, mais très exactement, et sain et sauf.

Nous pourrions citer de nombreux autres exemples et, tout particulièrement, les résultats obtenus sur le trajet Port Etienne, Saint-Louis ou même sans brume, par nuit noire, la navigation à vue est très difficile, du fait qu'il n'existe aucun repère, car la côte est très plate; on ne peut voir aucun brisant et le désert de sable se confond avec la mer. Or, les horaires du courrier sont faits de telle sorte que ce trajet est presque continuellement effectué de nuit. Avant l'existence de nos radiogoniomètres, on considérait ce trajet comme impossible par nuit sans lune. A l'heure actuelle, jamais l'avion ne s'arrête de nuit à Port-Etienne ou à Saint-Louis, car il y a rarement de la brume et seule la nuit noire était l'obstacle qu'a vaincu la radiogoniométrie.

Mais tout cela n'a pas été sans des déboires. Très souvent, de nuit, on constatait la disparition totale des extinctions ou des erreurs de relèvements atteignant plusieurs dizaines de degrés. Cela nécessita un entretien plus soigné du matériel. En effet, ces perturbations nocturnes se faisaient plus particulièrement sentir lorsque le primaire était rendu plus amorti du fait de mauvais contacts aux balais du cadre par exemple.

D'autre part, et surtout, beaucoup d'ennuis pour des relèvements de nuit provenaient non pas des effets de nuit, dont nous parlerons tout à l'heure, mais des phénomènes strictement localisés dans les appareils, au moment des condensations nocturnes, si importantes en zone équatoriale: le dépôt d'humidité sur les isolants entre con-

nexions arrivait à shunter plus ou moins les cadres et, par suite, à les rendre inopérants.

Une grosse amélioration a été obtenue par des précautions spéciales pour maintenir strictement l'isolement entre bornes et même pour assécher l'atmosphère au voisinage immédiat du radiogoniomètre par dépôt dans la baraque de chlorure de chaux par exemple.

*Variation des effets de nuit suivant les régions
et suivant les directions de relèvement.*

Mais, même après ces précautions, il subsista des effets de nuit. Ces effets ne se produisirent pas partout. Lorsqu'on relève un aviso ou lorsqu'on relève un hydravion en mer en pleine nuit, depuis Saint-Louis ou Dakar ou Porto-Praia, aucun ennui ne s'est révélé. A peine a-t-on trouvé à certains moments des minima un peu plus flous, une précision un peu moins grande du relèvement, sans que jamais, les erreurs entraînées puissent être considérées comme dangereuses.

Sur la ligne côtière de Dakar à Casablanca, les radiogoniomètres de Dakar et Saint-Louis présentent très rarement des anomalies. S'il s'en produit, elles durent au maximum une heure, et tout revient dans l'ordre ensuite.

A Port-Etienne, la portée de nuit du radiogoniomètre est fortement diminuée ; de jour, il relève couramment des avions jusqu'à 1 500 km et, en tous cas, jusqu'à 600 km. d'une manière certaine. De nuit, la portée ne dépasse guère 300 km et surtout, pendant quelquefois trois heures ou plus, tout relèvement devient impossible ou erroné.

A Agadir, la portée est encore plus réduite de nuit et n'excède jamais 100 km, et il arrive que pendant des nuits entières et jusqu'à une heure ou deux après le lever du soleil, tout relèvement soit impossible, même à courte distance.

A Casablanca, Tanger et plus au Nord, on peut considérer que la radiogoniométrie de nuit est rigoureusement impossible. Et cependant, en tous ces points, les relèvements effectués dans la direction de la mer, ou de la terre, perpendiculairement à la côte, restent presque toujours possibles, et sont à peine perturbés par des effets de nuit.

A Alger, nous n'avons pas eu lieu d'expérimenter la radiogoniométrie de nuit, mais nos hydravions partant au lever du jour, nous constatons que pendant une heure au moins, il est impossible de leur donner aucun relèvement.

Importance du problème de la radiogoniométrie de nuit.

Le problème est donc devenu inquiétant. En effet, nous nous trouvons dans l'alternative de ne jamais employer la radiogoniométrie et nous priver par suite des services que dès maintenant elle nous rendait, ou risquer que des pilotes, trop bien aidés par la radiogoniométrie à l'aide d'un concours de circonstances favorables, aient tendance à continuer à s'y fier, même lorsque les relèvements devenaient douteux.

C'est pourquoi le problème des effets de nuit en radiogoniométrie nous a passionnés très rapidement.

Origine des erreurs de relèvements de nuit.

Dans tout ce qui va suivre, nous considérerons uniquement les champs électriques et ne nous occuperons pas des champs magnétiques. Les résultats sont d'ailleurs évidemment les mêmes, quelle que soit la façon d'envisager le problème.

Les erreurs de relèvements radiogoniométriques peuvent provenir de deux causes :

1° Elles peuvent provenir de l'existence de composantes horizontales du champ électrique au voisinage du radiogoniomètre, si ce champ, au lieu d'arriver parallèlement au sol, arrive en faisant un certain angle non nul avec le plan horizontal.

Dans ces conditions, on sait que les relèvements seront erronés. En effet, pour nous placer dans le cas limite, considérons un champ horizontal se propageant verticalement de bas en haut et arrivant à

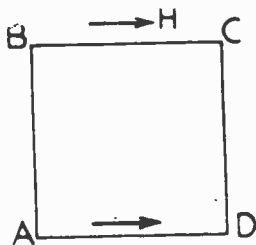


Fig. 1.

un radiogoniomètre. Ce champ ne produira aucun effet sur les bras verticaux du cadre, (que nous supposerons carré et disposé dans un plan vertical avec deux bras verticaux, les deux autres évidemment horizontaux).

Par contre, ce champ horizontal produira sur le cadre en ques-

tion des effets non nuls sur les bras horizontaux, et les deux forces électro-motrices induites montées en opposition, auront une résultante non nulle du fait de la différence de phase qui existe entre elles (le front d'onde atteignant le bras supérieur avant le bras inférieur). Mais si nous cherchons comment variera cette force électro-motrice, lorsqu'on fera tourner le cadre autour de son axe vertical, il est facile de voir que la force électro-motrice induite sera maxima lorsque le plan vertical du cadre comprendra la direction du champ et que cette force électro-motrice deviendra nulle lorsque le cadre sera en croix avec la direction du champ.

On voit que dans ces conditions, si en apparence le radiogoniomètre donnera des phénomènes ayant la même allure qu'en radiogoniométrie ordinaire, en réalité la seule chose qui nous sera révélée, c'est la direction du champ supposé polarisé, et pas autre chose.

D'ailleurs, si ce champ est un champ tournant, nous n'aurons rigoureusement aucune extinction.

Quoi qu'il en soit, si nous supposons maintenant un autre champ horizontal qui, au lieu d'arriver verticalement, arrive obliquement vers le radiogoniomètre, il continuera à n'avoir aucun effet sur les bras verticaux et aura sur les bras horizontaux un effet qui ne dépendra que de la direction dans laquelle le champ sera polarisé.

Dans ces conditions, on voit que les relèvements que l'on pourrait faire d'un émetteur émettant des champs horizontaux seront rigoureusement faux, sauf cas exceptionnel, du fait que le radiogoniomètre donne le plan vertical dans lequel le champ est polarisé et non du tout le plan vertical dans lequel se trouve la direction de propagation.

Au reste, nous rappelons que si le champ horizontal arrive horizontalement, il n'y aura alors aucune réception puisque, les deux bras horizontaux seront soumis à des forces électro-motrices en phase, tandis que les bras verticaux ne seront toujours soumis à aucune action, puisqu'ils seront toujours en croix avec la direction du champ.

En résumé, un champ horizontal n'est pas reçu ou est reçu s'il arrive obliquement sur le radiogoniomètre, mais dans ce cas, ce que permet de trouver le radiogoniomètre est uniquement le plan de polarisation du champ.

Pour que le champ horizontal arrive obliquement sur le radiogoniomètre, il faut, soit qu'il soit émis d'un point élevé, ce qui est le cas d'un avion, soit que ses rayons, bien qu'émanant d'un poste émetteur placé au ras du sol, soient, après réflexions ou réfractions

successives, renvoyés vers le sol dans la direction du radiogoniomètre.

Le premier cas constituera ce qu'on appelle l'effet avion, le deuxième sera un cas particulier de l'effet de nuit.

2° Une autre circonstance peut nous donner des relèvements totalement faux.

Éliminons pour l'instant l'effet des composantes horizontales que nous venons d'étudier, et supposons pour cela le champ polarisé verticalement et par conséquent sans aucune composante horizontale.

Si ce champ polarisé verticalement arrive à un radiogoniomètre en se propageant horizontalement, c'est-à-dire suivant la droite horizontale joignant le poste émetteur au radiogoniomètre, nous savons que ce champ ne produira aucun effet sur les bras horizontaux et produira au contraire des forces électro-motrices dans les bras verticaux. Ces forces électro-motrices étant opposées, il n'en résultera aucun courant dans le cadre si elles sont en phase, ce qui arrivera

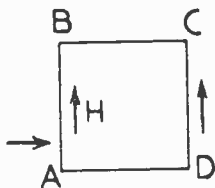


Fig. 2.

lorsque le plan du cadre sera perpendiculaire à la direction de propagation.

Elles produiront au contraire un effet maximum lorsque le plan du cadre sera orienté dans la direction de propagation, et c'est là le principe même de la radiogoniométrie ordinaire.

Supposons que ce champ vertical, au lieu d'arriver horizontalement, arrive en se propageant suivant une direction faisant un angle non nul avec le plan horizontal. Les phénomènes auront exactement la même allure, et pourvu que la droite de propagation soit contenue dans le plan horizontal passant à la fois par l'émetteur et le radiogoniomètre, les relèvements seront parfaitement exacts.

Le seul cas particulier où la radiogoniométrie deviendra impossible, est celui où l'émetteur se trouverait à la verticale du radiogoniomètre. Dans ces conditions, quelle que soit la position du cadre le deux forces électro-motrices dans les bras verticaux seraient

rigoureusement en phase, et étant montées en opposition, elles ne produiraient aucun effet.

Ce cas particulier étant excepté, les relèvements dans le cas du champ vertical ne peuvent donc être faussés que si la direction de propagation n'est pas contenue dans le plan vertical reliant le poste émetteur au radiogoniomètre.

Supposons par exemple, pour nous placer dans le cas limite, qu'un rayon électromagnétique émané d'un poste émetteur, aille frapper un mur vertical conducteur placé d'une manière quelconque, à droite ou à gauche de la direction du radiogoniomètre, et revienne après réflexion sur ce mur, tout en restant dans un plan horizontal, vers le radiogoniomètre.

