

L'ONDE ÉLECTRIQUE

RADIOÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS
SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

BULLETIN DE LA
SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

L'orgue électronique, par A. GIVELET.

Mesures de rayonnement, par P. DAVID.

Téléphonie par ondes élastiques dans l'eau, par
M. MARRO.

Quelques idées sur l'administration des sociétés
scientifiques, par E. DELCAMBRE.

Société des Radioélectriciens.

Analyses.

ÉTIENNE CHIRON, Éditeur, 40, rue de Seine, PARIS (VI)

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Revue mensuelle publiée par la Société des Radioélectriciens

(Ancienne Société des Amls de la T. S. F.)

ABONNEMENT D'UN AN		Etienne CHIRON	PRIX
France.....	60 fr.	ÉDITEUR	DU NUMÉRO : 6 fr.
Étranger	{tarif faible..	40, rue de Seine-PARIS	Tél. : DANTON 47-56
	{tarif fort..		
	80 fr.	CHÈQUES POSTAUX : PARIS 53-35	

SOCIÉTÉ DES RADIOELECTRICIENS

Adresser la correspondance administrative et technique au

Secrétariat de la S. R. E.

14, avenue Pierre-Larousse
Malakoff (Seine)

Paiement des cotisations à

M. COLMANT, trésorier

4, rue Alfred, Clamart (Seine)

Compte de chèques postaux n° 697-38

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

CHANGEMENTS D'ADRESSE : Joindre 2 francs par revue à toute demande.

EXTRAIT DES STATUTS

ARTICLE PREMIER. — La Société des Radioélectriciens 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 1.000 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 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.

L'ORGUE ÉLECTRONIQUE¹

par A. GIVELET

Ingénieur E. S. E.

SOMMAIRE

L'auteur résume d'abord brièvement quelques notions essentielles concernant les sons musicaux, notes de la gamme naturelle des physiciens et gamme tempérée des instruments modernes à clavier; puis il donne un aperçu historique des travaux faits en matière d'instruments de musique électrique, et examine les divers modes de production des sons par voie électrique. Il a personnellement donné la préférence à l'emploi de lampes triodes engendrant directement des oscillations à fréquence musicale. Il montre comment sont réalisés les réglages de la hauteur, de l'intensité et des timbres, étudie le problème de la production simultanée d'un plus ou moins grand nombre de sons (polyphonie) et donne finalement, à titre d'exemple, la spécification du plus récent des orgues électroniques construits, avec sa collaboration technique, par MM. Coupleux frères, de Tourcoing.

Rappel de quelques notions essentielles concernant les sons musicaux. — Pour bien comprendre les problèmes variés et complexes que pose la réalisation des orgues électriques et électroniques, il est nécessaire d'avoir présentes à l'esprit les principales notions relatives à la nature des sons musicaux.

Les sons musicaux forment diverses gammes, notamment la gamme naturelle (ou gamme des physiciens) et la gamme tempérée.

Dans la première, les fréquences correspondant aux différentes notes sont proportionnelles aux rapports numériques ci-dessous :

<i>do</i>	<i>ré</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
1	9	5	4	3	5	15
	8	4	3	2	3	8

Nous avons ainsi les sept notes d'une octave.

1. Communication faite à la séance mensuelle de la Société des Radioélectriciens, le 24 janvier 1934.

Pour passer à l'octave suivante, nous doublerons toutes ces fréquences, nous aurons donc les rapports suivants :

$$1 \times 2 \quad \frac{9}{8} \times 2 \quad \frac{5}{4} \times 2 \quad \frac{4}{3} \times 2 \quad \frac{3}{2} \times 2 \quad \frac{5}{3} \times 2 \quad \frac{15}{8} \times 2.$$

On voit que le premier terme 1×2 et le cinquième $\frac{3}{2} \times 2$ deviennent des nombres entiers : 2 et 3.

Ce sont les deux premiers harmoniques du *do* de l'octave précédente.

