

L'ONDE ELECTRIQUE

RADIOÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS
SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

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

Dans ce numéro :

LES ONDES COURTES DANS L'AVIATION,
par R. HERMANN et P. GRENIER.

LA RÉCEPTION EN TÉLÉVISION, (suite et fin)
par R. BARTHÉLÉMY.

UN NOUVEAU RADIOGONIOMÈTRE A LECTURE
DIRECTE, par J. MARIQUE.

L'AMPLIFICATION DE COURANTS PHOTO-
ÉLECTRIQUES FAIBLES, par le R. P. LEJAY.
ANALYSES.

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

E. CHIRON, Editeur, 40, rue de Seine - PARIS (vr°)

L'ONDE ÉLECTRIQUE

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

ABONNEMENT D'UN AN
France..... 80 fr.
Étranger { tarif faible . 70 fr.
 { tarif fort.... 80 fr.

Etienne CHIRON
ÉDITEUR
40, rue de Seine - PARIS
CHEQUES POSTAUX: PARIS 53-28

PRIX
DU NUMÉRO : 6 fr.
Tél. : LITRÉ 47-49

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 celles 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.

LES ONDES COURTES DANS L'AVIATION

par **R. HERMANN** et **P. GRENIER**,

Ingénieurs aux Etablissements Radio L.L.

SOMMAIRE. — Avantages et inconvénients des ondes courtes. — Intérêts des postes d'avions, mixtes à ondes courtes et longues, et à émission simultanée sur les deux gammes. — Description des modèles Radio L.L. AL. 27 et AL. 31. — La réception des ondes courtes en vol. — Caractéristiques des postes d'aérodromes correspondants.

L'importance des services que l'aviation demande à la T.S.F. va sans cesse en croissant. Si nous nous bornons au cas de l'aviation civile à grand rayon d'action, nous constatons que l'appareillage de T.S.F. doit satisfaire à trois ordres de besoins :

d'abord, permettre à l'avion de rester en liaison avec un aérodrome, autant que possible celui d'arrivée, pour qu'il puisse être suivi dans son voyage, et pour qu'il puisse recevoir tous les renseignements utiles, en particulier sur les conditions météorologiques qu'il rencontrera au cours de son trajet :

d'autre part, permettre à l'avion d'effectuer lui-même son propre relèvement radiogoniométrique, ou de se faire relever par des stations radiogoniométriques fixes ;

enfin, en cas de panne, fournir à l'avion la possibilité de signaler sa situation et de maintenir la liaison jusqu'à l'arrivée des secours.

Cet ensemble de problèmes est complexe, d'autant plus que les rayons d'action des avions augmentent sans cesse, ce qui nécessite des appareils de T.S.F. à grande portée. Le poids et l'encombrement des appareils montés à bord doivent d'ailleurs être aussi réduits qu'il est possible, sans que cela nuise à la sécurité du fonctionnement.

Les postes couramment employés jusqu'à ces dernières années, utilisaient seulement les ondes longues qui se prêtent mal à la satisfaction de la plupart de ces besoins.

Le poids d'un poste émetteur à ondes longues augmente très rapidement avec sa portée : la puissance croît, en effet, à peu près comme le carré de la portée, et le poids augmente un peu moins vite que la puissance. Les chiffres auxquels on arrive sont rapidement prohibitifs, s'il s'agit d'assurer une liaison sûre et parfaitement régulière, quelles que soient les conditions atmosphériques et l'heure de la journée.

Ces valeurs élevées du poids et de l'encombrement constituent un premier inconvénient : Il en est d'autres ; les parasites, plus sensibles sur ondes longues que sur ondes courtes, peuvent affecter gravement les liaisons, surtout dans les pays à climat tropical.

Enfin, l'emploi des ondes longues nécessite un aérien d'assez grandes dimensions : en vol une antenne pendante, organe fragile, particulièrement exposé lorsque l'avion ou l'hydravion, par gros temps, est obligé de voler bas. et, lorsque l'avion est posé, une antenne de capacité aussi élevée que possible, soutenue en général par un mât pneumatique. Cette dernière antenne a d'ailleurs une très faible résistance de rayonnement.

Voilà donc trois gros inconvénients des ondes longues : le poids et l'encombrement élevés ; les parasites, les aériens. Ces inconvénients ne se rencontrent plus avec les ondes courtes. On sait en effet quelles portées considérables peuvent être réalisées par l'émission d'ondes courtes de faibles puissances. Les parasites affectent beaucoup moins les ondes courtes, de longueur inférieure à 60 mètres que les ondes longues. Enfin, il devient possible d'utiliser de petites antennes fixes, aussi bien pour l'émission en vol, que pour l'émission au sol, ou en amérir.

Il y a encore quelques années, on hésitait pourtant à se fier aux ondes courtes, en raison des zones de silence, dont les propriétés étaient mal connues. Il n'en est plus de même actuellement : de nombreux essais systématiques ont été effectués : essais en vol comme, en Amérique, ceux du Naval Research Laboratory, en Allemagne ceux du Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, et en France ceux du Capitaine Guyot, essais au sol au premier rang desquels il faut citer ceux du Capitaine Bureau. Grâce à ces essais, il est devenu possible de prévoir avec certitude la longueur d'onde à utiliser pour réaliser une liaison, les conditions de temps et d'espace étant données.

Mais, l'objection des zones de silence étant écartée, il en reste une autre, beaucoup plus sérieuse : la radiogoniométrie des ondes courtes est impossible, et un avion qui n'est muni que d'un émetteur à ondes courtes, doit renoncer à obtenir son relèvement, en appelant les stations radiogoniométriques fixes. Sans doute, l'avion peut obtenir son relèvement de façon différente ; il peut, en particulier être pourvu d'un radiogoniomètre de bord, et obtenir son point par relèvement d'émetteurs à ondes longues dont la position lui est connue. Des radiophares peuvent lui simplifier le problème, mais sans le résoudre.

La solution qui consiste à employer un radiogoniomètre de bord est pleinement satisfaisante, lorsque l'appareil suit une route jalonnée

d'émetteurs dont la position et la puissance sont convenables ; mais ce n'est pas là le cas général, en particulier pour les liaisons à très grandes distances. Il est évidemment beaucoup plus économique de prévoir pour ces dernières des stations radiogoniométriques pourvues d'émetteurs suffisants pour maintenir la liaison avec l'avion, mais n'ayant pas la marge de puissance qui serait nécessaire pour permettre la radiogoniométrie à bord ;

Nous voyons donc apparaître les avantages considérables des ondes courtes (légèreté et faible encombrement pour un très grand rayon d'action, suppression des parasites à la réception, grosse simplification des aériens), mais aussi leur grosse insuffisance en matière de radiogoniométrie. Nous pensons que c'est là la raison essentielle, pour laquelle les postes d'avion à ondes courtes seulement ne sont guère employés, bien que des prototypes intéressants aient été réalisés dans divers pays.

C'est ainsi que, en 1927, l'avion de raid américain Spirit of Dallas, qui périt dans le Pacifique, était muni d'un émetteur à ondes courtes, émettant sur 33 mètres ; lorsque cet avion lança son S.O.S., il fut entendu à des distances énormes, à New-York et même en Italie ; de même, les avions de Wilkins, puis de Byrd, en 1926 et 1927, équipés pour survoler le pôle nord, étaient munis d'émetteurs à ondes courtes qui ont donné pleine satisfaction.

En présence des gros inconvénients présentés, d'une part par les émetteurs à ondes courtes, d'autre part par les émetteurs à ondes longues, il est évident qu'une solution se dégage d'elle même : l'emploi de postes mixtes, pouvant émettre soit sur ondes longues, soit sur ondes courtes. Le problème de la liaison entre avion et sol semble ainsi résolu d'une façon particulièrement satisfaisante.

Envisageons quelques cas particuliers pour mettre mieux en évidence les avantages de ce système. Supposons qu'un hydravion se trouve obligé de voler, à très faible altitude au-dessus de la mer ; il doit communiquer avec ses aérodromes, qui, s'ils restaient sans nouvelle, agiraient comme si l'avion était en détresse et mettraient en branle les moyens de secours dont ils disposent. Si l'hydravion ne dispose que d'un émetteur à ondes longues, sa tâche sera rendue délicate par les difficultés inhérentes à l'antenne pendante ; celle-ci se rompra fréquemment, d'où nécessité, soit de la remplacer, soit de travailler avec une longueur de fil réduit en réaccordant l'antenne, et en fonctionnant avec une hauteur de rayonnement très inférieure à la normale. Si l'avion peut émettre en ondes courtes, cette difficulté

disparaît, il pourra maintenir aisément la liaison, et n'aura à émettre sur ondes longues que pour faire effectuer son relèvement.

De même, un avion dont les communications risqueraient d'être gênées par les parasites, peut effectuer son trafic sur ondes courtes, et de faire relever sur ondes longues : l'émission destinée aux relèvements peut d'ailleurs être un trait continu, si la réception de la télégraphie est mauvaise sur ondes longues.

Une telle méthode peut également soulager grandement le travail de veille, la veille consistant en une écoute normale sur ondes courtes, qui peut être doublée par une écoute sur ondes longues servant uniquement pour les relèvements radiogoniométriques.

Un avion de grand raid, ou même un avion de navigation commerciale civile à grand rayon d'action, pourra maintenir sa liaison sur ondes courtes avec son point de départ ou son point d'arrivée, et se faire radiogoniométrer en cours de route par les stations les plus proches de lui ; il pourra également communiquer avec les bateaux sur 600 mètres ; et s'il est obligé de se poser ou d'amérir, les avions ou les bateaux de dépannage pourront se diriger vers lui en le radiogoniométrant.

Les avantages de ces émissions mixtes ont entraîné déjà de nombreuses réalisations.

C'est ainsi que l'avion « Américan Légion » dont la fin devait être tragique, fut équipé par la Westinghouse Company d'un poste à ondes mixtes, pouvant émettre soit sur 45 mètres, soit sur 600 mètres, l'onde de 45 mètres étant stabilisée par quartz.

Depuis plusieurs années, il existe sur le marché français des postes d'avion à ondes mixtes, courtes et longues, et la faveur immédiate que cette solution a rencontrée auprès des Compagnies de navigation aérienne, montre à quel point ce progrès répondait à un besoin.

En particulier, la Compagnie générale Aéropostale, l'Air-Union-Aéronavale, et actuellement la C.I.D.N.A. s'orientent très nettement dans cette voie. La Compagnie Transatlantique aérienne, en 1929 et en 1930, a équipé son hydravion catapulté de l'île de France avec un postes à ondes mixtes. Et une démonstration particulièrement éclatante par le retentissement qu'elle a eu dans le grand public a été faite par Mermoz, tant lorsqu'il a battu les records du monde du circuit fermé, que lorsqu'il a traversé l'Atlantique Sud, à l'aller et au retour.

L'équipage Mermoz-Gimié-Dabry communiquait par un poste Radio L.L. AL 21 bis avec le réseau de la Compagnie Générale Aéropostale. Ce poste, d'une puissance de 300 à 450 watts alimentation

était capable d'émettre sur les 2 gammes : 15-60 mètres et 450-950 mètres. La route suivie par l'hydravion était jalonnée de postes émetteurs-récepteurs munis de radiogoniomètres. Entre ces 7 stations terrestres et ces 5 postes marins (de fabrication Radio L. L.) était combiné un système de retransmissions qui devait permettre à la

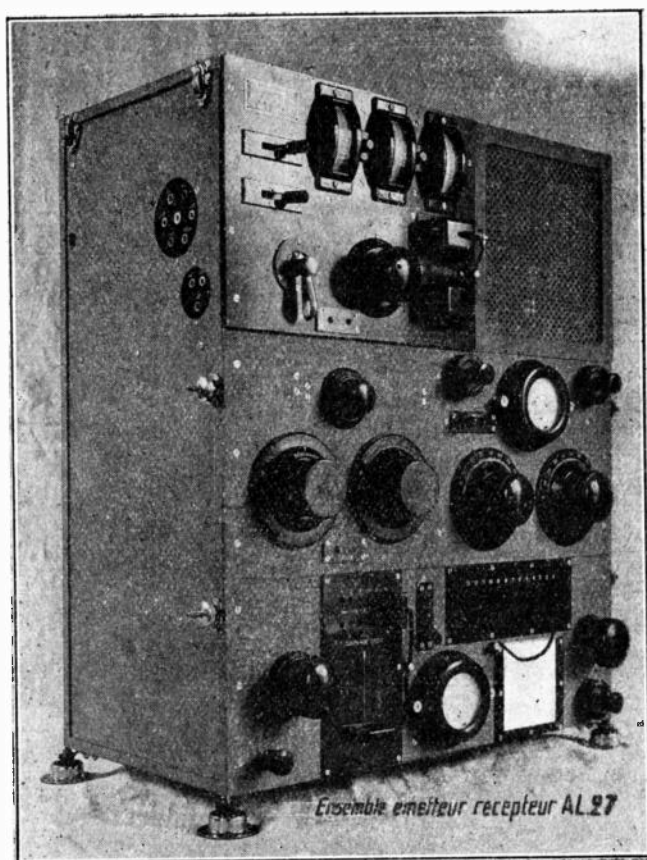


Fig. 1. — Poste d'avion à émission simultanée, type AL 27.