Il est évident que l'on relèvera à l'aide du radiogoniomètre la direction dans laquelle arrive le champ électromagnétique, et il suffit de considérer la figure ci-dessous pour se rendre compte que

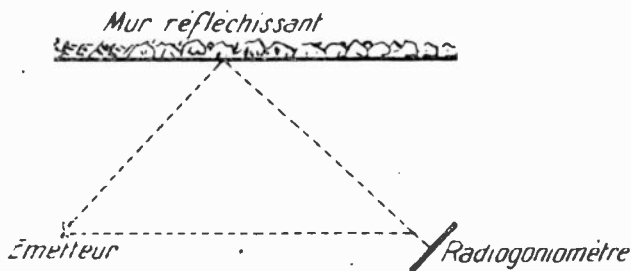


Fig. 3.

cette direction ne peut permettre de déterminer la direction de l'émetteur que si l'on connaît l'emplacement et l'orientation du mur par rapport au poste émetteur :

Des anomalies de relèvement correspondant à ce cas, ne se produiront jamais s'il y a propagation directe sans réflexion. Par exemple, si un avion émet un champ vertical, peu importe son altitude, le relèvement restera exact de tout radiogoniomètre non situé à la verticale immédiate de l'avion ; mais si, au contraire, il y a réflexion, deux cas peuvent se présenter : ou bien la surface de réflexion est parallèle à la surface terrestre, et alors la ligne brisée de propagation restant dans le plan vertical passant par l'émetteur et le radiogoniomètre, aucune erreur n'est à craindre. Il en sera de même aussi toutes les fois que la surface de réflexion sera perpendiculaire au plan vertical passant par l'émetteur et le radiogoniomètre.

Il n'en sera plus de même toutes les fois que cette condition ne

sera pas réalisée et alors les relèvements se trouveront faussés.

En résumé, nous pouvons avoir des erreurs de relèvements, soit lorsque nous avons des composantes horizontales qui arrivent au radiogoniomètre dans une direction oblique, que cette direction soit d'ailleurs celle de l'émetteur ou non et, dans ce cas, le relèvement n'a rien de commun avec la direction de propagation. Ou bien nous pouvons encore avoir une erreur due au fait que le champ polarisé verticalement arrive à l'émetteur après réflexion sur une surface telle que la ligne brisée de propagation ne soit pas contenue dans le plan vertical reliant le radiogoniomètre au poste émetteur.

Dans ce cas, ce que révèle le radiogoniomètre, c'est l'orientation du plan vertical qui passe par le dernier élément de droite, suivant lequel se propage le rayon électromagnétique immédiatement avant d'arriver au poste émetteur.

On ne pourrait retrouver la direction de l'émetteur, en partant de ce renseignement, que si l'on connaissait d'une manière précise la forme et la position des surfaces de réflexion.

Dans la pratique, laquelle de ces deux causes intervient le plus souvent ?

1° Il existe très certainement des composantes horizontales dans les champs produits par une antenne d'avion. Ces champs sont très certainement obliques.

Il y a donc une première cause d'erreur due à l'arrivée des composantes horizontales du champ dans une direction oblique par rapport au sol, du fait que l'avion a une certaine altitude. En réalité, ceci n'est pas beaucoup à craindre puisque, de jour, les relèvements sont pratiquement exacts, sauf si l'avion est au voisinage tout à fait immédiat du radiogoniomètre (il ne faut pas oublier que l'altitude de vol des avions commerciaux n'est jamais très considérable).

2° D'autre part, le champ oblique émané de l'antenne d'avion, aux heures de la journée où l'ionisation des hautes couches est suffisante pour amener la réflexion même des ondes moyennes peut arriver au radiogoniomètre après réflexions ou réfractions successives (1) et, dans ce cas, nous aurons simultanément les deux causes d'erreurs ; présence du champ horizontal arrivant oblique-

(1) Nous avons pu constater qu'en augmentant la longueur d'onde d'émission on diminue les effets de nuit. Les réflexions dans les hautes couches, permanentes avec les ondes courtes, seulement nocturnes avec les ondes moyennes deviennent de plus en plus rares quand on monte la longueur d'onde. Malheureusement on ne peut aller très loin dans cette voie à bord d'avions : la longueur d'antenne et les dimensions de la self d'antenne sont limitées.

ment en faisant un angle non négligeable avec le plan horizontal; mais aussi le fait que, la direction de propagation, en ce qui concerne les champs verticaux, n'est pas la direction du poste émetteur car, dans le cas général, la courbe ou la ligne brisée de propagation n'est pas contenue dans le plan vertical passant par l'émetteur.

En conséquence, nous devons essayer d'une part de supprimer l'action sur le récepteur radiogoniométrique du champ horizontal. plus particulièrement néfaste, mais nous devons aussi nous arranger pour que seuls les champs se propageant au voisinage de l'horizontal puissent parvenir au radiogoniomètre, ou plutôt, pour que, seuls, ils puissent produire sur lui un effet; car les rayons réfléchis, arrivant obliquement, peuvent entraîner, même s'ils sont polarisés verticalement, des erreurs toutes les fois que la surface de réflexion n'aura pas une orientation déterminée.

Dans la pratique, tant que l'on fait de la radiogoniométrie à *distance relativement courte*, si l'on excepte la question de l'effet avion (au cas où la distance serait en réalité trop courte) on ne sentira pas l'effet de nuit si l'antenne a son rayonnement maximum dans le plan horizontal. Les rayons réfléchis, en effet, correspondront à un champ beaucoup moins intense que les rayons se propageant directement le long du plan horizontal; mais au fur et à mesure que l'on s'éloignera du poste émetteur, l'absorption de l'énergie électromagnétique par le voisinage du sol, affaiblira beaucoup plus vite le rayon qui se propage horizontalement, que ne sera affaibli le rayon arrivant après réflexion, même en tenant compte du fait qu'une partie de l'énergie est perdue par dissipation ou réfraction au moment de la réflexion.

Il arrivera donc un moment où la valeur relative du champ réfléchi par rapport au champ direct allant en croissant, l'influence du champ réfléchi sera suffisante pour provoquer des erreurs de relèvements notables.

Toutefois, si cela ne se produit pas après une seule réflexion, il peut arriver que l'énergie perdue au cours d'une nouvelle réflexion sur le sol, suivie d'une nouvelle réflexion dans les hautes couches atmosphériques, soit telle que lorsqu'on rentrera dans ce deuxième faisceau réfléchi, le champ y soit suffisamment atténué pour ne pas risquer de produire un effet sensible, risquant de fausser le relèvement du champ direct.

Si nous admettons que les ondes moyennes (sur lesquelles on travaille en général en radiogoniométrie appliquée à l'aviation) peuvent se réfléchir de nuit, cela ne se produira très certainement

qu'à des hauteurs beaucoup plus considérables que celle où se trouve la zone de réflexion des ondes courtes. Néanmoins, la hauteur de la surface fictive ou réelle de réflexion va en baissant, pour les ondes moyennes comme pour les ondes courtes, au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'équateur ; en outre, la perte d'énergie par réflexion incomplète, est certainement plus grande pour les ondes moyennes que pour les ondes courtes.

Il n'est donc pas étonnant que l'effet de nuit ne soit à peu près pas sensible dans les régions équatoriales. En effet, au moment où la perte d'énergie par absorption au voisinage du sol du rayon propagé horizontalement, serait suffisante pour que le rayon réfléchi, s'il avait subi une seule réflexion, puisse devenir gênant, comme en réalité la couche réfléchissante est assez basse pour qu'on soit depuis longtemps sorti du premier faisceau réfléchi, on ne trouve que des rayons arrivant obliquement après des réflexions multiples, et par suite suffisamment affaiblis pour ne produire aucune gêne.

Au contraire, plus on avance vers le nord et plus la surface réfléchissante est élevée. Avant qu'on sorte du premier faisceau réfléchi l'affaiblissement du rayon propagé au ras du sol est devenu suffisant pour qu'on puisse être gêné par ledit faisceau réfléchi.

Ceci étant, essayons de voir, dans ce cas, laquelle des deux causes perturbatrices possibles, rayons de propagation sortis du plan vertical passant par l'émetteur et le radiogoniomètre, ou bien existence de la composante horizontale dans le champ réfléchi est la plus gênante.

Par raison de symétrie, lorsque d'un point d'une côte dégagée et à peu près rectiligne, on relève un émetteur placé en mer ou au-dessus de la mer et pas trop haut au-dessus de celle-ci, il y aura de fortes chances pour que les rayons réfléchis restent toujours sensiblement dans le plan vertical passant par l'émetteur et le radiogoniomètre.

En effet, les variations de hauteur de la couche réfléchissante à partir de l'équateur ne sont pas brusques, ce qui fait qu'à ce point de vue, on peut considérer la surface de réflexion comme sensiblement parallèle à la surface du sol, sur une surface de dimensions relativement restreintes, et s'il n'y a pas d'autres causes de dissymétrie. Dans ce cas, s'il y a perturbation des relèvements radiogoniométriques, il faudra à peu près à coup sûr, l'attribuer à l'existence des composantes horizontales.

Or, nous avons vu que tout le long de la côte africaine, pratiquement, les relèvements effectués vers la mer sont parfaitement suffi-

sants de nuit. Toutefois, il est exact qu'à Alger les relèvements au lever du jour vers la mer sont erronés ou même impossibles, mais la Méditerranée étant une mer fermée de petites dimensions, rien ne prouve que la surface réfléchissante ait une allure aussi régulière qu'au-dessus de l'Océan.

Au contraire, les relèvements, en zone tempérée, parallèlement à la côte, sont particulièrement gênés par les effets de nuit. Or, étant donnés les mouvements atmosphériques de la mer vers la terre, ou de la terre vers la mer au voisinage d'une côte, il est à peu près certain que la couche réfléchissante affecte une forme plus ou moins discontinue le long d'une côte, et il n'est pas étonnant que nous trouvions des relèvements complètement faussés de ce fait.

En résumé, de l'expérience faite avec des radiogoniomètres ordinaires, il semble résulter que les effets perturbateurs dus à l'existence de composantes horizontales dans les champs électromagnétiques émanés d'une antenne d'avion sont peu gênants. En tous cas, il semble qu'ils le sont beaucoup moins que les effets dus aux irrégularités de la surface réfléchissante, irrégularités qui se traduisent par le fait que la direction de propagation à l'arrivée au radiogoniomètre n'est pas du tout dans le plan vertical passant par l'émetteur et le radiogoniomètre.