Pour obtenir une nouvelle octave, multiplions non plus par 2, mais par 4, les rapports numériques primitifs, nous avons alors :

$$1 \times 4 \quad \frac{9}{8} \times 4 \quad \frac{5}{4} \times 4 \quad \frac{4}{3} \times 4 \quad \frac{3}{2} \times 4 \quad \frac{5}{3} \times 4 \quad \frac{15}{8} \times 4$$

le premier terme 1×4 , le troisième $\frac{5}{4} \times 4$, et le cinquième $\frac{3}{2} \times 4$,

sont encore des nombres entiers : 4, 5 et 6; ce sont les harmoniques suivants. La note fondamentale étant, par hypothèse, un *do*,

soit.....	<i>do</i> ₁
le premier harmonique est.....	<i>do</i> ₂
le second.....	<i>sol</i> ₂
le troisième.....	<i>do</i> ₃
le quatrième.....	<i>mi</i> ₃
le cinquième.....	<i>sol</i> ₃

les indices 1, 2, 3 indiquant les octaves auxquelles appartiennent ces notes.

En continuant dans cette voie, on ferait apparaître tous les harmoniques successifs.

Ces harmoniques se font entendre spontanément avec la note fondamentale, à laquelle ils se superposent dans les instruments de musique ordinaire, ainsi que dans les instruments de musique électrique, lorsque l'on ne prend pas de précautions spéciales, et peuvent devenir extrêmement gênants, en raison des interférences auxquelles ils donnent naissance avec d'autres notes (ou avec d'autres harmoniques).

En effet, la gamme naturelle dont nous venons de parler n'est pas

utilisée dans les instruments modernes à clavier. On lui a substitué la gamme tempérée, qui comprend, outre les sept notes fondamentales indiquées plus haut, cinq notes intermédiaires (les touches noires du clavier) correspondant aux demi-tons (dièzes et bémols, le dièze d'une note étant confondu avec le bémol de la suivante).

L'octave est alors divisée en douze intervalles égaux et formée par les termes d'une progression géométrique ayant pour raison

$$\sqrt[12]{2}.$$

Les nombres qui expriment les vibrations des notes diffèrent alors quelque peu de ceux de la gamme naturelle (différence d'un coma, perceptible à une oreille exercée). En particulier, les harmoniques naturels, dont nous venons de montrer la loi de formation, possèdent une fréquence un peu différente de celle des notes de la gamme tempérée; le sol_2 , harmonique naturel de do_1 , par exemple, a une fréquence différente du sol_2 produit lorsque l'on abaisse la touche correspondant à cette note dans un clavier à gamme tempérée, et c'est ce qui peut produire des interférences et des bourdonnements dans les instruments de musique électriques.

Rapide aperçu historique. — Le précurseur, en matière d'instruments de musique électrique, semble bien être l'américain Thaddeus Cahill, qui fit breveter, aux États-Unis d'Amérique, dès 1914, un ensemble de dispositifs destinés à la production et à la distribution de la musique. Son brevet couvre un orgue dans lequel les sons musicaux sont engendrés par un certain nombre d'alternateurs tournant à des vitesses variables et qui produisent, les uns, les sons fondamentaux, les autres les harmoniques de ces sons. Les harmoniques de denture sont également utilisés pour l'obtention de certains timbres. L'invention de Cahill a donné lieu à d'importantes réalisations — véritables stations centrales électro-musicales — qui auraient permis, paraît-il, de diffuser, au moyen du réseau téléphonique, de nombreux concerts dans la ville de New-York¹.

Cet instrument, purement électromagnétique, ne comportait

1. Brevet américain n° 1.107.261, « Music generating and music distributing apparatus », 18 août 1914.

aucune lampe triode. C'est Lee de Forest, l'inventeur bien connu de cette lampe, qui fit breveter le premier instrument de musique mettant à profit les possibilités offertes par elle pour la production des sons musicaux. Au lieu d'utiliser les oscillations produites par la lampe au moyen d'un couplage entre les circuits de grille et de plaque, selon les schémas devenus classiques, cet inventeur préféra utiliser les oscillations de relaxation obtenues en introduisant un condensateur shunté par de fortes résistances dans le circuit de grille. Ce dispositif engendre des sons criards, fort désagréables à l'oreille, et la stabilité d'un tel instrument laisse beaucoup à désirer, en raison de la difficulté de trouver des résistances de plusieurs mégohms d'une valeur parfaitement fixe¹.