Direction de Paris de recevoir constamment des nouvelles de l'appareil.

Les résultats obtenus surpassèrent toutes les prévisions : les émissions faites par Gimie sur 33 mètres de longueur d'onde furent directement entendues à Toulouse et à Paris, où furent ainsi recueillis par un super-hétérodyne, et écouté sur haut-parleur, des signaux émis à 7.000 kilomètres de distance. Le fonctionnement sur ondes longues ne fut pas moins satisfaisant : la station radiogoniométrique

de Saint-Louis du Sénégal put relever la position de l'hydravion alors qu'il se trouvait à une distance de 1.000 kilomètres ; ce qui constitue une portée remarquable. Enfin, au retour, c'est à la possibilité d'utiliser les ondes longues que Mermoz dut de pouvoir s'approcher d'un bateau et d'être recueilli par lui.

Nous avons déjà cité le « Spirit of Dallas », qui équipé pour émettre sur ondes courtes seulement, fut entendu à des distances considérables, mais ne put communiquer avec les bateaux qui l'auraient sauvé : la comparaison de ces deux raids fournit l'argument le plus éloquent en faveur des postes mixtes !

Toutefois, quelques inconvénients peuvent encore apparaître dans certains cas.

D'une part, au moins pendant les périodes d'essais, l'utilisateur peut craindre de ne pas recevoir sur ondes courtes, en raison des zones de silence, des messages que la puissance du poste lui aurait permis de recevoir sur ondes longues.

D'autre part, il peut redouter que des erreurs d'horaire se produisent, le trafic n'ayant plus la simplicité idéale des émissions s'effectuant sur une seule longueur d'onde.

On voit ainsi apparaître l'utilité de l'émission simultanée sur ondes longues et sur ondes courtes, qui donne d'ailleurs des sécurités supplémentaires, lorsque l'écoute s'effectue sur un récepteur qui permet de passer instantanément des ondes longues aux ondes courtes ; en cas de brouillage sur une onde, il suffit de passer sur l'autre.

En outre, les postes mixtes dont il a été question jusqu'à présent étaient, soit des postes où l'émetteur d'ondes courtes étaient entièrement distinct de l'émetteur d'ondes longues (l'alimentation et la boîte de commande seulement étant communes) soit des postes pourvus de blocs amovibles, l'un pour les ondes longues, l'autre pour les ondes courtes. La solution qui consiste à employer des blocs amovibles n'est plus admissible lorsqu'on se propose de pouvoir réaliser simultanément l'émission sur ondes longues et sur ondes courtes ; on est amené à réaliser un matériel plus compact et plus pratique.

Nous pouvons citer comme exemple de réalisation de ce genre, les postes Radio L.L. du type AL 27 et du type AL 31.

Ce sont des postes monoblocs, un même coffret métallique renfermant les organes d'émission d'ondes longues et d'ondes courtes, et un récepteur à ondes longues. Le coffret est destiné à être fixé élastiquement à l'avion ; des tiroirs amovibles renferment tous les élé-

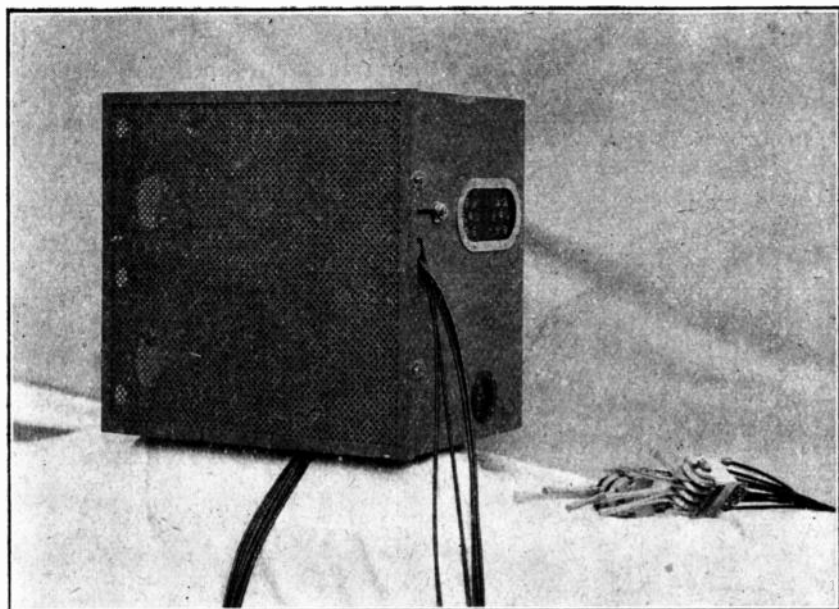


Fig. 2. — Poste d'avion à émission simultanée, type AL 31 (avec couvercle).

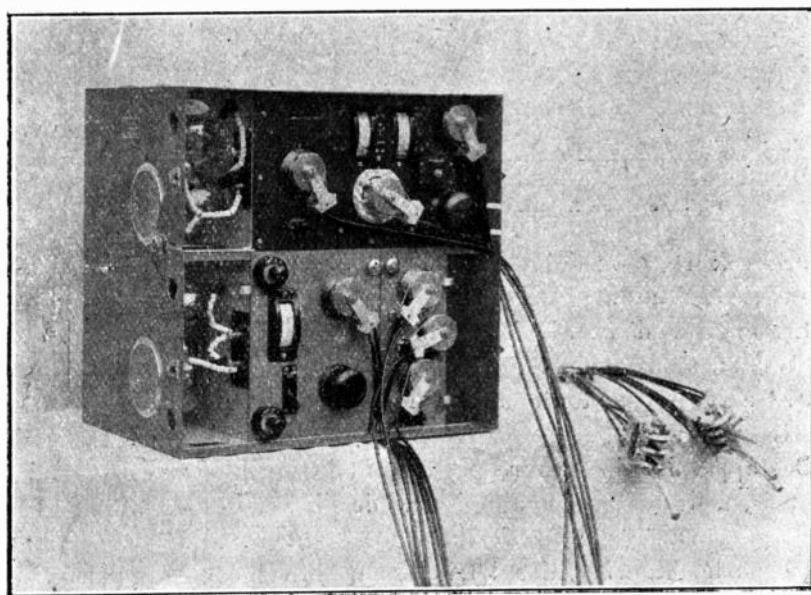


Fig. 3. — Poste d'avion à émission simultanée, type AL 31 (sans couvercle).

ments; l'entretien et la réparation sont ainsi facilités dans la plus large mesure.

Les coffrets et l'armature des tiroirs sont en duralumin recouvert d'un vernis protecteur. Toutes les pièces dont le remplacement doit être prévu (condensateurs d'arrêt ou de circuit oscillant, selfs de choc, résistances) sont amovibles.

Les deux postes utilisent les mêmes gammes de longueurs d'onde sur ondes courtes : 15-60 mètres. Le montage ondes courtes est du

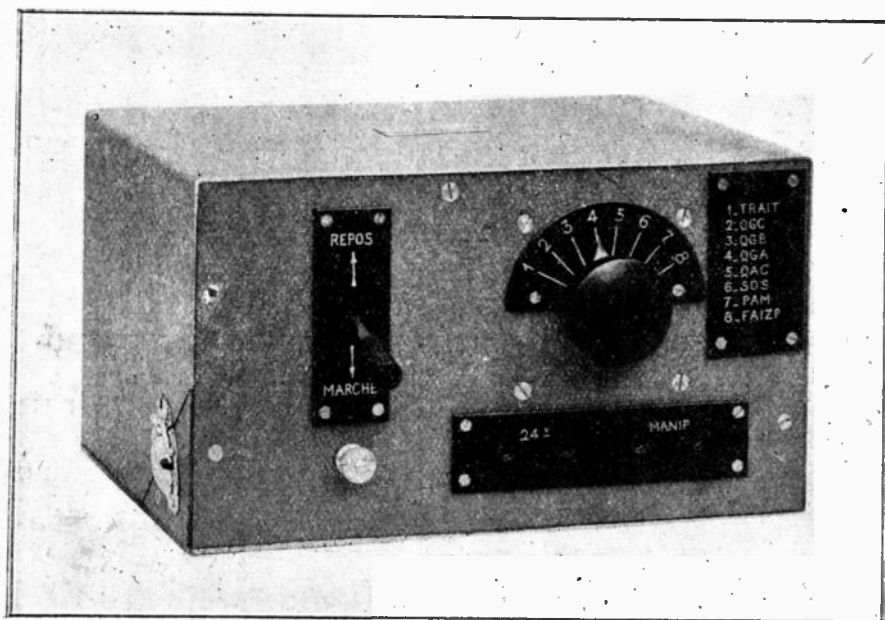


Fig. 4. — Manipulateur automatique pour postes d'avion.

genre « Hartley »; l'alimentation anodique s'effectue en série avec le circuit oscillant.

Les organes d'accord d'antenne comprennent une self réglable et un condensateur variable, qui permettent d'accorder n'importe quelle petite antenne sur toute la gamme de longueurs d'onde du poste émetteur.

Des appareils de mesure permettent le contrôle de la tension de chauffage, de la tension anodique, de l'intensité anodique et de l'intensité d'antenne. Des fusibles protègent les différents circuits.

Le poste AL 27 utilise 4 triodes du type E. 4.; deux fiches permettent trois modes de fonctionnement :

Les quatre lampes, montées en parallèle, peuvent émettre sur

ondes courtes; ou bien, elles peuvent émettre sur ondes longues ou encore deux lampes peuvent émettre sur ondes courtes, tandis que les deux autres émettent sur ondes longues.

Le poste AL 31 emploie une autre solution; les circuits ondes longues et ondes courtes sont entièrement séparés et les triodes qui oscillent sur ondes longues sont distinctes de celles qui oscillent sur ondes courtes. Elles sont d'ailleurs toutes du type E. 4. L'émission peut être réalisée soit avec deux triodes oscillant sur ondes longues, soit avec deux triodes oscillant sur ondes courtes, soit avec deux triodes oscillant sur ondes longues et une troisième oscillant simultanément sur ondes courtes.

Sur ce poste peuvent être commandés à distance : le changement de mode d'émission (ondes longues, ondes courtes, ondes courtes et longues), les réglages du récepteur, le changement de longueur d'onde dans la grande gamme (trois longueurs d'onde sont repérées à l'avance), l'accord d'antenne ondes longues et l'accord d'antenne ondes courtes. Deux ampèremètres thermiques (un dans l'antenne ondes longues, l'autre dans l'antenne ondes courtes) permettent de contrôler l'accord d'antenne. Un commutateur « Emission Repos-Réception » est monté sur le manipulateur; un blocage est prévu sur la position « Repos ».

Les émetteurs ondes courtes de ces postes ne sont pas stabilisés par quartz; l'expérience montre que la stabilité obtenue, la suspension élastique étant convenablement étudiée à bord de l'avion et la construction des circuits haute fréquence étant particulièrement soignée, est très largement suffisante pour les besoins de la pratique. On y gagne, outre une très grande simplicité donc une sécurité accrue, la possibilité de changer instantanément de longueur d'onde dans une plage étendue; enfin, la puissance est beaucoup plus considérable que dans des postes d'avion stabilisés par quartz.

L'aérien utilisé est presque toujours une antenne symétrique, dont les deux brins horizontaux sont fixés au voisinage du bord d'attaque du plan supérieur.

Les ensembles que nous venons de décrire ne sont pas normalement munis de récepteurs à ondes courtes. La réception des ondes courtes à bord d'avion ne répond pas, en effet, à un besoin aussi marqué que leur émission. Toutefois, cette question a été étudiée longuement et semble actuellement résolue. Les premiers essais furent effectués à l'aide de récepteurs simples, à trois lampes (une détectrice suivie de deux bases fréquences). On croyait ainsi avoir un appareil peu sensible aux parasites locaux, c'est-à-dire aux bruits de magnéto, et

néanmoins, suffisamment sensible aux émissions à recevoir, l'expérience courante des récepteurs à ondes courtes à terre montrant que des postes à trois lampes suffisaient pour assurer des liaisons à de très grandes distances.