Si donc nous voulons nous protéger contre les effets de nuit, il sera certes bon d'annuler les actions des composantes horizontales du champ. Il sera meilleur d'annuler en même temps les effets de tout champ, même vertical, arrivant dans une direction non horizontale. Il restera, il est vrai, comme cause de perturbation possible, si l'on arrive d'une manière parfaite à ce résultat, le cas de la réflexion sur une surface verticale placée à droite ou à gauche de la ligne de propagation. L'existence de tels murs verticaux étant fort improbable, on pourra avoir des relèvements parfaits dans tous les cas.

Recherches d'Adcock.

Ceci étant, nous allons aborder l'historique de la question.

Dès 1919, on songea à éliminer l'effet des composantes horizontales et depuis cette époque, Adcock, qui dès ce moment avait trouvé une solution du problème, le perfectionna et est arrivé à des résultats très sérieux dans cet ordre d'idées.

Ce système doit théoriquement éliminer d'une manière totale et absolue les effets dus aux composantes horizontales, et si, dans les modèles expérimentés, il n'en a pas été rigoureusement ainsi, cela ne peut être dû qu'à des défauts de détail de construction des appareils,

mais non à une erreur de principe ; mais nous insistons dès maintenant sur ce fait que Adcock n'a jamais cherché autre chose que la suppression des forces électro-motrices dues aux composantes horizontales des champs arrivant au radiogoniomètre.

Ce point étant bien posé, voici comment il est arrivé au résultat :

Etude rapide du système Adcock.

Le principe du système Adcock est le suivant :

Soient deux antennes verticales placées à une distance d , entièrement isolées du sol. Supposons-les coupées en leur milieu, et connectons-les comme l'indique la figure.

Les fils de liaisons B.I. et E.H. horizontaux, sont supposés infiniment rapprochés.

Entre les milieux de ces deux fils, plaçons une des bobines C.D. du stator d'un radiogoniomètre Bellini-Tosi.

Si le champ vertical produit par un émetteur arrive au système, en se propageant dans une direction horizontale contenue dans le

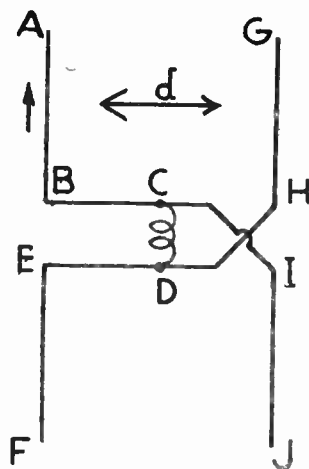


Fig. 4.

plan formé par les antennes, la bobine C.D. sera le siège d'un courant.

En effet, les bras E.F. et B.A. seront le siège d'une f.e.m. de même sens et de même phase, d'où un courant dans la bobine C.D. qui fait partie du circuit F.E.D.C.B.A.

Certes, le circuit G.H.C.I.J. soumis aux forces électro-motrices induites dans les bras H.G. et I.G. sera parcouru par un courant,

passant par la bobine et qui serait de sens inverse si les f.e.m. dans les deux antennes étaient en phase. Or, elles ne le sont pas étant donné le temps $\frac{d}{v}$ (v = vitesse de propagation), mis par le champ pour aller de A.B. en H.G.

Il y aura donc un courant résultant non nul dans la bobine C.D. Ce courant sera nul au contraire si les f.e.m. dans les deux antennes sont en phase, ce qui se produira si le champ arrive dans une direction contenue dans le plan vertical perpendiculaire au plan des antennes.

Un tel système peut donc servir à radiogoniométrer des émissions de champs verticaux. Il suffit de le rendre mobile autour de son axe ou de placer un deuxième système d'antennes dans un plan perpendiculaire au premier, et ayant même axe que le premier. En le branchant à la deuxième bobine du stator d'un radiogoniomètre Bellini-Tosi, on aura le relèvement d'un émetteur par manœuvre du rotor de ce radiogoniomètre.

Le système ne peut évidemment être influencé par des champs horizontaux, les f.e.m. dans les bras B.C. et E.D. d'une part, C.I. et D.H. d'autre part, deux à deux en phase et montées en opposition, s'annulant.

Un tel dispositif présente un inconvénient ; le radiogoniomètre) et l'opérateur doivent être placés à une distance assez grande au-dessus du sol. Tel quel, il a été expérimenté dès 1919, et a donné des résultats satisfaisants.

Sans entrer dans le détail des perfectionnements apportés depuis, signalons qu'Adcock a réussi à éviter l'inconvénient de surélever la cabine en réalisant le dispositif ci-après :

On voit que les deux demi-antennes inférieures ont été remplacées par une mise à la terre à travers un condensateur variable.

Il est facile de voir que deux conditions sont à réaliser pour que le système ne soit pas actionné par des champs horizontaux.

1° Il faut que l'impédance du circuit A.B.C.D.H.G. soit égale à celle du circuit F.E.D.C.I.J. pour que les courants induits par les f.e.m. produites par leur champ horizontal dans les bras horizontaux de ces deux circuits s'équilibrent bien dans la bobine C.D.

On y arrive par un réglage convenable des condensateurs 1 et 2.

2° Si l'on veut que des champs horizontaux ne produisent rien, il faut aussi que les courants dus à un champ horizontal, et circulant dans les circuits A.B.C.D.E.F. et G.H.D.C.I.J. se compen-

sent bien dans la bobine C.B. En effet, les f.e.m. dans B.C. et E.D, ne s'annulent que si la courbe de distribution du courant dans l'antenne A.B.C.D.E.F. est symétrique autour de C.D. Un bon

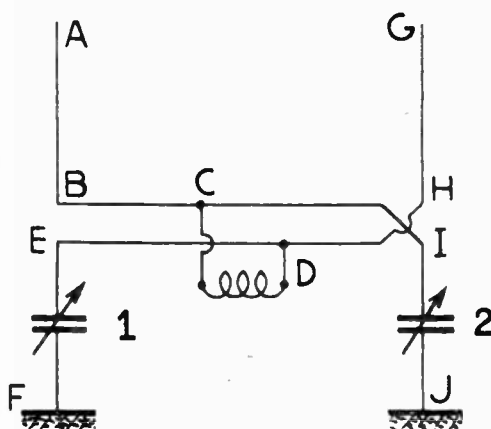


Fig. 5.

réglage du condensateur de mise à la terre permet d'obtenir ce résultat,

Adcock affirme que ce réglage est heureusement sensiblement le même que celui imposé par la 1^{re} condition.

Quoiqu'il en soit, une expérimentation très précise du système a été effectuée à l'aide d'un cerf-volant, portant un petit poste émetteur ; on pouvait faire varier l'inclinaison du champ émis, et, en déplaçant le cerf-volant, l'obliquité de la direction de propagation par rapport au plan horizontal.

Les résultats ont été satisfaisants, sans être parfaits.

Néanmoins, en ce qui concerne la protection contre l'effet dû aux champs horizontaux, nous admettons que le système est théoriquement parfait, et qu'il le sera moyennant de petits perfectionnements dans l'appareillage.

Mais, comme nous l'avons vu, il ne résout pas tout le problème. Il ne protège pas du tout contre les erreurs dues à un champ vertical arrivant au radiogoniomètre, suivant une direction ayant subi des déviations par rapport au plan vertical reliant l'émetteur au radiogoniomètre.

En outre, le système est plus encombrant et plus coûteux à construire qu'un cadre. Il créera souvent sur un terrain un obstacle à l'atterrissage ou au décollage qui, s'ajoutant à celui constitué par les antennes émettrices, deviendra prohibitif.

En outre et surtout, constitué par des antennes, il sera beaucoup plus impressionné par les parasites atmosphériques qu'un cadre, et ceci est particulièrement désavantageux en ce qui nous concerne.

Nous avons donc été amenés à étudier le système décrit ci-après :

Dispositif « Aéropostale » permettant d'atténuer ou de supprimer les effets de nuit dans les relèvements radiogoniométriques.

A. — Dispositif supprimant les champ arrivant verticalement.

Il comporte un système de deux cadres identiques connectés en opposition, les deux cadres étant dans un même plan vertical et à la même distance du sol.

La figure 6 représente un tel système, chaque cadre étant supposé réduit à une spire.

a) Le dispositif peut servir à goniométrer des champ se propageant

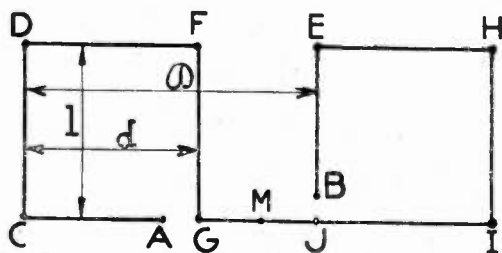


Fig. 6.

horizontalement. Soit un champ électrique se propageant dans le plan des deux cadres dans le sens de la flèche F, la composante horizontale d'un tel champ, n'a aucun effet sur chacun des cadres pris individuellement ou dans leur ensemble, car elle ne saurait produire de f.e.m.; dans les bras verticaux qui lui sont perpendiculaires et la f.e.m. induite dans un bras horizontal, est montée en opposition avec la f.e.m. de même phase induite dans l'autre bras horizontal du même cadre.

Au contraire soit un champ vertical se propageant avec la vitesse V; si l est la hauteur du cadre et d sa largeur, si la loi de variation du champ électrique à hauteur du bras CD est :

$$h = H \sin \omega t,$$

la f.e.m. E_1 induite dans le premier cadre sera :

$$E_1 = lH \sin \omega t - lH \sin \omega \left(t - \frac{d}{V} \right)$$

soit

$$E_1 = 2/H \sin \omega \frac{d}{2V} \cos \omega \left(t - \frac{d}{2V} \right)$$

dont l'amplitude maxima est approximativement $A_1 = \frac{2\pi HS}{\lambda}$
 λ étant la longueur d'onde et S la surface du cadre.