Mais l'homme qui semble avoir le mieux compris toutes les ressources que pouvaient offrir les lampes triodes pour la production des sons musicaux est probablement le français Hugoniot. Cet inventeur, qu'une mort prématurée a malheureusement empêché de tirer un parti quelconque de ses brevets, avait entrevu nettement les possibilités d'applications de ces lampes aux instruments de musique, notamment la production des sons par la méthode des battements, méthode utilisée dans des réalisations très nombreuses (appareils de Theremin, Martenot, Péchadre, etc.), la genèse des harmoniques par superposition d'oscillations obtenues par diverses lampes, l'obtention des nuances dans l'exécution des morceaux et même des dispositifs pratiques pour guider le jeu de l'artiste².

Le russe Theremin provoqua un grand mouvement de curiosité avec son instrument, qui utilisait l'effet de capacité de la main à petite distance d'une antenne reliée à la grille d'une lampe dont les oscillations interféraient avec celles d'une autre lampe à fréquence fixe³. Ses démonstrations incitèrent de nombreux chercheurs à travailler cette question, et l'on vit apparaître de nombreux instruments de musique à oscillations électriques : ceux de Bertrand, Martenot, Péchadre, etc...

L'impulsion était donnée et la musique électrique, sortie du laboratoire, avait acquis le droit de cité.

1. Brevet américain du 21 avril 1915, repris en Allemagne par la Société Erich F. Huth le 11 juin 1916.

2. Brevets français 509.635 du 30 avril 1919 et ses trois certificats d'addition : 541.656 du 18 février 1921, 550.370 du 27 avril 1921, 559.855 du 7 mars 1922.

3. Brevet Allemand n° 113.536 du 9 décembre 1924, déposé au nom de M. Goldberg.

Divers modes de production des sons par voie électrique. — L'électricité offre les ressources les plus variées en ce qui concerne la production des sons musicaux. Ces sons peuvent être produits, notamment, par des alternateurs, des commutateurs tournants (tikkers), des vibreurs, des diapasons entretenus électriquement, des dispositifs photo-électriques, des lampes à gaz raréfiés donnant des oscillations de relaxation, des lampes triodes montées en oscillatrices, etc...

Des orgues à alternateurs ont été décrites dans les brevets de Thaddeus Cahill (déjà cité), de Givelet¹, de Bethenod², etc... Il est tout indiqué d'employer des alternateurs homopolaires à fer tournant de petites dimensions, dont les courants sont ensuite amplifiés par des amplificateurs convenables. Nous avons décrit, notamment, dans un de nos brevets, un orgue qui ne comprend que douze notes fondamentales (correspondant aux sept touches blanches et aux cinq touches noires d'une octave), les notes des autres octaves dérivant de ces notes fondamentales par des doublages statiques de fréquence. On peut réaliser ainsi un instrument d'une extrême simplicité et d'un prix de revient modique. Les doubleurs de fréquence, surtout ceux qui utilisent la saturation ferro-magnétique, introduisent tout un cortège d'harmoniques, qui modifient les timbres, mais il est facile de se débarrasser des harmoniques gênants au moyen de filtres. Les alternateurs correspondant aux diverses notes étant solidaires les uns des autres, grâce aux engrenages qui les entraînent, il suffit d'amener une seule note au diapason normal, pour que tout l'instrument se trouve accordé. D'autre part, si l'on fait varier la vitesse du moteur d'entraînement, on réalise la transposition instantanée d'un ton dans un autre. On voit donc tout l'intérêt que présente un instrument de ce genre.

Nous signalerons, dans le même ordre d'idées, les orgues à commutateurs tournants (tikkers), qui peuvent être établies à peu près d'après les mêmes principes. Les sons obtenus sont évidemment criards et désagréables, mais on peut, dans une certaine mesure, les corriger au moyen de filtres. En faisant varier le rapport entre le temps pendant lequel le courant passe et celui

1. Brevet belge n° 348.810 du 11 février 1928.

2. Brevet français n° 664.358 du 2 mars 1928.

pendant lequel le courant est coupé, on peut obtenir des timbres variés.