Les premiers résultats furent assez décevants : l'intensité acoustique des signaux était souvent trop faible pour qu'ils fussent lisibles à travers les bruits mécaniques extérieurs (bruit de moteurs) et les parasites locaux (magnétos). De plus, on constata qu'une détectrice à réaction réglée à sa limite de sensibilité sur des ondes inférieures à 100 mètres se montre excessivement sensible aux bruits de magnétos, beaucoup plus que sur les ondes moyennes. Enfin, les montages

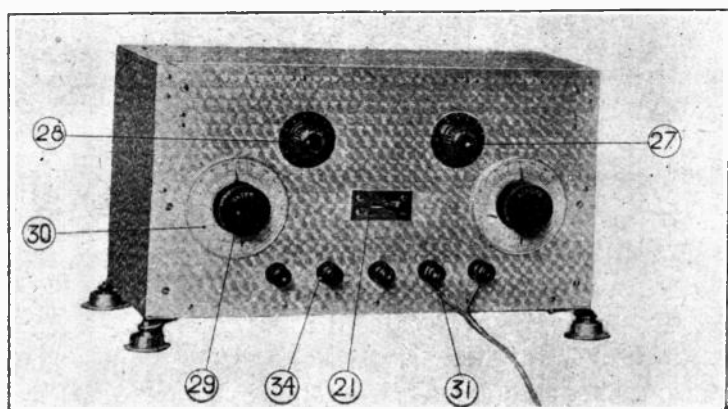


Fig. 5. — Récepteur d'avion.
Superhétérodyne à ondes courtes et longues, type 3385.

classiques de détectrices à réaction, où le contrôle de l'accrochage s'effectue au moyen d'un condensateur variable ou d'un couplage magnétique variable, sont d'un réglage assez délicat, surtout au maximum de sensibilité, et sont très sensibles aux moindres actions mécaniques extérieures (accélérations, vibrations, etc...). Au total le rapport $\frac{\text{signal}}{\text{parasite}}$ restait très faible, sauf à petite distance de l'émetteur. L'avantage primordial des ondes courtes : la grande portée à faible puissance, devenait lettre morte. La question était donc à revoir.

D'autre part, l'emploi d'un récepteur à ondes courtes distinct du récepteur à ondes longues augmentait le poids et l'encombrement de l'appareillage de T. S. F. Une solution se présentait puisque l'émetteur était mixte, faire un récepteur également mixte à ondes

courtes et ondes longues. Or, depuis plusieurs années déjà, il existait des superhétérodynes (type 15-3000 m. Radio L.L.) fonctionnant aussi bien sur ondes courtes que sur ondes longues. Il suffisait d'alléger un récepteur de ce type et d'en réduire les dimensions pour obtenir un récepteur mixte pour avion (le type 3.385 Radio L.L.) présentant les avantages suivants :

1° *Sur ondes longues*, très grande sensibilité permettant de l'utiliser, avec un petit cadre tournant, comme radiogoniomètre de bord. Un

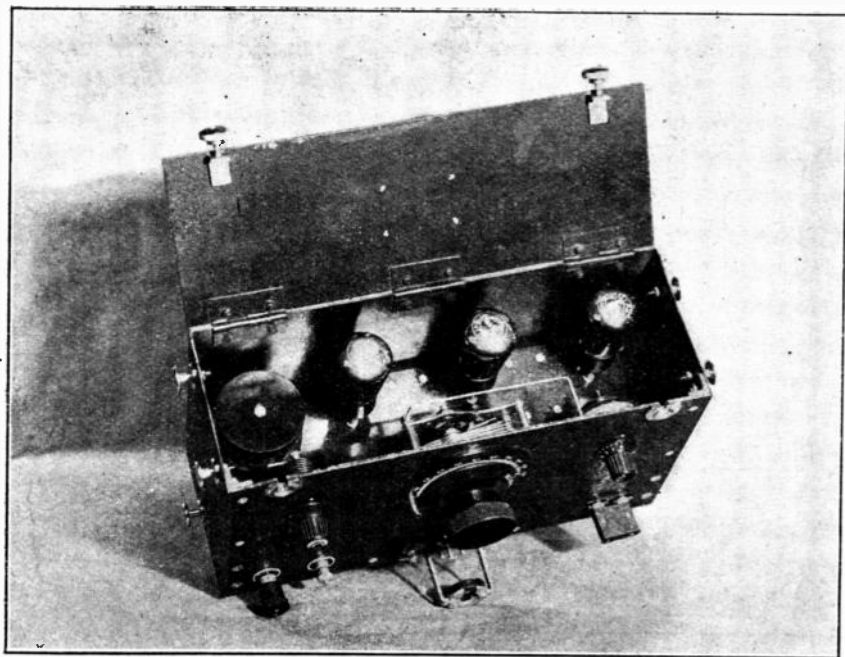


Fig. 6. — Récepteur d'avion à ondes courtes, type 1104.

commutateur permet de passer de ce cadre sur l'antenne normale de réception.

2° *Sur ondes courtes*, une sensibilité plus grande que celle d'une détectrice à réaction, si l'on pousse l'amplification moyenne fréquence au maximum, et une très grande stabilité. On peut donc, sans pousser l'amplification moyenne fréquence avoir une bonne sensibilité pour les émissions à recevoir, sans être gêné sérieusement par les bruits de magnétos. De plus, les réglages d'un superhétérodyne sur ondes courtes sont beaucoup plus faciles que ceux d'une détectrice à réaction : le réglage de l'accord, pour des longueurs d'onde inférieures à 60 m, est très flou,

et un désaccord, même important, se borne à diminuer l'intensité de réception, sans la réduire à zéro. Il est donc facile de trouver une émission, puis de la renforcer ensuite en retouchant à l'accord. Le réglage de l'accrochage moyenne fréquence est extrêmement stable et sur une gamme de longueurs d'onde très étendue n'a pas à être retouché. En résumé, seul le réglage du condensateur d'hétéro-

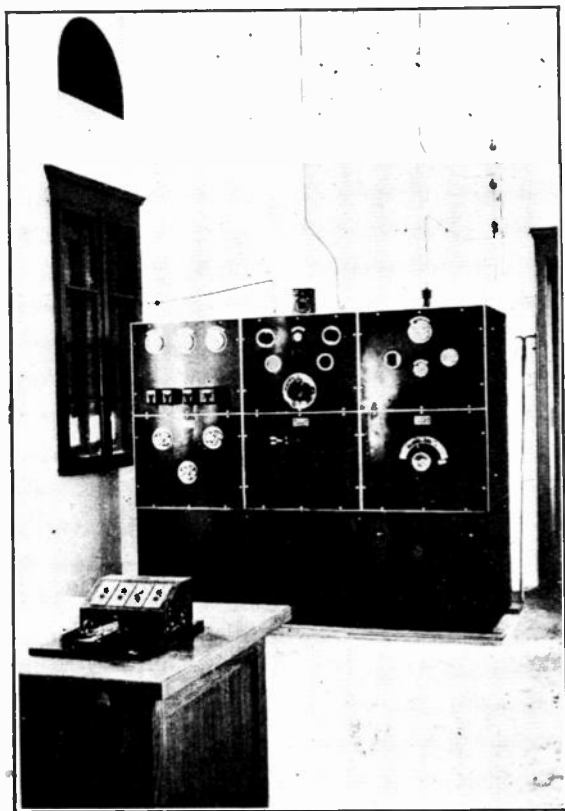


Fig. 7. — Emetteur d'aérodrome à ondes courtes et longues.
(On aperçoit, de gauche à droite, les 3 cabines : de commande, d'émission d'ondes courtes et d'émission d'ondes longues ; au premier plan, le pupitre de commande).

dyne est précis, et ce réglage est incomparablement plus stable que celui d'une détectrice à réaction. Au bout de très peu de temps un opérateur d'avion obtient ainsi d'excellents résultats.

Nous devons signaler qu'un récent effort vient d'être fait pour rendre pratiques à bord d'avion les récepteurs à trois lampes, dont nous avons parlé plus haut. En rendant fixes tous les couplages, et

en contrôlant la réaction au moyen d'une résistance variable, on arrive à obtenir un récepteur beaucoup plus « Aéronautique », comportant un minimum de pièces mobiles non équilibrées, donc peu sensible aux vibrations et aux accélérations. Ce montage améliore de plus la souplesse de l'accrochage. Un tel récepteur, est moins sensible évidemment qu'un superhétérodyne, mais, beaucoup plus léger, moins encombrant et il consomme moins de courant, ce qui diminue le poids de la boîte d'alimentation. Quand on ne fait pas de goniométrie à bord et qu'on peut se contenter sur ondes longues d'un récepteur à quatre lampes, on peut utiliser avantageusement ce petit récepteur à ondes courtes (type 1.104, Radio L.L.) qui, sans avoir la sensibilité énorme du superhétérodyne, donne toutefois des résultats très intéressants.

Bien entendu, le blindage des magnétos et de tout le circuit d'allumage s'impose, quel que soit le type de récepteur employé, et, du soin avec lequel aura été réalisé ce blindage dépendra souvent le bon fonctionnement de l'installation.

Signalons enfin que les avantages des postes mixtes à ondes longues et à ondes courtes ont été étendus aux postes d'aérodrome, qui peuvent ainsi appeler les avions sur ondes longues: ils peuvent, d'autre part communiquer entre eux sur ondes courtes. ce qui réduit la puissance nécessaire et diminue l'encombrement de l'éther sur grandes ondes. De nombreux postes d'aérodrome de 500 watts, 1 kilowatt et 2 kilowatts fonctionnent dans ces conditions.

Il est clair qu'un tel ensemble de postes mixtes à ondes longues et à ondes courtes, tant comme postes de bord que comme postes d'aérodrome, constitue un instrument particulièrement souple et propre à résoudre économiquement les problèmes les plus complexes que peut poser la navigation aérienne.

R. HERMANN et P. GRENIER.

LA RÉCEPTION EN TÉLÉVISION ⁽¹⁾

par R. BARTHÉLEMY

(Suite et fin).

LA SYNCHRONISATION

Nous avons ici l'impression d'aborder la partie la plus délicate, et d'importance capitale, de la télévision.

Nous avons, dans nos exposés précédents, supposé le problème résolu ; nous avons admis que le disque récepteur tournait à la même vitesse que le disque explorateur, situé à quelques kilomètres, et qu'un de ses trous se présentait exactement, en face de la lumière modulée, quand le trou correspondant du disque émetteur, permettait à la cellule photoélectrique de voir le point de l'image qui doit être reproduit à la réception.

Si les autres difficultés de la télévision ne sont pas à dédaigner, comme nous avons essayé de le montrer au cours de ces exposés, elles admettent des solutions *pratiques*, — nous insistons sur cet adjectif — qui ne sont pas au-dessus des difficultés ordinaires de notre métier : les questions d'exploration, d'amplification, de modulation à l'émission, puis celles posées par la mise au point des récepteurs à lumière modulée, que nous avons successivement étudiées sont de celles qu'on rencontre souvent dans les laboratoires de la Radio. Par contre, le problème de télémechanique, posé par la rotation synchrone de deux disques, à moins d'un dix millièrne de seconde près, avec la liaison par T.S.F., empruntant la même voie que la télévision, (c'est-à-dire sur la même longueur d'onde) une manœuvre simple, et un appareillage à la portée de tous, n'est pas de ceux dont la solution est évidente, et l'état actuel de la télévision le prouve abondamment.

Cette notion nous a incité à porter nos efforts principalement dans cette voie et, dans les exposés que nous aurons l'occasion de faire ultérieurement, vous pourrez mesurer notre contribution à cette étude. Pour l'instant nous resterons dans le cadre de cette conférence de documentation en indiquant les principaux moyens préco-

(1) Voir *Onde Electrique*, 10, juillet 1931, 281-302.

nisés depuis un demi-siècle par différents auteurs. Nous vous indiquerons cependant tout à l'heure les points essentiels de notre méthode.

La première solution, évidente, qui se présente l'esprit, consiste à caler sur l'axe tournant du disque explorateur, à l'émission, un générateur de courant alternatif, un alternateur A, qui fournira une tension dont la fréquence sera celle de la rotation et sa phase sera parfaitement déterminée par rapport à celle du passage devant l'image du premier trou T_1 du disque D_1 par exemple (fig. 20).

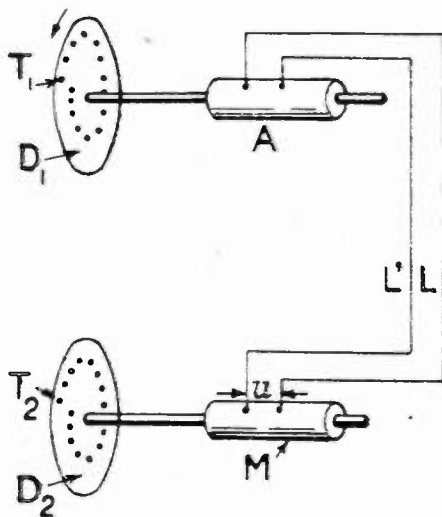


Fig. 20.

Cette tension u est appliquée par une ligne LL' ou par voie hertzienne à un moteur M , semblable au générateur A et qui fonctionnera en *moteur synchrone*. Il suffira d'amener ce moteur à la vitesse de synchronisme et, au moment où sa phase sera convenable, de le connecter à la tension synchronisante u pour qu'il conserve cette vitesse et que sa phase soit commandée par le générateur A .