Si le champ vertical se propage toujours horizontalement mais suivant une direction faisant un angle α avec le plan du cadre, la force électromotrice devient évidemment :

$$E'_1 = 2/H \frac{\sin \omega d \cos \alpha}{2V} \cos \omega \left(t - \frac{d \cos \alpha}{2V} \right)$$

et l'amplitude maxima :

$$A'_1 = \frac{2\pi HS \cos \alpha}{\lambda}.$$

Si D est la distance entre les 2 cadres, on aura pour la f.e.m. induite entre les bornes A et B, dans le cas où le champ vertical se propage horizontalement dans le plan des cadres :

$$E_0 = 2/H \sin \frac{\omega d}{2V} \left[\cos \omega \left(t - \frac{d}{2V} \right) - \cos \omega \left(t - \frac{d}{2V} - \frac{D}{V} \right) \right]$$

$$E_0 = 4/H \sin \frac{\omega d}{2V} \sin \frac{\omega D}{2V} \sin \left(t - \frac{d+D}{2V} \right)$$

soit pour l'amplitude maxima, approximativement :

$$A_0 = \frac{4\pi^2 HSD}{\lambda^2}.$$

Si le champ se propage horizontalement, mais suivant une direction faisant un angle α avec le plan des cadres, la f.e.m. devient :

$$E'_0 = 4/H \sin \frac{\omega d \cos \alpha}{2V} \sin \frac{\omega D \cos \alpha}{2V} \sin \omega \left[t - \frac{(d+D) \cos \alpha}{2V} \right]$$

et l'amplitude :

$$A'_0 = \frac{4\pi^2 HSD \cos^2 \alpha}{\lambda^2}.$$

L'amplitude est maxima pour $\alpha = 0$ et nulle pour $\alpha = 90^\circ$. Le système permet donc de goniométrer des champ verticaux se propageant horizontalement comme un cadre ordinaire. Le rapport de l'amplitude maxima avec un seul cadre ou avec les deux est donc suivant les cas :

$$\frac{A_0}{A_1} = \frac{2\pi D}{\lambda} \quad \text{ou} \quad \frac{A'_0}{A'_1} = \frac{2\pi D \cos \alpha}{\lambda}.$$

Dans la position du maximum de réception pour $\lambda = 900 \text{ m}$
 $D = 3 \text{ m.}$ le rapport $\frac{A_0}{A_1}$ est sensiblement $\frac{1}{50^\circ}$.

Il en résulte que, en apparence, le système devient nettement moins sensible qu'un seul cadre.

Toutefois, il suffira de faire précéder le récepteur radiogoniométrique d'un bon amplificateur à résonance à une lampe à écran pour retrouver la même sensibilité.

b) *Étude des variations de la f.e.m. avec l'angle d'incidence par rapport au sol.*

Supposons les cadres orientés au maximum d'audition, c'est-à-dire tel que l'angle α défini plus haut soit nul, ou encore telle que la direction de propagation soit contenue dans les plans des cadres. Mais supposons que la direction de propagation tout en restant dans ce plan fasse un angle β avec l'horizontale, et faisons varier β de 0 à 90°.

1° *Cas d'un seul cadre.*

Étudions l'effet d'un tel champ supposé polarisé horizontalement sur un seul cadre (fig. 7).

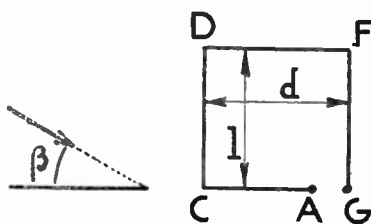


Fig. 7.

Un tel champ agit sur les bras AC et DF, car la différence de phase des f.e.m. dans ces deux bras est $l \sin \beta$.

Si $h = H \sin \omega t$ est la loi de variation du champ à hauteur du point D, la force électromotrice induite dans le cadre sera :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{ind}} &= \int_0^d H \sin \omega \left(t - \frac{x \cos \beta}{V} \right) dx - \int_0^d H \sin \omega \left(t - \frac{l \sin \beta}{V} - \frac{x \cos \beta}{V} \right) dx \\
 &= \frac{VH}{\omega \cos \beta} \left[\cos \omega \left(t - \frac{d \cos \beta}{V} \right) - \cos \omega t - \cos \omega \left(t - \frac{l \sin \beta}{V} - \frac{x \cos \beta}{V} \right) \right. \\
 &\quad \left. + \cos \omega \left(t - \frac{l \sin \beta}{V} \right) \right] \\
 &= \frac{2VH}{\omega \cos \beta} \sin \frac{\omega d \cos \beta}{2V} \left[\sin \omega \left(t - \frac{d \cos \beta}{2V} \right) \right. \\
 &\quad \left. - \sin \omega \left(t - \frac{l \sin \beta}{V} - \frac{d \cos \beta}{2V} \right) \right] \\
 &= \frac{4VH}{\omega \cos \beta} \sin \frac{\omega d \cos \beta}{2V} \sin \frac{\omega l \sin \beta}{2V} \cos \omega \left(t - \frac{d \cos \beta + l \sin \beta}{2V} \right).
 \end{aligned}$$

Et l'amplitude sera approximativement :

$$A_{H1} = \frac{2\pi HS \sin \beta}{\lambda}$$

Si le champ au lieu d'être horizontal était vertical, la force électromotrice serait :

$$\begin{aligned} E_{V1} &= \int_0^l H \sin \omega \left(t - \frac{x \sin \beta}{V} \right) dx - \int_0^l H \sin \omega \left(t - \frac{d \cos \beta}{V} - \frac{x \cos \beta}{V} \right) dx \\ &= \frac{4VH}{\omega \sin \beta} \sin \frac{\omega l \sin \beta}{2V} \sin \frac{\omega d \cos \beta}{2V} \cos \omega \left(t - \frac{d \cos \beta + l \sin \beta}{2V} \right) \end{aligned}$$

et pour l'amplitude :

$$A_{V1} = \frac{2\pi HS \cos \beta}{\lambda}$$

Les courbes représentatives sont les suivantes (fig. 8) :

La courbe en plein donne les variations de A_{V1} en fonction de B , celle en pointillé les variations de A_{H1} (fig. 8).

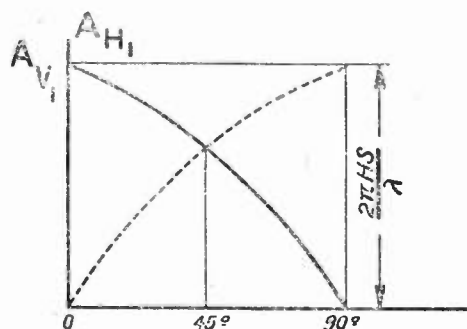


Fig. 8.

2° Cas des deux cadres.

Si nous considérons notre système de 2 cadres en opposition, nous avons pour la force électromotrice produite par un champ horizontal :

$$\begin{aligned} E_{H0} &= \frac{4VH}{\omega \cos \beta} \frac{\sin \omega d \cos \beta}{2V} \frac{\sin \omega l \sin \beta}{2V} \left[\cos \omega \left(t - \frac{d \cos \beta + l \sin \beta}{2V} \right) \right. \\ &\quad \left. - \cos \omega \left(t - \frac{d \cos \beta + l \sin \beta}{2V} - \frac{D \cos \beta}{V} \right) \right] \\ E_{H0} &= \frac{8VH}{\omega \cos \beta} \frac{\sin \omega d \cos \beta}{2V} \frac{\sin \omega l \sin \beta}{2V} \times \sin \frac{\omega D \cos \beta}{2V} \\ &\quad \times \sin \omega \left(t - \frac{d \cos \beta + l \sin \beta + D \cos \beta}{2V} \right) \end{aligned}$$

et pour l'amplitude approximativement

$$A_{H0} = \frac{2\pi^2 HSD \sin 2\beta}{\lambda^2}.$$

Pour un champ vertical, on aurait pour la f.e.m.

$$A_{V0} = \frac{8VH}{\omega \sin \beta} \frac{\sin \omega d \cos \beta}{2V} \frac{\sin \omega l \sin \beta}{2V} \frac{\sin \omega D \cos \beta}{2V} \sin \omega \left(l - \frac{d \cos \beta + l \sin \beta + D \cos \beta}{2V} \right)$$

et pour l'amplitude :

$$A_{V0} = \frac{4\pi^2 HSD \cos^2 \beta}{\lambda^2}.$$

Les lois de variation sont alors représentées par les figures suivantes (fig. 9) :

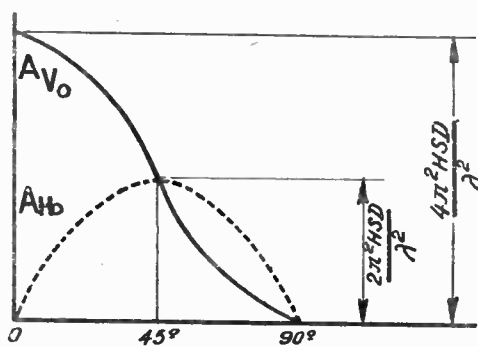


Fig. 9.

On conçoit qu'un tel système à courte distance élimine les effets de nuit, les ondes réfléchies revenant vers le cadre au voisinage de la verticale. Mais quand les ondes réfléchies arrivent sous une incidence voisine de 45° (et au-dessous, si leur composante verticale est notable), il n'y a aucune correction sérieuse de l'effet de nuit.

b) *Dispositif supprimant les champs arrivant à 45° .* — On a donc été amené à perfectionner notablement le système en remplaçant chacun des cadres par le système représenté fig. 10, constitué par 2 cadres identiques placés dans un même plan et symétriques par rapport à une droite du plan faisant 45° avec le plan horizontal. Dans ces conditions, pour chacun des systèmes de 2 cadres, on

a pour l'amplitude produite par un champ horizontal :

$$A_{H_3} = \frac{4\pi^2 HS \Delta \sqrt{2} \sin \beta \cos \left(\beta + \frac{\pi}{4} \right)}{\lambda^2} = \frac{4\pi^2 HS \Delta \sin \beta (\cos \beta - \sin \beta)}{\lambda^2},$$

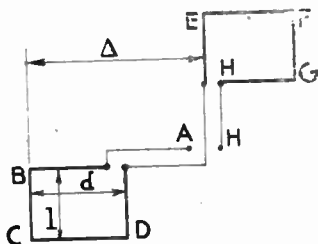


Fig. 10.

et pour un champ vertical :

$$A_{V_3} = \frac{4\pi^2 HS \Delta \cos \beta (\cos \beta - \sin \beta)}{\lambda^2}$$

Les courbes représentatives des valeurs absolues de A_{H_3} et A_{V_3} figurent fig. 11.

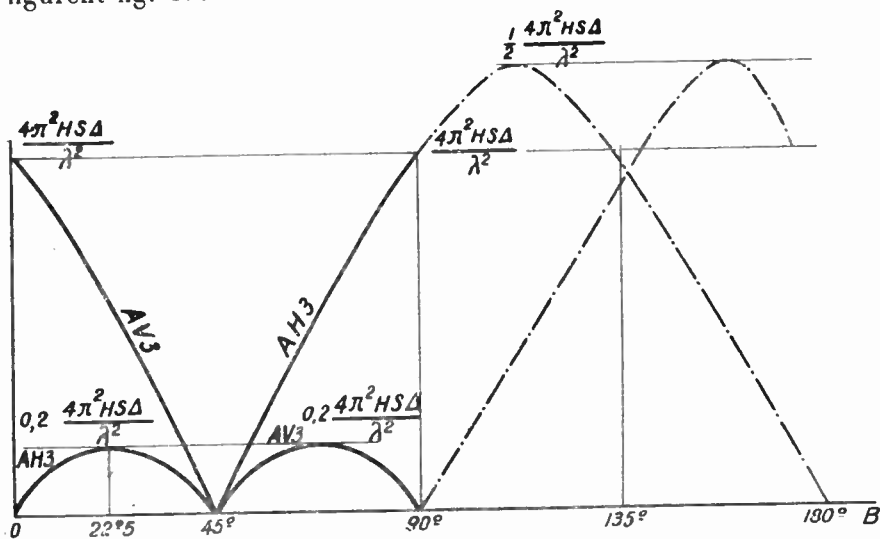


Fig. 11.

Les f. e. m. sont :

$$E_{H_3} = A_{H_3} \sin \omega \left(t - \frac{d \cos \beta + l \sin \beta + \Delta \sqrt{2} \cos \left(\beta + \frac{\pi}{4} \right)}{2V} \right),$$

$$E_{V_3} = A_{V_3} \sin \omega \left(t' - \frac{d \cos \beta + l \sin \beta + \Delta \sqrt{2} \cos \left(\beta + \frac{\pi}{4} \right)}{2V} \right).$$

On voit que le système supprime pratiquement l'effet des champs verticaux dès qu'ils arrivent sous une incidence s'écartant quelque peu de l'horizontale. En conséquence, de tels champs réfléchis ne peuvent être gênants que si l'émetteur est à très grande distance.

Quant aux champs horizontaux, ils ne sont gênants que pour une incidence voisine de la verticale, c'est-à-dire que pour les ondes réfléchies par un poste très rapproché.

On peut combiner les avantages résultant du système de la fig. 6 traduits par les courbes de la fig. 8, avec ceux du système de la fig. 10 traduits par les courbes de la fig. 11.

Pour cela, il suffit d'avoir la possibilité de faire coulisser autour de l'axe de rotation un des cadres par rapport à l'autre. A distance rapprochée, on les dispose comme sur la fig. 6 à grande distance, on passera au cas de la fig. 10.

c) *Dispositif combinant les avantages des 2 précédents.* — Pour éviter cette manœuvre, on peut employer le système ci-dessous. combinaison du système de la fig. 6 et du système de la fig. 10, à savoir celui figuré fig. 12 :

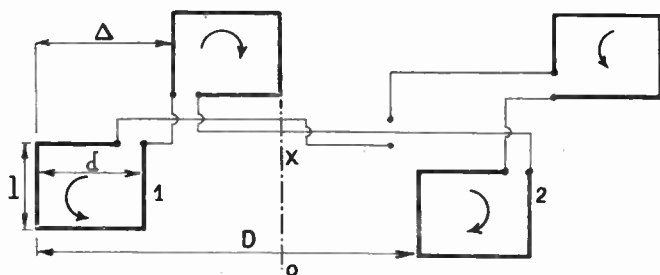


Fig. 12.

Ce système consiste dans la mise en opposition de 2 systèmes formés chacun de 2 cadres symétriques par rapport à une droite faisant 45° avec le plan horizontal, que nous venons d'étudier.

On a alors pour les amplitudes :

$$A_{H_1} = 2A_{H_2} \sin \omega \frac{D \cos \beta}{2V}$$

(cas du champ horizontal),

$$\text{et} \quad A_{V_1} = 2A_{V_2} \frac{\sin \omega D \cos \beta}{2V}$$

(cas du champ vertical).

Soit sensiblement

$$A_{H_1} = \frac{8\pi^2 HS \Delta \sin \beta (\cos \beta - \sin \beta) \cos \beta}{\lambda^3},$$

et
$$A_{v_1} = \frac{8\pi^3 HS \Delta D \cos^2 \beta (\cos \beta - \sin \beta)}{\lambda^3}$$

Les courbes de variations en fonction de β sont celles de la figure 13 en posant

$$K = \frac{8\pi^3 HS \Delta D}{\lambda^3}$$

On remarquera que les f. e. m. produites par des champs horizontaux sont au maximum égales au 1/5 de la f. e. m. produite par un champ de même valeur, l vertical et se propageant horizontalement. Ces maxima se produisent pour 20° et 70° environ. Les f. e. m. sont nulles pour la propagation horizontale, verticale et à 45°.

Quant aux f. e. m. produites par les champs verticaux, elles décroissent rapidement quand la direction de propagation s'écarte de l'horizontale (à 20° la f. e. m. diminue déjà de 1/2 environ), s'annule pour $\beta = 45^\circ$, repasse par un maximum égal au 1/10 de la f. e. m. produite par le même champ, se propageant horizontalement et s'annule de nouveau pour $\beta = 90^\circ$.

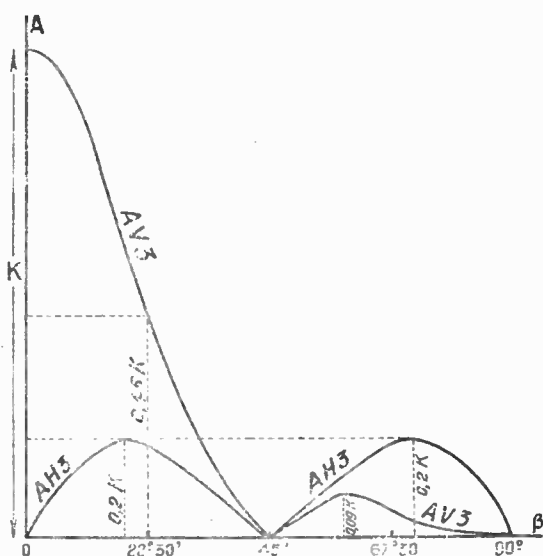


Fig. 13.

On a donc une suppression à peu près totale de la gêne possible résultant des champs réfléchis.

Notons que la force électromotrice est proportionnelle à $dD\Delta$. Or

si nous donnons l'encombrement maximum $d + D + \Delta$, la f. e. m. maxima sera la plus grande possible pour $d = D = \Delta$ (voir fig. 14 et fig. 15).

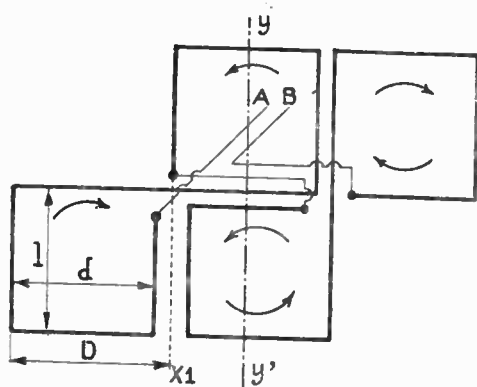


Fig. 14.

Dispositif théorique.

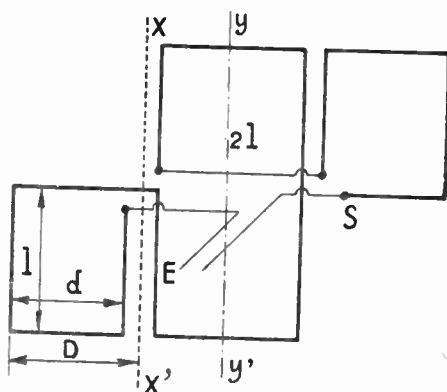


Fig. 15.

Dispositif pratique.

Elle est $\frac{4\pi^2 D \Delta}{\lambda^2}$ fois la force électromotrice induite dans un seul cadre, c'est-à-dire si

$$d = D = \Delta = 1 \text{ m } 5 \quad \text{et} \quad \lambda = 900,$$

elle est $\frac{1}{90000}$ de la force électromotrice dans un seul cadre de 1 m 5 de côté. Si l'on dispose d'un récepteur pouvant travailler convenablement avec un cadre de 0 m 5 de côté, il suffira de placer devant un ampli HF à 3 lampes à écran.

Remarque très importante.

Il est bien entendu que l'on peut imaginer d'autres dispositifs de cadres tendant, par effet différentiel, à supprimer l'action des champs se propageant dans une direction différente d'une direction donnée choisie à l'avance. La méthode précédente est, en effet, très générale et, avec une amplification suffisante, on imagine parfaitement un système plus complexe annulant les f. e. m. produites par des champs se propageant à 20 ou 70° tout aussi bien que ceux à 45° et 90°.

De même, le système peut être employé pour un *radiophare émetteur*, de manière à être certain qu'il n'influencera le récepteur que par ses ondes propagées au ras du sol.

(A suivre.)

SERRE.

ÉTUDE D'UN MICROPHONE POUR LA RADIODIFFUSION

par A. H. REEVES
des Laboratoires Standard

Dès l'apparition de la radiodiffusion, le microphone a toujours été considéré comme le point faible du poste émetteur, au même titre que le haut-parleur, pour le poste récepteur.

La difficulté du problème était telle, qu'il n'existait jusqu'alors aucun microphone, à la fois exempt de bruit de fond, ayant un rendement uniforme aux fréquences usuelles et dont la caractéristique soit linéaire.

Tout progrès réalisé dans un sens l'était toujours aux dépens d'autres qualités et trop souvent l'appareil était défaillant.

Les Laboratoires ont étudié un dispositif exempt de bruit de fond,

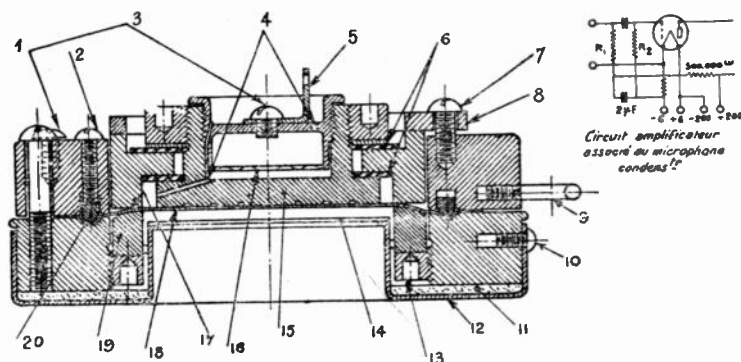


Fig. 1

- | | |
|---|--|
| 1 et 3. — Ecrus bornes. | 11. — Fentre. |
| 2. — Ecrus tenseur. | 12. — Couverture avant. |
| 4. — Events. | 13. — Trou de serrage. |
| 5. — Cosse. | 14. — Treillis protecteur. |
| 6. — Anneaux isolants en mica. | 15. — Plaque arrière. |
| 7. — Ecrus de sûreté. | 16. — Diaphragme en caoutchouc. |
| 8. — Collier de sûreté. | 17. — Anneau d'espacement. |
| 9. — Crochet pour fixation dans la boîte de l'émetteur. | 18. — Diaphragme en duralumin. |
| 10. — Ecrus de sûreté pour le couvercle avant. | 19. — Anneau tenseur. |
| | 20. — Anneau tenseur pour le diaphragme. |

capable de reproduire uniformément les fréquences comprises entre 50 et 10.000 et possédant une caractéristique parfaitement linéaire

pour toutes les amplitudes compatibles avec les tubes amplificateurs usuels.