Un calage approprié, sur l'axe de ce moteur, du disque récepteur D_2 permettra de reproduire par le premier trou T_2 une rotation identique, en vitesse angulaire et en phase ; à celle du trou correspondant T_1 de l'émetteur. Cette solution éminemment simple, serait admissible si le couple moteur qui prend naissance par suite d'un léger déphasage était infini par rapport au couple résistant, qui comprend des éléments variables, comme les frottements. On conçoit qu'une telle condition est difficilement remplie en pratique, elle est

peut-être possible dans une expérience de laboratoire, mais on ne voit pas un poste récepteur de T.S.F. fournir l'énergie de quelques centaines de watts que nécessite ce dispositif.

Un perfectionnement consiste à caler sur l'axe du moteur synchrone de réception un deuxième moteur qui a pour but d'équilibrer sensiblement tous les frottements au voisinage de la vitesse de synchronisme. Ce moteur peut être quelconque, continu ou alternatif, mais il est indispensable qu'il ne présente pas des variations importantes de couple. On est amené, en général, à choisir, un moteur shunt, alimenté par une batterie d'accumulateurs.

Le moteur synchrone est alors notablement réduit et une puissance synchronisante de quelques watts suffit, avec *des organes d'une haute perfection mécanique*, à maintenir, à l'aide d'une certaine surveil-

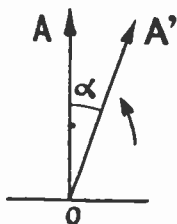


Fig. 21.

lance, un synchronisme acceptable. C'est cette disposition de principe que la plupart des inventeurs ont adoptée.

L'action synchronisante est maxima lorsque le moteur auxiliaire donne exactement au système la vitesse du synchronisme. Nous appelons action synchronisante le couple qui prend naissance par suite d'une variation accidentelle de la phase du récepteur, couple qui tient à ramener le disque à la phase convenable. Cette condition importante du réglage est facile à démontrer. Soit OA (fig. 21), la phase idéale du disque de réception correspondant rigoureusement à la phase du disque émetteur, le réglage du moteur auxiliaire doit être tel que, lorsque cette phase est atteinte, le couple moyen, dû au moteur synchrone soit nul. A ce moment la *stabilité* est maxima. En effet, supposons, pour simplifier que le moteur synchrone soit constitué par un induit mobile bobiné M , tournant entre deux pôles N.S. (fig. 22). Le raisonnement pourrait s'appliquer aisément à un moteur comportant un nombre quelconque de paires de pôles). Si cet induit est mù par le moteur auxiliaire, co-axial, à une vitesse régulière ω_2 et si, d'autre part, il est parcouru par un courant sinu-

soïdal de pulsation ω_1 , le couple *instantané*, donné par l'induit M, au temps t est de la forme :

$$C = A \sin \omega_1 t \sin \omega_2 t$$

ce qui peut s'écrire :

$$C = \frac{A}{2} [\cos (\omega_1 - \omega_2)t - \cos (\omega_1 + \omega_2)t] \quad (1)$$

Le couple *moyen*, en fonction de t est nul. Il n'est, en effet, composé que d'intégrales de termes sinusoïdaux. Quand ω_2 se rapproche de ω_1 (synchronisme) il y a des *battements* à période longue T ,

$$T = \frac{2\pi}{\omega_1 - \omega_2}$$

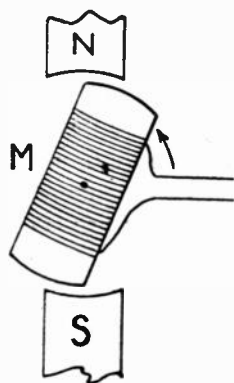


Fig. 22.

qui communiquent des retards ou des accélérations au moteur. Au cours de ces battements on passe par une vitesse :

$$\omega_2 = \omega_1$$

et un équilibre stable peut s'établir entre les couples moteur et résistant.

La valeur du couple à longue période est réellement celle du couple synchronisant, car durant cette période la valeur *moyenne* de terme en $(\omega_1 + \omega_2)t$ est sensiblement nulle.

Au synchronisme, s'il subsiste un décalage φ :

$$\varphi = \omega_1 t - \omega_2 t$$

le couple peut être désigné constant ou nul.

Dans ce cas $\omega_2 t = \omega_1 t - \varphi$ et l'équation (1) s'écrit :

$$C = A \sin \omega_1 t \sin (\omega_1 t - \varphi)$$

c'est-à-dire en développant et effectuant :

$$C = A \sin^2 \omega_1 t \cos \varphi - A \sin 2\omega_1 t \sin \varphi$$

Pour obtenir la valeur *moyenne* du couple synchronisant en fonction de la rotation, ou du temps, on procède à l'intégration de C . Le deuxième terme, en $\sin 2\omega_1 t$ donne une moyenne nulle, mais l'intégrale du premier terme a pour valeur :

$$C_1 = \frac{A}{T} \cos \varphi \int_0^T \sin^2 \omega_1 t dt = \frac{A}{2} \cos \varphi \quad (2)$$

Nous savons que φ est le « retard » de $\omega_1 t$ sur $\omega_2 t$; le couple synchronisant C_1 , positif dans le sens moteur est donc maximum quand le courant synchronisant passe par zéro ($\cos \varphi = 1$), dans le sens décroissant, au moment où l'induit arrive sous la ligne des pôles. Quand φ croît, le couple synchronisant s'annule pour :

$$\varphi = \frac{\pi}{2},$$

et s'inverse ensuite.

L'action *synchronisante* maxima a lieu quand, pour une variation de phase $d\varphi$, donnée, la variation de C_1 est maxima.

$$\text{Or :} \quad \frac{dC_1}{d\varphi} = -\frac{A}{2} \sin \varphi$$

C'est donc quand : $\sin \varphi = -1$

(ou retard φ de $\frac{\pi}{2}$), que l'action qui tend à remettre au calage correct l'induit décalé d'un angle φ , est maxima. Or, à ce moment, d'après l'équation 2, le couple synchronisant moyen C est nul ; ce que nous voulions démontrer.

La meilleure stabilité est donc bien obtenue, lorsque le couple fourni par le moteur auxiliaire donne avec précision la vitesse du synchronisme. Cette conclusion — à peu près évidente — montre l'importance de la constance de ce couple et l'on n'est plus étonné de constater que Baird, par exemple, ait été amené à utiliser de puissantes batteries d'accumulateurs pour faire tourner à vitesse constante le moteur auxiliaire à courant continu.

Quelques industriels américains ont estimé ces considérations un peu compliquées, et, dans certaines notices de pièces détachées, mises en vente pour le montage de récepteurs de télévision, on a pu trouver un petit moteur, genre ventilateur, simplement muni d'un rhéostat pour le réglage de la vitesse et de la phase.

On conçoit que les amateurs aient éprouvé quelques difficultés à voir l'image.

Une solution qui semble être extrêmement sûre et commode con-

siste à employer la fréquence du secteur alternatif pour régler identiquement la vitesse et la phase des moteurs de l'émetteur et du récepteur.

On peut, en effet, utiliser cette qualité que présentent les secteurs modernes, de l'unification de la fréquence, pour obtenir la similitude des rotations des moteurs, en adoptant pour ceux-ci la forme bien connue des moteurs synchrones, accrochés sur le réseau. On munira ces moteurs d'un train d'engrenages appropriés, s'ils tournent trop vite, ou mieux on pourra les prévoir avec le nombre de pôles suffisants pour que la vitesse de rotation soit de l'ordre de 16 tours par seconde. Aussi, un induit alimenté par du courant monophasé à 50 périodes, et tournant à l'intérieur d'un stator à 6 pôles, aura au synchronisme, une vitesse de $\frac{50}{3} = 16 \text{ tours } \frac{2}{3} \text{ par seconde.}$

On montera donc directement sur l'axe de ces moteurs les disques analyseurs. Cette disposition a été essayée en Allemagne et aux Etats-Unis. Elle n'a pas donné d'excellents résultats et son application, si simple *a priori*, nécessite des corrections constantes au cours du fonctionnement.

Une première objection à cette solution est la délicatesse de la manœuvre d'accrochage. Elle peut être résolue par l'adjonction d'un moteur auxiliaire qui amène la vitesse au voisinage du synchronisme.

Un autre inconvénient est l'incertitude de la phase de la rotation au synchronisme. En effet, dans un moteur à 6 pôles par exemple, l'induit peut occuper *indifféremment*, au moment de l'accrochage 3 positions décalées de 120° l'une par rapport à l'autre. Au moment de la mise en phase on n'a donc qu'une chance sur 3 de tomber sur la position qui convient à la visibilité de toute l'image.

Mais ceci ne serait qu'une difficulté de détail facile à éviter si l'on n'avait un autre inconvénient, prohibitif celui-là. C'est que, si la fréquence du réseau est bien constante sur de vastes étendues, il en est loin d'être de même pour la *phase* de la tension : Celle-ci est non seulement différente entre le point d'émission et chaque récepteur, mais elle *varie avec le temps*, en fonction de la charge des diverses parties du réseau. Ainsi, prenons le cas d'une installation alimentée, comme à Paris, par un petit transformateur par immeuble. Il suffira qu'un locataire allume brusquement quelques lampes, ou mette en route son aspirateur de poussière, pour que la phase de la tension secondaire varie de quelques degrés.

Or, la télévision exige une précision incompatible avec ces varia-

tions, dont la valeur croit au fur et à mesure qu'on s'éloigne du lieu d'émission.

Aux Etats-Unis, on a préconisé une correction de la phase; effectuée à la main, en tournant légèrement les inducteurs par rapport à l'induit; obligation bien pénible, avouons-le, si l'on envisage des spectacles de plusieurs heures, chaque soir.

Encore convient-il de remarquer que les variations de phase du secteur ne se traduisent, dans un tel moteur à 6 pôles, que par un décalage trois fois plus petit de la position de l'induit, par exemple une oscillation de phase de 6° ne décale l'image que de 2° .

Cette solution dont nous venons de montrer les inconvénients restait cependant, jusqu'à ces derniers temps, comme une de celles envisagées sérieusement. Elle évite en effet une trop grande complexité de l'émetteur et des récepteurs; la liaison pour le synchronisme ne passant pas par la haute fréquence et par l'antenne; mais par une connexion indépendante, toute installée: le secteur. Nous n'avons pas cru devoir nous y arrêter, malgré nos anciennes études sur les convertisseurs à accrochage automatique que nous aurions reprises avec intérêt pour cette nouvelle application.

Mais, pensera-t-on, puisque l'influence d'une variation de phase n'intervient que pour $\frac{1}{3}$ dans le décalage de l'image, avec un secteur dont la fréquence est 50, pourquoi n'arriverait-on pas à une quasi indépendance de ces variations si l'on utilisait une fréquence de liaison, par exemple, 10 fois plus élevée, 500 par seconde?

C'est, en effet, dans ce sens que le perfectionnement est possible; nous ne savons pas si des essais effectués sur lignes, en superposant des courants de fréquences musicales, 500 ou 1000, au courant du secteur ont été effectués, la solution paraît possible. Elle a d'ailleurs été tentée par T.S.F. et c'est la disposition de principe à laquelle les Anglais semblent s'être arrêtés actuellement. Elle n'évite pas, certes, et avec degré plus élevé, les critiques que nous avons formulées plus haut (accrochage délicat, incertitude de la phase à la mise au synchronisme) mais enfin elle vaut mieux que la solution simpliste du moteur série que nous indiquions précédemment.

Plusieurs auteurs, et très anciens, (Nipkow en 1884) ont prévu des moteurs synchrones analogues, qui ne sont autres que des roues phoniques — pour résoudre le problème. — Chacun sait que le moteur dénommé roue phonique fig. 23 comporte en principe une pièce de fer, R munie d'encoches tout comme un induit

de dynamo, les dents de ce rotor passent devant un électro-aimant E dont l'écartement des deux épanouissements polarisés est égal à la distance de deux dents successives, ou un multiple de cette distance. Le courant alternatif de synchronisation est appliqué à l'électro E. Ce moteur très simple, à fer tournant, peut donner un certain couple et se maintenir à une vitesse constante si préalablement on l'a lancé à une vitesse telle que *le temps* qui s'écoule entre le passage de deux dents successives sous un pôle de l'électro soit égal à la demi-période du courant alternatif. (Ceci dans le cas où l'électro ne possède pas d'induction supplémentaire con-

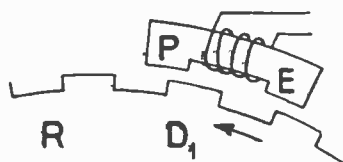


Fig. 23.

tinue. Dans le cas contraire, où l'électro est polarisé, ce temps correspondrait à une période complète). Une période du courant alternatif correspond ainsi nécessairement au passage d'une dent et si l'on dispose, par exemple, d'une source de synchronisation à 500 périodes, on pourrait, avec un rotor à 30 dents seulement obtenir un moteur synchrone qui tournera à une vitesse de :

$$\frac{500}{30} = 16 \text{ tours } \frac{2}{3} \text{ par seconde.}$$

En calant un disque à 30 trous sur l'axe de ce moteur, on doit réaliser un système donnant une excellente stabilité puisqu'il faudrait une variation fort improbable de 180° , dans la phase du courant synchronisant, pour que l'image disparaisse à moitié.