Par la combinaison d'un circuit spécial à haute fréquence et d'un dispositif nouveau d'équilibrage, destiné à éliminer les bruits provenant du circuit haute fréquence, on a pu supprimer complètement les bruits étrangers. Il en résulte une amélioration considérable du rapport bruit-énergie.

Le microphone condensateur possède la réputation bien établie d'éliminer toute distorsion et au cours de cette étude, on s'est proposé de construire un appareil conservant les mêmes avantages et couvrant une large gamme de fréquences.

Wente, aux Etats Unis, avait pu réaliser un appareil robuste et sûr, laissant passer la gamme de fréquence 30-10.000. La fig. 1 montre le microphone condensateur MS 1670 construit par lui et utilisé avec un grand succès dans de nombreux studios, notamment à la station WEAf, de New-York à Birmingham, Zurich et Prague. Partout où il fut employé, on a pu constater sa fidélité indiscutable due à la largeur de la bande de fréquence, qu'il laisse passer et à son absence d'asymétrie. La caractéristique est visible fig. 2 et les

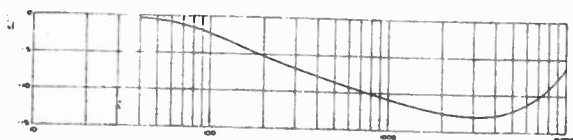


Fig. 2. — Caractéristique du microphone condensateur MS 1670.

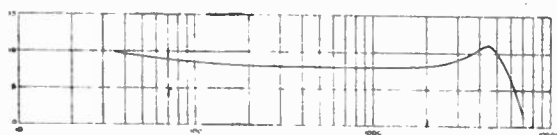


Fig. 3. — Caractéristique du microphone condensateur ES 619.

En abscisses, les fréquences en périodes par seconde ; en ordonnées, les niveaux de tensions en décibels ; — 0 décibels correspond à 1 millivolt par dyne par cm^2 . La tension de polarisation est de 200 volts.

appareils livrés ont une caractéristique à peu près identique à celle-ci, leur fabrication étant remarquablement homogène.

L'accroissement de rendement obtenu avec cet instrument compensait les défauts communs aux appareils anciens, mais il n'est pas certain qu'une telle caractéristique soit plus avantageuse qu'une caractéristique plate et dans cet ordre d'idées les efforts ont été orientés dans l'étude d'un nouvel appareil à caractéristique plate

possédant une gamme de fréquence moins étendue, mais plus sensible. La caractéristique de l'un d'entre eux est visible fig. 3.

On s'est inspiré du microphone MS-1670 et on a étudié un circuit nouveau dans le but d'éliminer les bruits.

En se référant à la fig. 1, on peut voir que les variations de capacité entre le diaphragme et la plaque arrière, consécutives à l'impact des ondes sonores, provoquent des fluctuations de tension aux bornes du microphone, la tension appliquée à celui-ci par la batterie de 200 V. restant constante du fait de la valeur élevée de la constante de temps du circuit constitué par le microphone condensateur, ainsi que par la résistance en série avec lui. Ces fluctuations sont appliquées directement à la grille du premier tube d'un amplificateur basse fréquence. La capacité du microphone étant 300 micromicrofarads environ, les résistances de fuite R_1 et R_2 destinées à éviter la distorsion et la réduction de sensibilité doivent avoir des valeurs au moins égales à 15 mégohms, ce qui montre qu'un degré élevé d'isolement s'impose dans le but d'éviter le bruit causé par des fuites irrégulières. Si on ne prend pas ces précautions, le bruit de fuite peut facilement masquer le

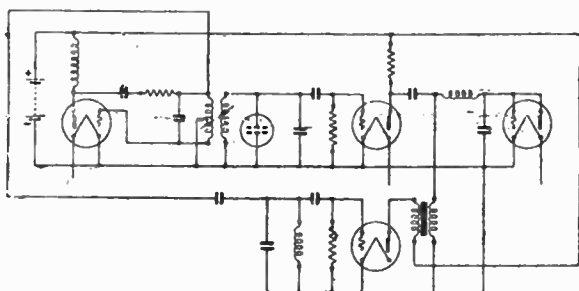


Fig. 4. — Circuit à haute fréquence associé au microphone condensateur.

bruit irréductible consécutif à l'agitation thermique dans les résistances R_1 et R_2 (1) qui, dans ces conditions, correspond à 5 microvolts efficaces, sur le circuit grille-filament du premier tube et constitue dans un bon amplificateur, le principal facteur de bruit. Le schéma du nouveau circuit est représenté sur la fig. 5. Le principe essentiel consiste à utiliser les variations de capacité du microphone pour modifier l'accord d'un circuit self-capacité, couplé à un oscillateur à haute fréquence. Le microphone condensateur est employé comme un condensateur d'accord aux bornes d'une faible self, un

(1) J. — B. Johnson — Thermal agitation of electricity in conductors. *Phys. Revue*, juillet 1928.

oscillateur à fréquence fixe est couplé d'une manière lâche à ce circuit accordé, la fréquence de l'oscillateur étant grande par rapport aux fréquences audibles les plus élevées. Les constantes sont réglées jusqu'à ce que le microphone condensateur soit exactement accordé avec l'oscillateur, le point de fonctionnement de la courbe de résonance étant pratiquement en X (fig. 5). Lorsque des ondes sonores arrivent sur le diaphragme du microphone, la capacité varie et l'accord est modifié corrélativement, ce qui entraîne des variations de tension haute fréquence aux bornes du microphone. Il est évident qu'on réalise, de ce fait, une fréquence porteuse modulée par l'onde sonore, exactement comme dans un poste d'émission. Il suffit alors de redresser la tension haute fréquence pour obtenir la fréquence téléphonique.

Nous verrons que le point de fonctionnement X (fig. 5) se trouve

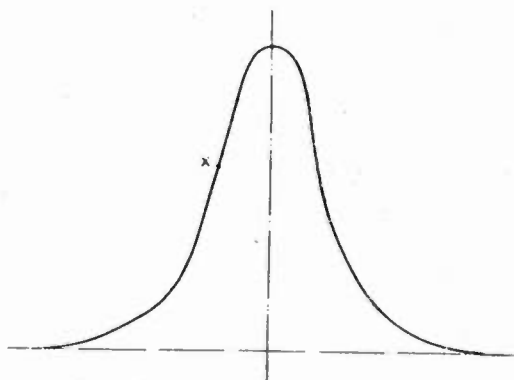


Fig. 5. — Courbe de résonance.

sur la portion la plus rapide de la courbe de résonance et non pas au sommet, ce réglage donne des variations relativement élevées d'amplitude haute fréquence, pour de faibles variations de capacité. On obtient ainsi une sensibilité beaucoup plus grande que dans la méthode précédente (fig. 4). L'appareil possède encore d'autres avantages non moins importants, à savoir que les résistances élevées, qui s'imposaient jusqu'alors, deviennent inutiles. On pourrait utiliser le nouveau circuit en supprimant les résistances de fuite; toutefois ce schéma ne convient pas en pratique, étant donné qu'il nécessite pour le tube redresseur une batterie de polarisation de grille de tension élevée et très constante. Pour éviter cet inconvénient, on utilise une résistance de fuite de grille d'un mégohm, avec un condensateur de blocage, en série, sur le courant H.F. d'entrée, ce qui permet d'obtenir la polarisation de grille optima, automati-

quement, par le courant de grille lui-même, les résistances étant bobinées et ne dépassant pas un mégohm.

Le second avantage consiste, en ce fait, que l'impédance filament grille, très élevée aux fréquences audibles, est éliminée. En se référant à la fig. 4 il est évident que cette impédance est faible, la réactance du condensateur de blocage en série et de l'inductance d'accord, étant inférieure à 5000 ohms pour les fréquences comprises entre 35 et 10.000 cycles. La tension de bruit est donc considérablement réduite aux fréquences audibles, cette tension étant due à un ensemble de causes diverses, soit extérieures, soit dues aux divers éléments de l'appareil en amont du redresseur, soit à l'agitation thermique. A la fréquence porteuse et aux fréquences des bandes latérales, l'impédance est très inférieure à 15 mégohms. Elle est en fait inférieure à 50.000 ohms.

Pratiquement, on a éliminé aussi une cause assez fréquente de perturbations, à savoir : le bruit du tube redresseur consécutif aux fuites entre plaque et grille; en pratique, cependant, il n'y aurait pas d'excuse pour justifier l'emploi de tubes présentant ces défauts.

Par rapport au montage de la fig. 1 les modifications apportées au schéma ci-dessus, consistent en une amélioration du rapport signal-bruit d'au moins 14 décibels et il est possible de le réduire davantage (6 et 10 décibels) du fait que la plupart des bruits de fond dus à l'oscillateur peuvent être d'ailleurs considérablement réduits par l'utilisation d'un circuit spécial d'équilibrage. Le bruit de l'oscillateur provoque une modulation haute fréquence à l'origine même, ce qui entraîne la production de bruits à fréquence audible après détection.

Le courant de sortie de l'oscillateur est appliqué à un redresseur auxiliaire comportant un circuit self-capacité semblable, à celui du groupe redresseur principal, qui comporte le microphone-condensateur.

Le second circuit est, lui aussi, approximativement accordé à l'aide d'un condensateur variable, à la fréquence de l'oscillateur, suffisamment couplé au circuit de l'oscillateur, pour obtenir à ses bornes la tension nécessaire. Le courant de sortie du redresseur auxiliaire est par conséquent affecté, du même bruit que le redresseur principal, sans toutefois être parcouru par le courant téléphonique. Les courants de sortie des deux redresseurs sont alors mis en opposition au moyen d'un transformateur, de telle sorte que les sons modulés provenant de l'oscillateur soient en opposition de phase. La parole qui ne module que le courant d'entrée du redresseur principal n'est pas

modifiée. L'amélioration globale par rapport au circuit de la fig. 1 est alors comprise entre 20 et 24 décibels.

Etudions maintenant en détail la méthode de polarisation de grille. La valeur de la pointe normale de tension H.P. sur la grille est de l'ordre de 45; pour éviter la surcharge, une polarisation de grille négative moyenne, de cet ordre, est nécessaire sur les deux tubes redresseurs.

Une telle polarisation peut être obtenue à l'aide d'une batterie de grille, mais ce procédé exige un réglage précis de la tension. Une variation accidentelle de 10 0/0, par exemple, entraînerait une variation de 4 1/2 V sur la grille et l'appareil cesserait probablement de fonctionner.

Notre procédé élimine cette difficulté. La tension haute fréquence est appliquée aux grilles du redresseur par deux condensateurs en série de l'ordre d'un microfarad chacun. On prévoit des résistances de fuite d'un mégohm; si on suppose nulles les tensions de grille, lorsque le premier demi-cycle positif excite les grilles, celui-ci provoque des courants de grilles intenses, qui donne aux grilles une charge négative. Cet effet augmentera toute impulsion positive postérieure, étant donné que la diminution de charge par l'intermédiaire des fuites de grille, croît moins vite que la valeur de la charge par le courant de grille. La polarisation moyenne de grille deviendra donc de plus en plus négative, jusqu'à ce que sa valeur soit légèrement inférieure à la pointe de tension de la force électro-motrice incidente. Ce processus donnant approximativement la meilleure valeur de la polarisation dans les conditions de travail, est indépendant de la tension H.F. incidente.

Un autre avantage du nouveau circuit consiste en ce fait que la tension de pointe normale aux bornes du microphone n'est que de 45, alors que la valeur usuelle est de 220, ce qui réduit beaucoup les risques consécutifs au claquage du microphone condensateur.

Les deux avantages essentiels de ce microphone, c'est-à-dire : qualité élevée et absence de surcharge, se rencontrent également dans l'appareillage H.F.

L'appareil présentant les caractéristiques énoncées ci-dessus est visible fig. 6 et fig. 6 bis.

Ce modèle destiné seulement au studio, contient le microphone et l'amplificateur, formant un tout. L'alimentation en courant continu est faite par un câble flexible, blindé; il contient également les conducteurs du circuit de sortie B.F. Les dimensions de la boîte sont de 0 m. 31 $\times$ 0 m. 24 $\times$ 0 m. 27. L'alimentation pour le

modèle actuel exige 6 volts 5 ampères, 150 volts 70 milliampères, et 250 volts (polarisation de grille) 10 milliampères, le négatif basse tension et le positif de polarisation de grille étant communs. La boîte et les connexions sont blindées dans le but d'éviter les causes extérieures du bruit.

Un certain nombre de difficultés ayant un intérêt purement

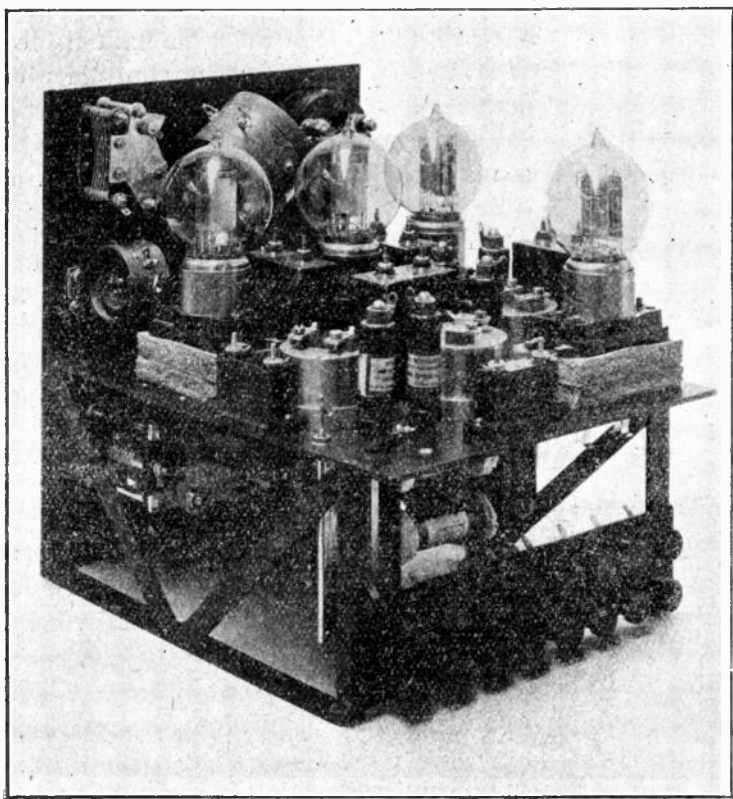


Fig. 6.

théorique sont apparues au cours des travaux. On pourrait admettre *à priori* que la fréquence d'un oscillateur, du même ordre que celle utilisée pour les courants porteurs, soit susceptible de convenir à ce microphone. Il n'en est cependant pas ainsi, si on veut éviter l'affaiblissement des fréquences audibles élevées. Le calcul montre que, si le point de fonctionnement se trouve non pas au sommet de la courbe de résonance, mais en un certain point de la partie

raide de cette courbe, il en résulte un déphasage mutuel des deux bandes latérales. Cette inégalité de phase croît jusqu'à un certain point en même temps que la fréquence audible, provoquant ainsi une certaine opposition de ces courants à fréquence audible consécutifs au redressement de chaque bande latérale. Cet effet augmente l'atténuation des fréquences acoustiques élevées beaucoup

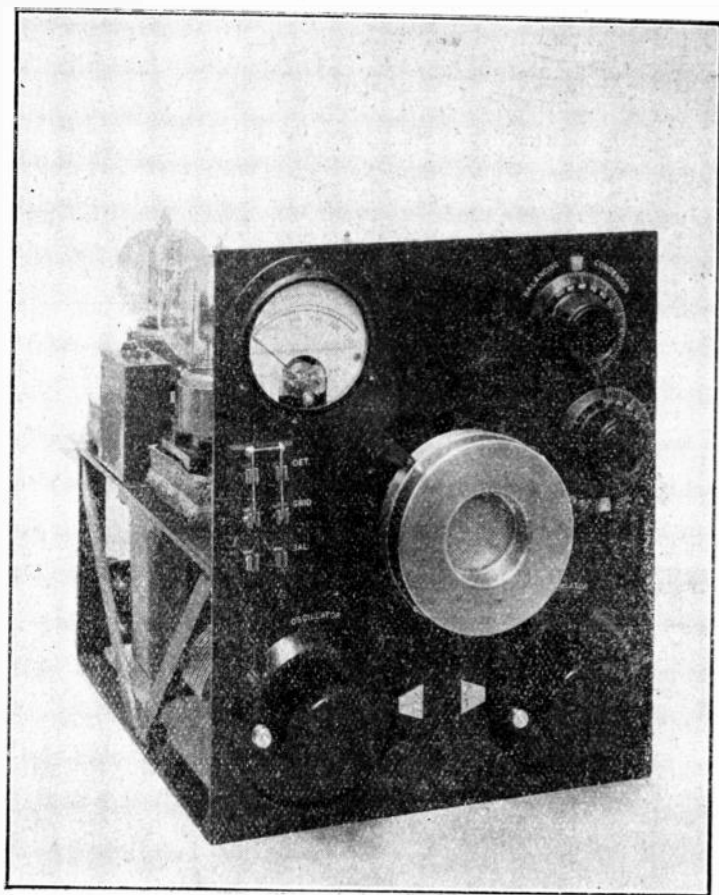


Fig. 6 bis.

plus que dans le cas où le point de fonctionnement se trouve au sommet de la courbe de résonance.

Dans le but de surmonter cette difficulté et aussi de maintenir une résonance assez aiguë permettant de conserver une bonne sensibilité, on est conduit à employer une fréquence porteuse de l'ordre de 600 kilocycles.

Dans ces conditions ; et après réglage final des circuits, l'atténuation supplémentaire provenant des circuits de haute fréquence est inférieure à deux décibels à 10 000 périodes.

Une deuxième question pleine d'intérêt a trait à l'effet des contacts variables situés dans le voisinage des circuits haute fréquence et connectés ou non à ces circuits. De tels contacts peuvent constituer un circuit fermé, soumis à la force électromotrice de l'oscillateur, par induction magnétique, ou à la haute fréquence par capacité. Dans les deux cas, toute modification du contact produit une réaction sur le circuit, due à une variation d'absorption d'énergie provoquant des craquements dans les étages basse fréquence.

Pour parer à ces inconvénients, on a jugé nécessaire, soit de connecter d'une manière bien définie à un point du circuit, la moindre partie métallique, soit de l'en isoler complètement. On a pu constater qu'un élément quelconque, tel qu'une vis fixant la poignée de la boîte et réalisant un contact variable, constituait une source de bruit qui disparut dès que les précautions nécessaires furent prises.

Après avoir réduit les autres perturbations à un niveau assez bas, une autre difficulté apparut, causée par les mauvais contacts entre les filaments et les crochets supports de filaments, à l'intérieur même des tubes, et particulièrement dans le cas du tube oscillateur.

Avant la fin de cette étude, ce défaut avait été décelé dans plusieurs tubes et évité par la suite ; le remède consisterait à souder les filaments directement aux crochets ; après quelques difficultés dues au manque de rigidité du filament, les tubes donnèrent entière satisfaction.

Les culots métalliques ne convenaient pas aux tubes employés dans cet appareil à cause de leur dilatation brusque, dès l'application de la tension de chauffage ; il en résultait des crachements dans le circuit de sortie, les culots en bakélite ne présentent pas cet inconvénient et sont généralement employés aujourd'hui. On constate des effets analogues, consécutifs à la dilatation de divers organes au moment où on établit les connexions du circuit de chauffage. Les vibrations mécaniques, au cours de cette manœuvre, se transmettent aux éléments des tubes, aux bobines de self et aux condensateurs variables et produisant également des bruits parasites. On y a remédié en employant des supports élastiques de lampes et en fixant chaque élément sensible aux variations sur un panneau séparé, monté lui-même sur caoutchouc.

Les recherches de laboratoire ayant trait à cet appareil et la com-

paraison de celui-ci à d'autres types de microphones, nous ont conduits à une méthode de mesure de bruit de fond pratique digne d'intérêt.

Le rapport entre le volume du courant téléphonique et le bruit de fond dans le circuit de sortie constitue un critérium et, pour le mesurer, il est d'abord nécessaire d'en donner une définition logique qui peut être l'atténuation que l'énergie téléphonique doit subir pour être tout juste distinguée du bruit de fond.