Le système comporte en réalité, là aussi, un moteur auxiliaire M à couple réglable (fig. 24), qui permet d'atteindre facilement une vitesse voisine du synchronisme. Sur l'axe de ce moteur on a calé la roue phonique R et le disque analyseur D. On applique le courant de l'électro E, lorsqu'on juge que la vitesse de synchronisme est atteinte, et l'accrochage — opération délicate — peut-être tenté. En supposant qu'on réussisse, il est probable que la scène n'aura pas la position correspondant à la phase de l'exploration à l'émission, et l'on n'a même qu'une chance sur 30 pour que l'image soit parfaitement centrée. Il faut donc « décrocher » et recom-

mencer. Pour éviter ces opérations pénibles, on a proposé de décaler l'électro E tangentielle-ment au rotor. L'image suit ce décalage.

En effectuant très lentement cette manœuvre on arrive à centrer l'image sans passer la moitié du temps de l'émission à régler la position de la projection, l'autre moitié étant, souvent, consacrée à régler sa qualité....

Il est extrêmement difficile, à cause de la fréquence élevée de synchronisation, de réaliser la condition de stabilité optima que avons établie plus haut, pour un moteur à 2 pôles, et qu'on peut étendre à un moteur à $2n$ pôles, car, par suite des pertes et frotte-

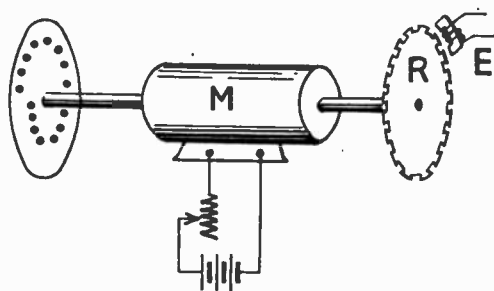


Fig. 24.

ments parasites, on ne peut maintenir rigoureusement le couple du moteur auxiliaire à la valeur qui donne la vitesse de synchronisme ; par exemple, le moteur tend donc à dépasser le synchronisme, le couple synchronisant effectue alors un travail de freinage et la phase résultante de la rotation est un *état d'équilibre* qui dépend, non seulement de la fréquence du couple synchronisant, mais *aussi de sa valeur absolue*.

L'inconvénient ne serait pas très grave si la puissance synchronisante était constante, et ceci est possible à l'aide d'une distribution électrique par fil ; mais que pouvons-nous espérer si, la liaison du synchronisme étant effectuée par T.S.F., la stabilité de l'image dépend de *l'intensité de réception* ?

Le problème se complique encore du fait que si l'on ne veut pas doubler l'appareillage, tant à l'émission qu'à la réception, on est amené à créer le signal de synchronisation par une modulation de la même onde porteuse que celle de la télévision. On a utilisé parfois dans ce but l'onde détectée moyenne correspondant à une ligne d'exploration, en accentuant la forme pulsatoire du courant moyen ; détecté, par une interruption assez longue τ de l'émission à la fin

de chaque balayage. La fig. 25 montre l'allure du courant détecté, dont la valeur moyenne, intégrée, peut être représentée fig. 26 par une série de surface $S_1, S_2, \dots$ *non identiques*, mais également espacées. Si la personne, ou l'objet télévisé, reste à peu près immobile et ne présente pas de brusques contrastes, les surfaces $S_1, S_2, \dots$ etc... sont

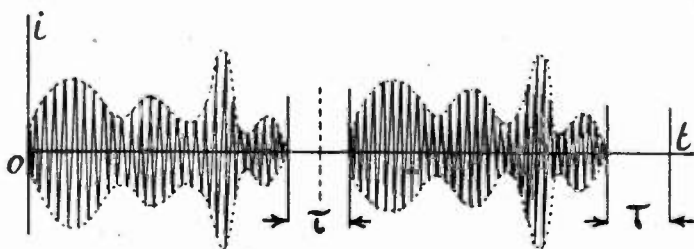


Fig. 25.

identiques entre elles et on peut utiliser le courant proportionnel à ces aires pour effectuer la synchronisation.

On conçoit qu'il n'en est pas toujours ainsi, et, comme nous avons

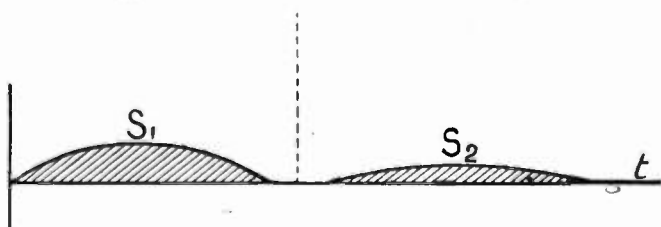


Fig. 26.

montré que la position de l'image était fonction de la grandeur du couple synchronisant, on aura des balancements fréquents, sinon des décrochages, dès que l'aspect de la scène subira une profonde modification.

On diminue l'effet de cette perturbation en augmentant la durée des ruptures à la fin de chaque ligne, mais ceci est au détriment de la grandeur de l'image, et de ce côté, il n'y a pas de sacrifices à faire.

En résumé, les inconvénients de ce dispositif considéré souvent jusqu'ici, à juste titre, comme l'un des meilleurs sont encore considérables et se résument ainsi :

1° Difficulté de l'accrochage d'un moteur synchronisé à fréquence élevée.

2° Incertitude de la phase de la rotation du disque analyseur.

3° Faiblesse du couple synchronisant fourni par une roue phonique, par rapport au couple d'entraînement.

4° Position de l'image fonction de l'intensité de réception.

5° Stabilité variable avec la modulation de télévision.

Lorsqu'on tente de s'affranchir des irrégularités de l'émission et de la propagation, on aboutit à une autre conception du système de synchronisation, c'est celle d'un moteur ou d'un oscillateur local, de période et de phase rigoureusement constantes, qu'on règle une fois pour toutes sur l'émission. Si ardue que paraisse la réalisation d'un

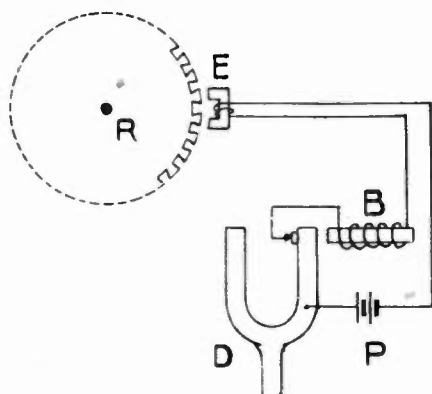


Fig. 27.

tel projet, certains auteurs l'ont préconisé et des appareils donnant une solution très approchée ont été construits.

Nous trouverons encore dans cette voie l'extraordinaire précurseur Nipkow, qui, il y a 1/2 siècle, a non seulement inventé le disque qui porte son nom, mais un système complet de télévision.

Nipkow a donc pensé, pour la synchronisation, à utiliser l'oscillateur le plus constant qu'on connaissait à cette époque, c'est-à-dire le diapason entretenu, et il eut l'idée de commander la rotation d'une roue phonique par le courant pulsatoire issu de la bobine du vibreur. Le disque analyseur est calé sur le moteur à roue phonique R (fig. 27) dont l'électro-aimant E est parcouru par le courant interrompu provenant du diapason D. Ce dernier, qui n'est autre chose qu'une armature de l'électro B, et un rupteur de sonnerie très soigné, vibre d'une façon continue et sa période présente un caractère de

constance tel que Nipkow ne pouvait mieux choisir à cette époque. La température et l'état de rupteur à contact interviennent cependant et il faut envisager un organe de correction. Là, encore Nipkow fit preuve d'une belle originalité en prévoyant à chaque tour du disque un arrêt de la télévision pour envoyer du poste émetteur, qui possède un générateur de courant analogue au moteur du récepteur, une ou plusieurs oscillations qui corrigent le décalage à peu près inévitable qui apparaît après quelques dizaines d'oscillations, entre l'émission et la réception.

Ce n'est pas diminuer le mérite d'auteurs modernes comme Jenkins ou Karolus, que de signaler, dans leurs réalisations, les

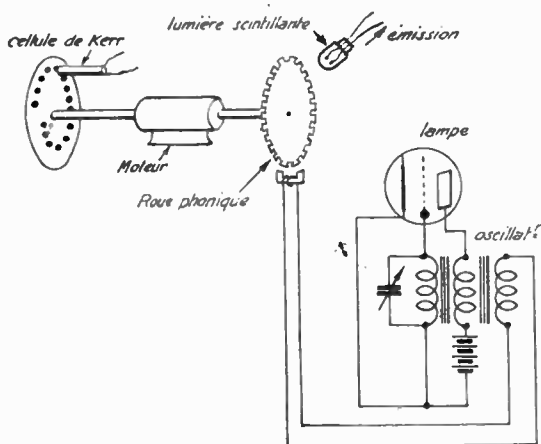


Fig. 28.

mêmes idées directrices que celles décrites dans le projet de Nipkow qui devançait de loin la technique et les moyens de son époque.

En effet, la méthode de Jenkins consiste à synchroniser les deux disques par le courant émis par 2 diapasons importants et préalablement réglés sur la même fréquence. La remise en phase s'effectue par une manœuvre à la main, le décalage étant mis en évidence par stroboscopie, en projetant la lumière d'une lampe au néon alimentée à distance, par l'émetteur, sur les dents de la roue phonique.

Le dispositif réalisé par Karolus diffère du précédent en ce que l'oscillateur local au lieu d'être un diapason, est constitué par une lampe à 3 électrodes dont la période est réglée avec une grande précision par un condensateur variable; de plus un moteur auxiliaire fournit le couple nécessaire pour amener au voisinage de la

vitesse de synchronisme la roue phonique et se rapprocher ainsi de la condition de stabilité optima que nous avons établie plus haut.

La figure 28 montre la disposition schématique de la synchronisation Karolus, construite par la « Telefunken ».

L'emploi des moteurs synchrones telle que la roue phonique, qui demandent une manœuvre d'accrochage souvent délicate et ne fournissent qu'un couple faible, ont amené les chercheurs à imaginer d'autres formes de moteurs synchronisés, ce sont en général ce qu'on pourrait dénommer des moteurs à « correction ». Ils sont en effet réglés à la phase cherchée par un dispositif commandé par le courant synchronisant et qui agit sur le couple moteur dans le sens convenable, dès que la vitesse propre du moteur tend à varier.

On voit de suite qu'il est difficile de rattraper rigoureusement, avec un tel système un déphasage accidentel, puisqu'il faut qu'il y ait un déphasage généralement important pour créer un couple de correction notable. En partant de cette idée on a créé des moteurs synchronisés avec des dynamos quelconques sur lesquelles on a pratiqué, avec un commutateur, une variation du couple pendant une fraction de tour par exemple, en introduisant périodiquement une résistance dans l'excitation, ou dans l'induit. Un relais mû par le courant synchronisant peut effectuer la même opération. Il est facile de démontrer que le couple moteur moyen, donc la vitesse, est une fonction de la différence de phase entre les interruptions locales et les interruptions dues au courant de synchronisation. Plus récemment, M. Routin a réalisé un dispositif à induction qui constitue une forme d'un tel moteur synchronisé de construction aisée, les interruptions locales du couple moteur étant créées par une discontinuité du disque induit mobile, et le courant utilisé étant de 1 000 périodes expédié par le poste émetteur et interrompu 12 fois par seconde.

Dans ces dispositifs, la position d'équilibre dépend essentiellement de l'amplitude du courant synchronisant et rend assez difficile l'application directe à la suite d'un récepteur de télévision, tandis que son emploi sur un oscillateur local ne paraît pas présenter d'inconvénient grave, car on peut, dans ce cas, disposer facilement des quelques watts qui sont nécessaires pour l'électro-moteur et obtenir une puissance synchronisante relativement constante.

Un procédé un peu différent, mais utilisant également la différence de phase existant entre un générateur local et l'onde de synchronisation, a été préconisé par la Société Lorentz (fig. 29).

Sur un axe XY , on a disposé un moteur M , susceptible de fournir une vitesse à peu près constante au voisinage de la vitesse du

synchronisme, un générateur de courant alternatif G et un disque de cuivre D.

Ce dernier est soumis à l'action de freinage d'un électro-aimant E parcouru par le courant anodique d'une lampe L.

La grille de cette lampe reçoit d'une part, par le transformateur T_2 la tension alternative locale fournie par G et, d'autre part, par le transformateur T_1 , la tension de synchronisation S.

Le potentiel grille est donc déterminé par une tension de *batterie*

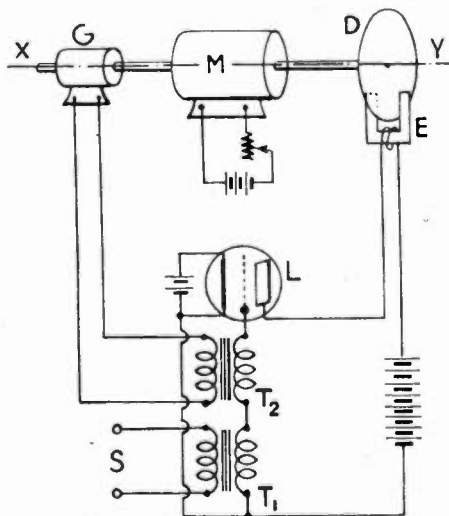


Fig. 29.

ment et l'on conçoit que le freinage F soit fonction de la *différence de phases* des tensions G et S.

Une dépendance est ainsi établie avec la tension synchronisante et un équilibre stable peut être obtenu si le moteur M est bien réglé.

Ce dispositif a été créé pour la synchronisation avec des fréquences élevées — 500 ou 1 000 périodes. La précision de la rotation obtenue avec des fréquences basses (16 par exemple) serait vraisemblablement insuffisante pour la télévision.

Nous avons passé en revue les principaux systèmes et essayé de mettre leurs qualités et leurs défauts en évidence. De ces considérations, nous avons pu tirer des conclusions qui nous procurent une solution plus complète, qui a fait l'objet d'une note présentée par M. Janet à l'Académie des Sciences, en novembre dernier, et que nous exposerons de nouveau succinctement.

Au lieu d'employer des oscillations de synchronisation de fréquence élevée, nous envoyons, sur la même onde que la télévision, un signal très court après chaque exploration totale, c'est-à-dire que nous expédions, par seconde, 16 signaux brefs, de l'ordre du $1/1000^e$ de seconde, et dont l'époque de départ est déterminée à $1/20,000^e$ de seconde près.

Ces signaux sont évidemment inutilisables dans un moteur quelconque, aussi ils ne servent qu'à *déclancher* une oscillation locale, de longue période, bien qu'intérieure à $1/16^e$ de seconde; oscillation dont l'*amplitude* sera indépendante de la *puissance* de la réception, mais dont la phase sera rigoureusement commandée par l'émetteur. Cette oscillation locale *s'arrête*, à chaque période, et n'est déclanchée que par un nouveau « top ».

Après amplification convenable, cette tension synchronisante de basse fréquence, est appliquée à un moteur spécial qui prend automatiquement la vitesse de synchronisme.

On voit de suite que cette méthode procure les avantages suivants :

1° Levée de l'incertitude de calage de l'image (puisqu'il n'y a qu'un signal de synchronisation par image).

2° Indépendance de la tension synchronisante des fluctuations de l'énergie reçue.

3° Utilisation de la même onde porteuse de la télévision sans diminution sensible du temps destiné à la télévision.

4° Indépendance complète de la modulation de la télévision.

5° Accrochage et mise en phase automatiques

La mise en œuvre ne nécessite que des éléments fort simples ; entre autres solutions, nous pouvons indiquer que l'oscillateur local déclenché par le « top » peut être constitué par une lampe au néon, un condensateur et une résistance, formant un schéma analogue à celui bien connu d'un système de relaxation. Toutefois, la tension continue appliquée est comprise entre la tension d'allumage et la tension d'extinction du tube : il n'existe donc pas d'oscillations entretenues, à l'inverse de ce qu'on a déjà proposé depuis Nipkow, concernant les oscillateurs commandés.

Le « top » provoque l'allumage de la lampe ; le condensateur se décharge alors dans le tube jusqu'à la tension d'extinction et se recharge ensuite à travers la résistance. La durée de ce phénomène peut être réglée aisément pour être inférieure à $1/16^e$ de seconde ; et il faut un nouveau « top » pour le renouveler.

On peut amplifier et disposer ainsi d'une forte puissance de syn-

chronisation. Nous l'avons appliquée à différents types de moteurs. Nous signalons, sans affirmer que nous nous arrêterons à cette conception, que nous avons trouvé une extrême commodité de manœuvre en créant un moteur dont la rotation est « entretenue » à l'aide d'une lampe à 3 électrodes, tout comme un diapason; le courant plaque de la lampe fournissant le couple moteur et la rotation de celui-ci introduisant une tension de réaction convenable sur la grille. Si l'on soumet simultanément la même grille à la tension synchronisante et si celle-ci est du même ordre que la tension d'entretien, il y a accrochage automatique et stabilisation rapide de la phase. Là aussi, bien entendu, la meilleure stabilité est obtenue lorsque la vitesse propre du moteur, en l'absence du couple synchronisant est voisine du synchronisme, comme nous l'avons démontré plus haut.

Ce moteur comporte les organes d'un compteur d'électricité. On est donc loin des machines de quelques dizaines de watts, et parfois quelques hectowatts, qu'on emploie à l'étranger.

C'est qu'il ne faut pas perdre de vue, en effet, dans cette étude complexe, qu'il est indispensable, pour que la télévision se développe, d'aboutir à des solutions voisines de l'appareillage de T.S.F. qui a pris sa place dans le grand public, et ceci ne simplifie pas le problème. Nous pensons, cependant, être assez près du but et vous présenter un peu plus tard des réalisations commerciales.

Les appareils que vous avez devant vous ne sont que des modèles d'études et nous ne les avons transportés ici que pour illustrer la démonstration du système de synchronisme qui forme le fond de cette communication.

Les résultats que vous pouvez observer tant comme dimension que qualité de l'image sont loin d'être définitifs. Ce n'est pas tout à fait une boutade de dire que nous avons réalisé cette télévision pour vérifier la valeur de notre solution de télémécanique. Maintenant, nous étudions la télévision proprement dite et si les prévisions issues des essais déjà effectués dans le laboratoire ne se démentent pas au cours des semaines qui viennent, il n'est pas douteux que nous pourrions vous présenter pour la finesse de reproduction et l'étendue des scènes transmises des résultats du même ordre que celui que vous avez pu constater ce soir concernant la stabilité de l'image.

Je ne veux pas terminer sans signaler ici le parfait dévouement de mes préparateurs. J'ai souvent empiété sur leurs heures de repos, et le résultat acquis, en quelques mois, indique la somme de travail dépensée. (Nous avons commencé nos études fin 1929).

Je dirai également quel empressement s'est manifesté dans le laboratoire de la Société Rhône-Poulenc pour l'établissement des cellules photo-électriques.

Qu'il me soit permis aussi de souligner le précieux appui que j'ai trouvé en la personne de M. E. Chamon, directeur-général de la Compagnie des compteurs et de M. Le Duc, sous-directeur qui ont mis, sans hésiter, à ma disposition les puissants moyens de la Société pour l'édification de l'œuvre dont vous avez vu la première ébauche.

Enfin, j'adresse à la Société française des Electriciens, au Comité central des Sociétés de T.S.F., à la Société française de Télévision, mes sincères remerciements pour l'organisation de cette conférence.

R. BARTHÉLEMY.

UN NOUVEAU RADIOGONIOMÈTRE A LECTURE DIRECTE

par Jean MARIQUE,

*Ingénieur A. I. Br. et Radio E. S. E.,
Maître de Conférences à l'Université de Bruxelles.*

SOMMAIRE. — L'auteur décrit un radiogoniomètre à lecture directe basé sur un principe décrit en 1920 par MM. Raymond Brailard et R. B. Goldschmidt. Une modification de l'appareil initial permet d'obtenir sur un écran un diagramme polaire dérivé du diagramme en huit classique. Des courbes expérimentales montrent ce qu'on peut attendre de l'appareil qui a été réalisé au Service Technique de l'Aéronautique de Belgique.

Dans le brevet français n° 516 295 délivré le 4 décembre 1920, MM. Raymond Brailard et R.-B. Goldschmidt présentaient une « boussole radiotélégraphique à lecture directe ». Il y a quelques années déjà, nous avons trouvé le principe de cet appareil intéressant, et nous avons réalisé au Service Technique de l'Aéronautique de Belgique, un modèle d'essai. Pour diverses raisons, nous avons dû abandonner les études commencées en 1927, et nous n'avons pu les reprendre que ces derniers mois. L'appareil d'essais qui a été construit est assez encombrant (fig. 5); l'appareil définitif sera suffisamment petit pour être installé à bord d'avion.

*Principe de la boussole décrite
par MM. R. Brailard et R.-B. Goldschmidt.*

La figure 1, d'après le brevet cité plus haut, explique clairement le principe du fonctionnement; soit un cadre tournant autour de son axe vertical; le courant HF recueilli aux bornes b_1b_2 est amplifié et détecté en D; puis envoyé dans l'enroulement R d'un galvanomètre ou d'un relais dont l'équipage mobile porte un stylet. Celui-ci frotte sur un cylindre enduit de noir de fumée, et calé sur l'axe du cadre; il tourne donc avec lui. Si on fait tourner le cadre, l'amplitude du courant HF varie comme le cosinus de l'angle du plan du cadre avec la direction de l'émetteur, et le courant redressé varie comme l'amplitude. Le stylet tracera donc sur le cylindre une sinusoïde redressée, présentant deux maxima et deux minima. Il est facile d'en déduire la direction de l'émetteur.

L'emploi d'un stylet présente des inconvénients évidents ; aussi, les inventeurs ont-ils décrit un dispositif dans lequel le stylet est remplacé par un rayon lumineux.

Le cylindre, fixe cette fois, est en verre dépoli. Au centre du cylindre se trouve un galvanomètre à torsion, solidaire du cadre. Le fil du galvanomètre est perpendiculaire à l'axe du cadre, et porte un petit miroir parallèle à cet axe. Une source lumineuse solidaire du cadre et du galvanomètre tourne avec eux. Le rayon lumineux issu

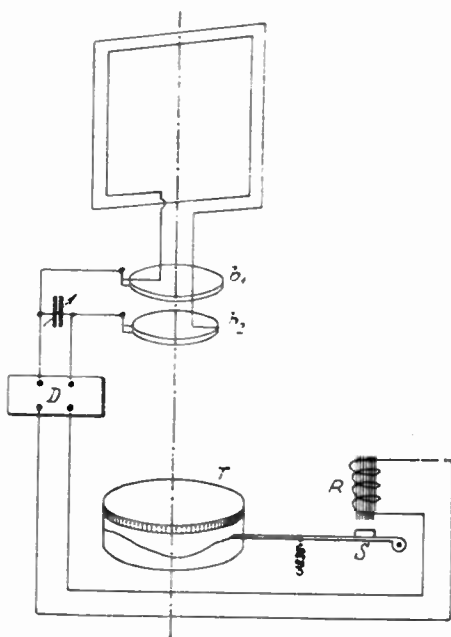


Fig. 1.

de cette source se réfléchit sur le miroir et forme un spot sur la surface intérieure du cylindre ; ce spot est vu par transparence de l'extérieur. Quand on fait tourner le cadre, le spot lumineux est animé sur le cylindre, d'une part du mouvement circulaire, et d'autre part d'un mouvement vertical dû à la torsion du galvanomètre sous l'action du courant redressé qui est envoyé dans son enroulement. Si la vitesse de rotation est d'au moins dix tours par seconde, la courbe tracée par le spot apparaît constamment en raison de la persistance des impressions lumineuses.

C'est, à notre avis, ce dernier point qui fait tout l'intérêt de l'appareil ; mais la lecture sur un cylindre présente l'inconvénient qu'il

est impossible d'embrasser d'un coup d'œil, toute la courbe lumineuse.

Or, cela peut être indispensable, notamment quand il y a des anomalies de propagation, et la possibilité d'étudier la courbe avant d'en conclure la direction d'un émetteur, est un grand avantage que possède ce goniomètre par rapport aux appareils à aiguille proposés depuis quelques années. C'est en nous inspirant de cette remarque que nous avons construit notre appareil.

Appareil réalisé au Service Technique de l'Aéronautique belge.

Dans notre appareil, le rayon lumineux tombe sur un verre dépoli plan, perpendiculaire à l'axe de rotation du cadre. Si le spot, en l'absence d'émission, coïncide avec le point de percée de l'axe sur le verre dépoli, dès qu'il y a une f.é.m. induite dans le cadre, la figure tracée par le spot est un diagramme polaire analogue au diagramme

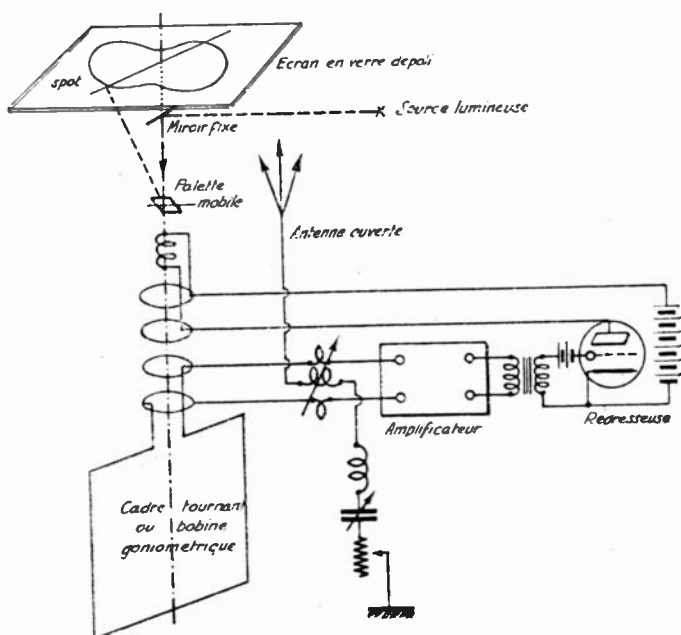


Fig. 2.

classique en huit. A cause de la courbure des caractéristiques des lampes, le courant redressé n'est pas exactement proportionnel à l'amplitude du courant HF, particulièrement aux environs des minima. Ceux-ci sont donc moins nets que dans le diagramme théo-

rique. D'autre part, il est difficile de déterminer avec suffisamment de précision l'azimut qui correspond au minimum, puisque le spot est alors très près du centre.