Pour expérimenter dans cet ordre d'idées, il importe de disposer des procédés d'atténuation de courant téléphonique, qui n'affectent pas le niveau de bruit, et la méthode dépend précisément du type de microphone à essayer. Nous examinerons plusieurs cas. Pour le microphone en question, le montage de la fig. 7 semblait le plus

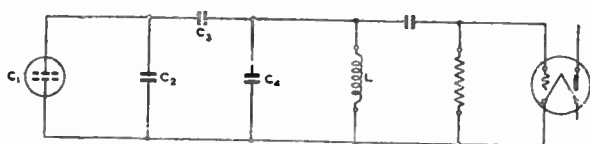


Fig. 7. — Dispositif de mesure du bruit de fond pour le circuit à h. f. du microphone condensateur.

indiqué, la tension haute fréquence étant induite dans la self L comme précédemment. C_1 représente le microphone condensateur, C_2 une capacité correspondant à environ 5 mètres de câble sous plomb

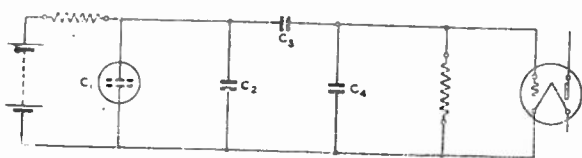


Fig. 8. — Dispositif de mesure du bruit de fond pour le circuit ordinaire du microphone condensateur.

connectant le microphone aux appareils de mesure. C_2 est un petit condensateur de couplage, C_4 un condensateur de compensation réglé à une valeur telle qu'elle corresponde à la capacité totale aux bornes de la self L , égale à la capacité du microphone condensateur seul.

Il est évident que l'effet du condensateur en série C_3 est double. Tout d'abord, la tension haute fréquence appliquée au microphone condensateur est diminuée du fait de ce dernier dans le simple rapport d'atténuation du circuit. Ensuite une composante variable de cette

tension consécutive aux variations de C_1 sera atténuée dans le même rapport, avant d'atteindre la grille du tube redresseur. Il est donc évident, sans aucun calcul, que le rapport de la variation effective de capacité sur la grille, à la variation de C_1 , est proportionnel au carré du coefficient d'atténuation, ou, en appelant C_0 la capacité résultante du système C_1, C_1, C_2, C_3 , au bornes de L.

$$\frac{dC_0}{dC_1} = \left(\frac{C_3}{C_1 + C_2 + C_3} \right)^2.$$

Ceci montre que le rapport de la variation de capacité aux bornes de L, consécutive à une impulsion acoustique, à la variation de capacité produite, par la même impulsion, quand le microphone se trouve directement connecté à la self (comme dans le circuit normal) est égal à :

$$\left(\frac{C_3}{C_1 + C_2 + C_3} \right)^2.$$

Aucune autre modification n'apparaît dans le circuit. La capacité totale aux bornes de L est normale et par conséquent le bruit de fond dû au tube, est normal. La manœuvre consiste à régler C_3 et C_2 jusqu'à ce que la parole devienne juste audible par rapport au niveau de bruit, en conservant l'accord et en augmentant l'amplification à un degré suffisant pour que le bruit de fond soit facilement perçu. Pour ce réglage, le niveau de bruit, et non pas l'insuffisance d'intensité de la parole, constitue le facteur limite d'audibilité de la parole.

L'expression :

$$\left(\frac{C_1 + C_2 + C_3}{C_3} \right)^2$$

est donc une mesure du rapport signal-bruit.

Si on désire mesurer le rapport signal-bruit, pour le microphone condensateur, en utilisant le circuit normal de la fig. 1, le montage le plus facile est celui de la fig. 8.

Il est évident que l'effet de ce montage consiste, comme précédemment, à réduire la variation de capacité entre grille et filament du tube amplificateur, dans un rapport connu, par rapport à la variation de capacité du microphone.

De même, comme précédemment, afin de maintenir constantes les conditions de circuit, et, par conséquent, le bruit de fond à sa valeur normale, la capacité résultante entre grille et filament est rendue égale à la capacité initiale du microphone.

Aux fréquences de l'ordre de 1000 pour lesquelles les conductances provenant des résistances de fuite peuvent être négligées par

rapport aux capacitances de C_1 et C_4 , le coefficient d'atténuation est donné approximativement par l'expression :

$$\left(\frac{C_3 + C_4}{C_3} \right) \times \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1} \right)$$

C_2 étant pratiquement faible par rapport à C_3 . Comme dans le cas précédent, la mesure est faite en réglant les valeurs des capacités, de telle sorte que la parole devienne tout juste audible, au travers du bruit. Le rapport signal-bruit est alors donné par :

$$\left(\frac{C_3 + C_4}{C_3} \right) \times \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1} \right)$$

En essayant un microphone à charbon, il est généralement impossible ou très difficile d'affaiblir directement le courant téléphonique dans un rapport connu sans changer également le bruit de fond, sauf en augmentant la distance entre la personne qui parle et le microphone. Cette méthode n'est pas satisfaisante, en général, étant donné que, abstraction faite d'autres difficultés, les ondes sonores peuvent atteindre le même ordre de grandeur que le bruit de la salle.

Le problème a été finalement résolu en parlant simultanément dans deux microphones équidistants, l'un étant l'appareil à essayer, l'autre un microphone à charbon de bonne qualité ; on utilisait différents types d'amplificateurs et on réglait les gains jusqu'à ce que l'indicateur de volume fournisse des indications identiques ; le microphone à essayer était ensuite placé dans un coffret isolé acoustiquement situé dans une pièce voisine, tandis que le circuit de sortie de l'amplificateur du microphone à charbon était connecté en série avec celui de l'amplificateur du microphone à essayer. La dernière opération consistait à atténuer le courant traversant ce dernier jusqu'à ce qu'il disparaisse dans le bruit de fond. Étant donné que l'atténuation nécessaire était de l'ordre de 40 décibels, le bruit provenant de l'appareil de comparaison pouvait être négligé. Le bruit de fond résultant, provenait entièrement du microphone d'essai, l'amplitude de ce bruit de fond restant constante. Les deux amplitudes de courant de conversation étant amenées à égalité, il est évident que le rapport de la parole, au bruit de l'appareil à l'essai, était égal à l'atténuation ajoutée au microphone de comparaison.

Nous donnerons quelques résultats d'expérience qui peuvent être intéressants.

Amplitude du courant de sortie. — La fig. 9 donne une idée assez exacte de la sensibilité de l'appareil, mais il y a peut-être lieu de

rappeler que pour une voix moyenne, provenant d'un point situé à 1,65 m. de l'appareil, le niveau du courant de sortie sera de 20 décibels (le niveau de zéro correspondant à 5,9 milliwatts, — 20 décibels correspondent à une pointe instantanée de 0,059 milliwatts).

Caractéristique de fréquence. — Des essais ont été effectués avec l'équipement complet, à l'aide du thermophone étalon. Les résultats montrent que le circuit haute fréquence comparé à la méthode habi-

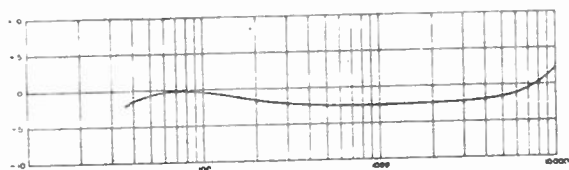


Fig. 9. — Caractéristique de l'ensemble de l'appareillage.

En abscisses : les fréquences en périodes par seconde. En ordonnées : le niveau du débit en décibels. Le niveau 0 correspond ici à $4 \cdot 10^{-3}$ volts pour $200 \omega / \text{dyne/cm}^2$.

tuelle utilisant le microphone, produit une variation inférieure à deux décibels pour toutes les fréquences jusqu'à 10.000 cycles. La caractéristique principale de l'ensemble de l'appareil à haute fréquence est visible fig. 9. Jusqu'à 8.000 cycles, la caractéristique est comprise entre — 1,5 décibel et + 1,5 décibel ; au delà on peut constater une légère élévation qui est plutôt un avantage si on tient compte des défauts de l'appareil récepteur.

Bruit de fond. — Nous avons étudié par une série de mesures le rapport signal-bruit pour l'appareil à haute fréquence.

Pratiquement, ces résultats montrent que, en fonctionnement normal au studio, le bruit de fond est nul.

Nous avons également expérimenté dans les conditions normales du studio dans le but de déceler la distorsion non linéaire au cas où elle existerait. Un microphone à charbon sans diaphragme et d'excellente qualité, était placé à côté du microphone condensateur, le premier accusait de la surcharge pour l'orchestre du studio alors que le microphone condensateur en était exempt.

par G. H. J. HORAN
de l'Observatoire de Ksara

Une bobine de grille accordée par un condensateur variable est intercalée entre les deux grilles et le pôle (—) du filament de la lampe bigrille. La grille intérieure est réunie directement à un des bouts de la bobine et se trouve ainsi polarisée au (—) du filament; la grille extérieure est réunie au même bout de la bobine par l'inter-



médiaire d'un petit condensateur de détection et polarisée positivement par le moyen d'une résistance de fuite réunie au + filament.

Le circuit de plaque contient une bobine de réaction convenablement accouplée au circuit de grille. (Voir fig. 1).

La figure 2 donne un schéma pratique et de grand rendement pour la réception des ondes modulées.

Un potentiomètre associé avec la résistance de fuite est employé pour la polarisation de la grille de détection.

La réaction est ajustée par un condensateur différentiel en série avec la bobine de plaque, l'une des séries des plaques fixes étant réunie à la bobine, l'autre à la plaque de la bigrille, les plaques mobiles étant à la masse et au (—) du filament. C_1 est un condensateur de sûreté et est facultatif.

La bobine d'arrêt R. F. I. doit être choisie de façon à avoir peu d'impédance pour la moyenne fréquence tout en bloquant efficacement la fréquence de l'onde reçue.

La bobine d'arrêt R. F. II. au contraire doit bloquer aussi complètement que possible la fréquence de M. F. qui est dérivée par le condensateur C_3 à travers une partie du primaire du filtre passe-bande de l'amplificateur M. F. (Cette bobine peut être remplacée par un circuit bouchon accordé sur la moyenne fréquence).

Pour améliorer la sélectivité qui est forcément un peu floue sur ce montage, il est bon de choisir pour l'amplificateur M. F. une fréquence assez basse; 30 kilocycles conviennent bien, ce qui permet de réaliser encore assez facilement un filtre passe-bande d'environ 8 kilocycles.

Tel quel le montage est d'un maniement extrêmement facile. La recherche et l'accord d'un poste est même plus facile qu'avec le montage classique d'une simple lampe à détection à réaction, surtout si l'on emploie un milliampèremètre pour surveiller le dosage de la réaction.

Dans une localité où le rayonnement de l'antenne de réception serait une gêne pour d'autres récepteurs, il faut accoupler l'antenne au circuit oscillant par une lampe à grille écran et, si l'on ne craint pas un réglage de plus, par l'intermédiaire d'un circuit d'accord, ce qui augmente beaucoup la sélectivité et un peu la sensibilité.

G. H. J. HORAN.