Nous avons alors songé à donner une déviation initiale au rayon lumineux, de façon que le spot décrive un cercle de quelques centimètres en l'absence d'émission. Dans ces conditions les minima viennent se former sur cette circonférence qui peut se confondre avec une circonférence graduée gravée dans le verre.

Du même coup, il est possible de fixer au centre du verre un système optique supprimant la nécessité d'une source lumineuse mobile.

La figure 2 schématise la disposition qui a été adoptée; le courant HF du cadre est recueilli par des contacts frottants; on lui ajoute éventuellement un courant convenablement déphasé provenant d'une antenne ouverte; on le fait interférer avec le courant HF d'une hétérodyne locale de façon à avoir des battements de fréquence facilement amplifiée en basse fréquence. Pour la netteté de l'image, il est désirable que la fréquence des battements soit beaucoup plus grande que le nombre de tours par seconde du cadre. Après amplification en haute fréquence et détection, le courant est amplifié en basse fréquence, puis redressé. On l'envoie alors dans l'enroulement du galvanomètre qui est fixé sur l'axe du cadre. Le galvanomètre que nous avons construit, après plusieurs essais, se compose d'une palette de fer tournant autour d'un axe horizontal, et portant un petit miroir coïncidant avec l'axe du cadre. Cette petite palette est sollicitée par le champ d'un aimant permanent (aimant circulaire d'écouteur non représenté sur la fig. 2) et par le champ d'une petite bobine parcourue par le courant redressé. Le galvanomètre ainsi réalisé donne sur le verre dépoli une déviation d'environ un millimètre par milli-ampère. Son inertie doit être suffisante pour que la palette ne suive pas la fréquence du battement avec l'hétérodyne.

La source de lumière est placée en dehors de l'appareil: le rayon lumineux est réfléchi et concentré par un système optique fixé au centre du verre dépoli.

La figure 3 montre trois diagrammes obtenus en photographiant l'image qui se forme sur le verre dépoli (vitesse de rotation, 10 tours/seconde). Les traits blancs qu'on distingue sur certaines courbes proviennent de graduations tracées à l'encre de Chine sur l'écran; elles n'ont rien à voir avec les courbes. La figure 3 *a* montre le diagramme correspondant à une propagation normale; la courbe *b* montre l'effet de la superposition d'un faible courant d'antenne ou-

verte ; la courbe *c* montre une propagation anormale (atténuation d'un des minima). On remarquera, après chaque minimum, une bosse due à une légère oscillation de la palette mobile ; ce défaut sera corrigé dans l'appareil définitif. On peut également faire des mesures sur des postes de radiodiffusion, mais il y a avantage à les faire quand la modulation est peu profonde ou nulle, pour éviter

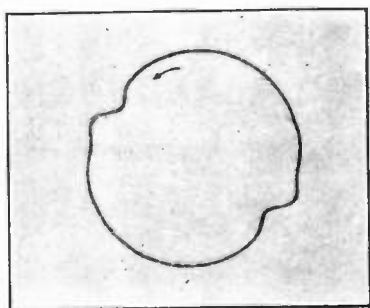


Fig. 3 a.

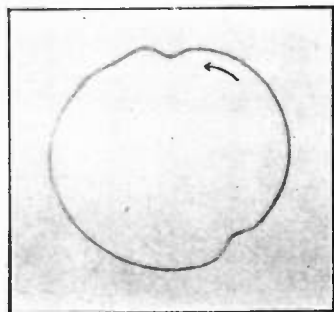


Fig. 3 b.

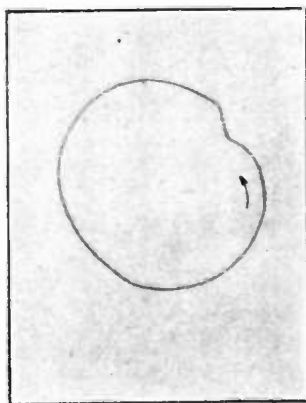


Fig. 3 c.

que le diagramme prenne des formes instables présentant, suivant la modulation, plusieurs maxima et minima en dehors de ceux normalement rencontrés sans modulation. Il faut d'ailleurs remarquer que les deux minima correspondant aux deux positions d'extinction sont évidemment indépendants de la présence de modulation, et existent donc toujours sur la courbe lumineuse (ils ne disparaissent momentanément que quand il y a des parasites atmosphériques.)

La figure 4 montre les diagrammes obtenus sur les postes téléphoniques de Daventry et de Scheveningen pendant des émissions par-

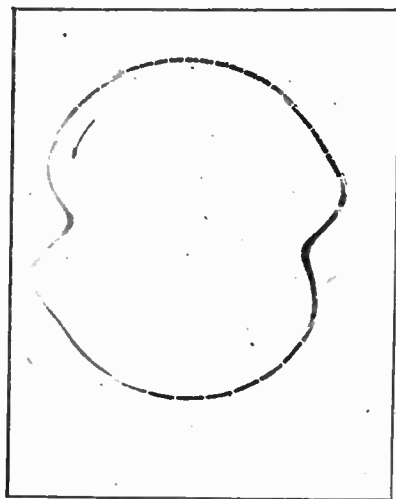


Fig. 4 a.

lées; le récepteur comprenait, en plus d'une hétérodyne travaillant sans batterie de plaque, deux étages d'amplification en haute fré-

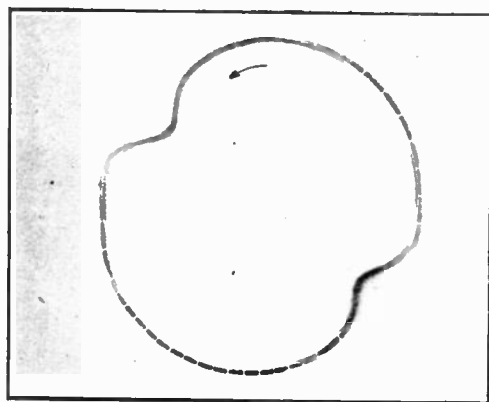


Fig. 4 b.

quence, une détectrice; et deux basses fréquences, suivies d'une lampe redresseuse. Le courant envoyé dans le galvanomètre atteignait au maximum 15 milliampères. Le diamètre réel des figures est d'environ 10 cm.

Avantages et inconvénients de cet appareil.

La nécessité de redresser le courant de basse fréquence entraîne une légère diminution de l'acuité des minima par rapport à la mesure auditive.

Toutefois, la présence continuelle d'une image suivant fidèlement les modifications du champ électromagnétique pendant les anomalies de propagation, nous paraît constituer un avantage considérable non seulement sur les appareils à aiguille, mais encore sur la mesure à l'oreille puisque la « poursuite » des minima est faite automatiquement. On sait donc à chaque lecture, d'après l'aspect de la courbe, le crédit que l'on peut accorder aux indications de l'appareil.

La superposition d'un effet d'antenne permet de lever sans diffi-

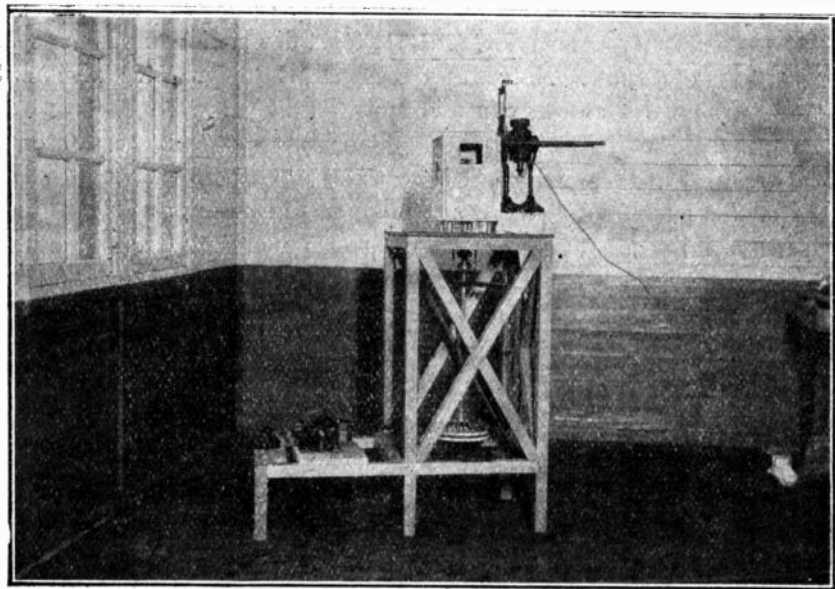


Fig. 5. — Appareil d'essais à cadre tournant.

culté l'incertitude de 180° . Cet appareil a, comme beaucoup d'appareils proposés ces derniers temps, l'inconvénient d'exiger un moteur ou un moulinet pour maintenir le mouvement de rotation ; la puissance nécessaire est d'ailleurs très faible.

Il exige également une source lumineuse d'une certaine intensité pour que la courbe soit suffisamment visible en plein jour ; nous avons utilisé une lampe de phare d'auto fonctionnant sous 8 volts.

Quant à l'encombrement, il est difficile de le réduire s'il faut utiliser un cadre tournant; au contraire, si comme MM. Brailard et Goldschmidt l'ont proposé dans leur brevet, on utilise des cadres fixes avec bobine goniométrique genre Bellini-Tosi, l'encombrement devient extrêmement faible. Nous avons déjà obtenu de bons résultats de ce côté.

Le récepteur est un récepteur ordinaire, auquel on ajoute seulement une redresseuse. En dehors des mesures, il peut donc servir à la réception de messages. Enfin, en débrayant la bobine goniométrique et le moteur d'entraînement, on peut se servir de l'appareil pour les mesures à l'oreille, avec toute la précision de ce genre de mesures.

Utilisation du goniomètre à lecture directe.

Notre but a été de réaliser un appareil qui puisse rendre service à l'aviation; on sait, en effet, tout l'intérêt des radiocompas dans la navigation aérienne. Notre appareil réduit pourra être aisément installé à bord des avions commerciaux.

Le fait de donner des indications permanentes semble conférer à cet appareil un grand intérêt à bord des navires, notamment pour faciliter les passages difficiles; nous pensons même qu'il y aurait moyen, à faible distance, de faire des relèvements permanents et suffisamment précis de deux radiophares travaillant sur la même onde, mais avec des modulations de fréquences différentes. On peut, en effet, concevoir deux galvanomètres entraînés par une seule bobine goniométrique et qui donnent chacun l'image correspondant à l'un des radiophares; il suffirait que des filtres BF placés à la sortie de l'amplificateur commun répartissent les courants BF de fréquences différentes sur les deux redresseuses qui alimenteraient chacune un galvanomètre.

Enfin, il semble que cet appareil puisse rendre des services dans l'étude des phénomènes de propagation transitoires.

Pour finir, je tiens à exprimer ma reconnaissance à M. Raymond Brailard, qui a bien voulu m'autoriser à prendre son invention comme base de mes recherches, et qui m'a, à plusieurs reprises, donné de précieux conseils.

Jean MARIQUE.

L'AMPLIFICATION DE COURANTS PHOTOÉLECTRIQUES FAIBLES AU MOYEN DE LA LAMPE ÉLECTROMÈTRE PHILIPS

par le R. P. LEJAY

Directeur de l'Observatoire de Zi-ka-wei.

Les courants photoélectriques dus à des éclairagements très faibles sont généralement mesurés au moyen d'électromètres de capacité aussi réduite que possible, les électromètres à corde. Malheureusement lorsqu'on cherche à augmenter la sensibilité de ces instruments, soit en rapprochant les plateaux entre lesquels est tendu le

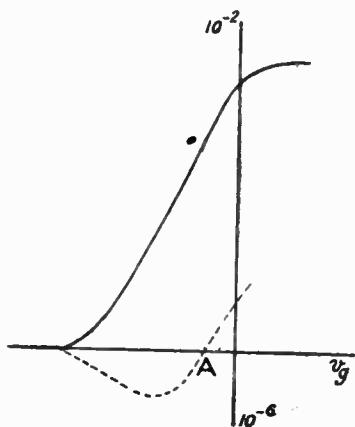


Fig. 1. — Caractéristiques d'une triode ordinaire.

fil, soit en augmentant le voltage appliqué, soit en diminuant la tension élastique de la corde, celle-ci devient instable et se colle fréquemment sur les plateaux, ce qui rend l'appareil très mal commode.

Aussi a-t-on cherché depuis longtemps à amplifier ces courants photoélectriques, afin de pouvoir les mesurer avec les instruments ordinaires. Le seul montage possible avec les lampes à trois électrodes, était de réunir directement une des bornes de la cellule à la grille de la lampe. On introduisait déjà par le fait même une capacité

notable, celle de la grille, et une résistance de fuite, la résistance intérieure du circuit de grille de la lampe, d'où la sensibilité très faible de l'ensemble.

On peut, il est vrai, faire en sorte que le courant de grille soit à peu près nul ; il suffit pour cela de se placer au point A (fig. 1) où la caractéristique de grille coupe l'axe des x . Il n'en reste pas moins que la pente de cette caractéristique est assez forte et donc la résistance de fuite trop faible.

Ce montage, qui a été utilisé avec succès par M. Jouaust et ses collaborateurs pour l'enregistrement des passages d'étoiles, reste réservé à l'amplification de courants de l'ordre de 10^{-12} ampères.

On pourrait encore se servir du montage des lampes bigrilles en électromètres (1). Les courants de fuite sont alors réduits dans de grandes proportions, et la résistance introduite beaucoup plus grande,

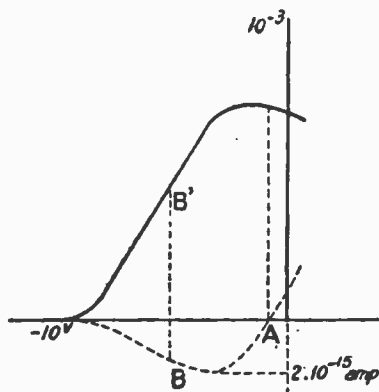


Fig. 2. — Caractéristiques de la lampe électromètre Phillips ($v_p = 6v$).

mais la pente de la caractéristique de l'électrode d'utilisation (grille intérieure) est aussi faible, une variation de 100 volts de la tension de grille extérieure ne provoquant qu'une variation de quelques milliampères dans le circuit de grille intérieure.

La lampe électromètre Phillips possède sur les lampes ordinaires des avantages incontestables à ce point de vue. La pente de la caractéristique d'utilisation est beaucoup plus forte que dans le montage précédent et les courants de fuite sont réduits à l'ordre de 10^{-15} ampères (fig. 2).

Le constructeur recommande une tension plaque de 10 volts et un

(1) Lejay, *Onde Electrique*, oct. et nov. 1926.

montage à résistance (fig. 3) comportant une résistance de 500.000 ohms. Si on adopte ces valeurs, on s'aperçoit que le courant de fuite ne s'annule qu'en un point A où la saturation est atteinte dans le circuit de plaque. La lampe sera donc utilisée dans des conditions telles que le courant de fuite sera négatif (l'électrode de contrôle recevant des ions positifs) et presque *maximum* (Points B, B' de la fig. 2).

Si on abaisse la tension plaque au-dessous de 4 volts (fig. 4), on constate au contraire que la caractéristique de grille vient couper l'axe des x en un point correspondant au milieu de la région recti-

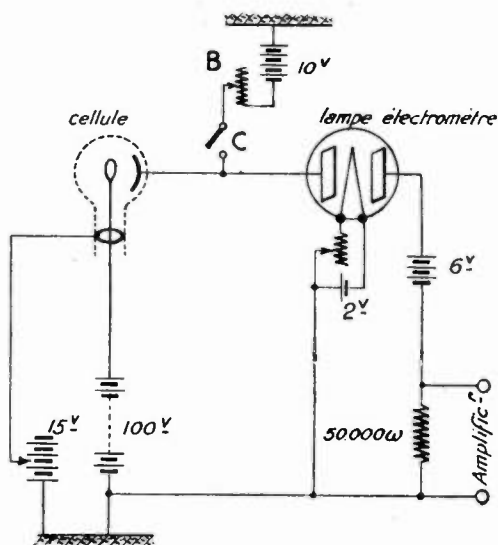


Fig. 3. — Sur la figure, lire 500.000 ω au lieu de 50.000 ω

ligne de la caractéristique de plaque, sans que la sensibilité ait été notablement diminuée.

Il y a grand avantage, pour l'application qui nous occupera tout à l'heure, à réaliser ces dernières conditions; supposons, en effet, que les courants de fuite de cellule soit rigoureusement nuls, en l'absence d'illumination; l'équilibre du conducteur reliant la cathode à la lampe électromètre sera stable, en effet, si son potentiel tend à monter, il commencera à recueillir, dans la lampe électromètre, des électrons négatifs qui le rabaisseront, tandis que, inversement, si son potentiel tendait à descendre, le conducteur recevrait des ions positifs qui le feraient remonter.

Il ne nous reste qu'à combiner un dispositif qui mette le con-

ducteur au potentiel A, et à faire en sorte que les courants de fuite de la cellule non illuminée soient parfaitement équilibrés.

Pour la première opération, il suffit de déconnecter la cellule et de chercher, au moyen d'un contact auxiliaire C (fig. 3) relié à une batterie de tension variable, le potentiel pour lequel les fuites de l'électromètre sont nulles. On règle au moyen d'un potentiomètre la tension donnée par la batterie B, de façon que la mise au contact ne modifie pas le courant de sortie de l'électromètre. Ce courant restera ensuite constant, après que le contact aura été enlevé, indéfiniment.

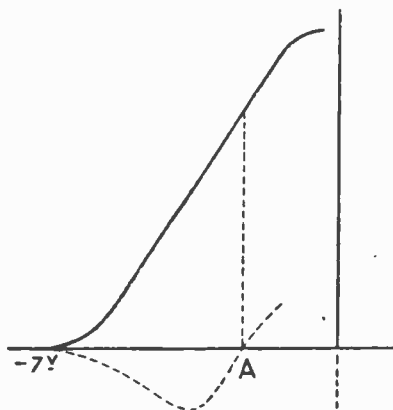


Fig. 4. — Lampe électromètre ($v_p = 3v$).

Pour équilibrer les courants de fuite de la cellule, un procédé assez grossier consiste à mettre l'anneau de garde à un potentiel tel que les fuites, à la surface de l'enveloppe, entre cet anneau et la cathode soient égales et de signe contraire aux fuites intérieures de la cellule (courant d'obscurité, etc.). Les cellules à gaz, en quartz, que j'ai utilisées ne se prêtaient pas à ce dispositif; les courants d'obscurité dépassaient de beaucoup les courants de fuite extérieurs. Aussi sur le conseil de M. Holweck, ai-je disposé une résistance de fuite auxiliaire. Un petit plateau P (fig. 5) de quelques millimètres carrés, relié à la cathode de la cellule, venait plonger dans une chambre d'ionisation. Le corps radioactif (polonium) disposé au-dessous du plateau pouvait être plus ou moins découvert au moyen d'un diaphragme d'appareil photographique. Le corps de la chambre d'ionisation était porté à un potentiel convenable au moyen d'un potentiomètre. On pouvait ainsi régler soit la valeur de la résistance de fuite ainsi créée, en ouvrant plus ou moins le diaphragme, soit

le courant qui la traversait en faisant varier la tension appliquée. Il était donc facile d'équilibrer exactement les courants de fuite de la cellule sans diminuer trop la sensibilité. Le réglage de l'ensemble est d'ailleurs très simple à condition de procéder avec ordre, mais il est nécessaire de prendre un certain nombre de précautions. La cellule, la lampe et le premier étage amplificateur étaient enfermés dans une boîte métallique, noircie à l'intérieur, reliée à la terre, absolument étanche, fermée devant la cellule par une fenêtre de verre mastiquée, et soigneusement desséchée. Le chauffage du filament de la lampe électromètre (lv, 5) était réglé par une résistance soudée, les variations de résistance de contact d'un bon rhéostat enlevant en effet toute stabilité à l'instrument. La tension de la

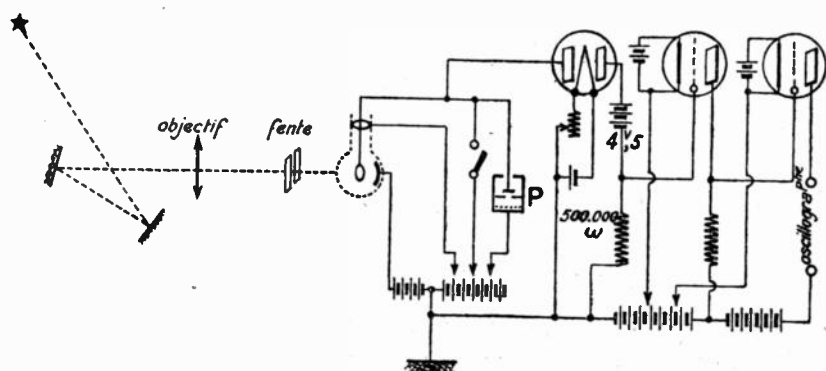


Fig. 5. — Dispositif pour l'enregistrement de l'intensité lumineuse des étoiles.

chambre d'ionisation, de quelques volts, était assurée également par un très bon potentiomètre.

Dans ces conditions, l'amplification pouvait ensuite être poussée très loin; on n'est plus limité que par les fluctuations du courant d'obscurité de la cellule, et par celles du courant d'ionisation dues au corps radioactif. Tous les courants de cellule dont l'intensité dépasse notablement ces fluctuations, peuvent être décelés et mesurés. A la sortie d'un amplificateur à courants continus, de trois ou quatre étages munis de lampes à coefficients d'amplification élevés, on pouvait obtenir des variations de plusieurs milliampères par seconde pour des éclaircissements de 10^{-10} lumen qui ne provoquent dans la cellule que des courants de l'ordre de 10^{-15} ampères. Les fluctuations du courant de sortie, en l'absence d'illumination de la cellule ne dépassaient pas quelques dixièmes de milliampère.

J'ai appliqué ce dispositif à l'enregistrement de l'intensité lumi-

neuse des étoiles. On avait mis très aimablement à ma disposition, à l'Observatoire de Meudon, un petit coelostat, et un objectif de 20 centimètres d'ouverture. Les résultats des quelques essais que j'ai pu faire ont été très satisfaisants. La figure 6 représente quelques types d'enregistrements. Sur la courbe 1 on peut voir la déviation

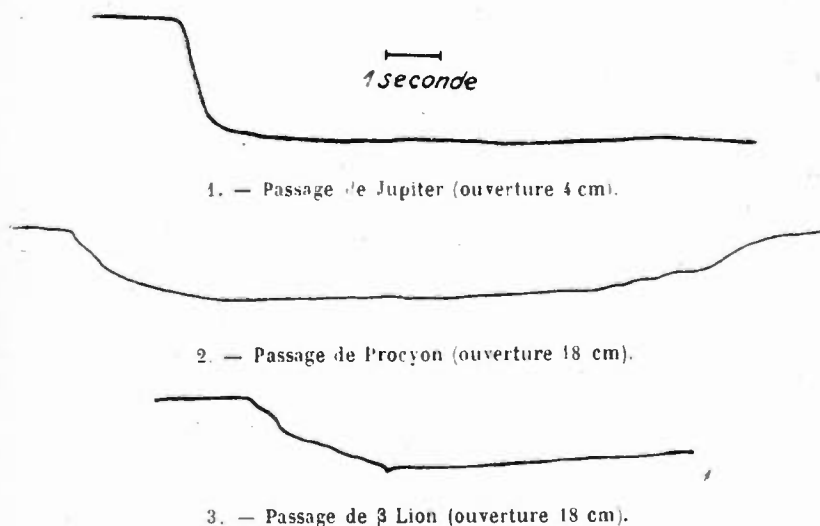


Fig. 6.

brusque de la plume de l'oscillographe, provoquée par Jupiter (grandeur 3) avec un objectif de 4 centimètres. La déviation totale représente environ 30 milliampères.

Sur la courbe 2 due au passage de l'image de Procyon (grandeur 0.5) à travers une fente d'un millimètre, on peut voir que la déviation est assez brusque et le départ très net. L'objectif avait 18 centimètres d'ouverture. La courbe 3 est celle de β Lion, grandeur 2, 2, avec le même objectif.

Si on tient compte que cette nuit d'observation était très brumeuse, au point que les étoiles de 4^e grandeur étaient à peine visibles, et que de plus le faisceau lumineux, avant d'atteindre l'objectif se réfléchissait sur deux miroirs d'argenture assez ancienne, il faut conclure que ces résultats sont déjà assez intéressants pour l'astronomie.

Nul doute cependant qu'on puisse faire beaucoup mieux; ces quelques pages n'ont d'autre but que de faciliter le travail de ceux qui voudraient employer la lampe électromètre dans le même domaine ou pour des problèmes analogues.

P. LEJAY.