Les vibreurs et diapasons entretenus électriquement ont donné lieu à des réalisations intéressantes (piano, orgue du capitaine Ranger, etc.). Dans certains instruments, on a tout simplement conservé les cordes vibrantes, dont on a entretenu électriquement la vibration (piano-cantor de M. Tournier, etc.). La principale difficulté semble provenir de l'entretien des contacts dans les vibreurs, surtout lorsque ces contacts sont très nombreux, mais il n'y a là rien d'insurmontable, et l'excellent fonctionnement des bureaux centraux de téléphonie automatique à relais montre ce que l'on peut attendre de dispositifs de ce genre. Quant à la stabilité des fréquences, elle sera toujours suffisamment grande si l'on emploie des métaux à coefficient de dilatation pratiquement nul (invar, élinvar, etc.).

Toutes les complications inhérentes aux dispositifs tournants, et déjà signalées à l'occasion des orgues à alternateurs, se retrouvent dans les orgues photo-électriques, dans lesquelles le courant musical est produit par un rayon lumineux tombant sur une cellule photo-électrique et occulté périodiquement par un disque tournant percé de trous. Il faut, en outre, tenir compte du prix élevé des cellules photo-électriques et de l'extrême faiblesse du courant qu'elles engendrent, ce qui nécessite des amplificateurs très importants et, par conséquent, coûteux. Le seul avantage de ces dispositifs réside dans leur grande variété de timbres : il suffit, en effet, de pratiquer sur les disques tournants des trous de formes différentes, les uns ronds, les autres carrés, les autres triangulaires, etc., pour obtenir, à volonté, des courants photo-électriques de formes très diverses et, par suite, des tonalités très différentes. Mais le même résultat est obtenu d'une façon au moins aussi simple dans les orgues à alternateurs, en employant des dents de profils différents.

De remarquables modèles d'orgues photo-électriques ont été réalisés en France par M. Toulon et en Autriche par M. Spielmann.

Les tubes à gaz raréfiés, notamment les tubes au néon, ont également tenté divers inventeurs. Ces tubes, connectés aux bornes d'un condensateur chargé à travers une résistance élevée, donnent naissance à des oscillations de relaxation. Le timbre des sons ainsi

produits est fort désagréable, mais on peut, sans doute, l'améliorer avec des filtres. Un autre inconvénient provient du peu de stabilité de ces tubes, la pression intérieure changeant facilement, en raison de l'absorption possible du gaz par les électrodes. Il est à craindre que des instruments de ce genre ne tiennent pas longtemps l'accord.

Emploi des lampes triodes dans les instruments de musique électrique. — En fin de compte, c'est la lampe à trois électrodes qui offre, à notre avis, le moyen le plus commode pour la production des sons musicaux.

Les instruments qui emploient ces lampes peuvent se classer en deux catégories :

1° Ceux qui utilisent des lampes oscillant à des fréquences inaudibles et qui produisent les sons musicaux par battements ;

2° Ceux dans lesquels les lampes triodes engendrent directement les oscillations à fréquence musicale.

Les instruments de la première catégorie sont tous monophoniques (étérophone de Theremin, appareil de Martenot, ondiolium de Péchadre, etc...). Il est, en effet, très difficile d'obtenir, avec la méthode des battements, des sons d'une hauteur parfaitement fixe. Supposons, en effet, deux oscillateurs engendrant, l'un la fréquence $f_1 = 30.500$, l'autre la fréquence $f_2 = 30.000$, la différence $f_1 - f_2$ est de 500 périodes, c'est la fréquence musicale résultante.

Supposons que, par suite d'un léger dérèglement, f_1 passe à 30.530 (variation de un pour mille environ); f_2 n'ayant pas changé, la fréquence résultante sera de :

$30.530 - 30.000 = 530$, soit une variation de 6 % dans la hauteur de la note, c'est-à-dire une variation voisine d'un demi-ton.

Cet inconvénient est tolérable, à la rigueur, dans les instruments monophoniques, où le nombre des lampes à surveiller est très réduit, mais il constitue un vice rédhibitoire dans les orgues polyphoniques, qui comportent un très grand nombre de lampes : l'instrument ne serait jamais parfaitement accordé. En outre, la nécessité d'employer deux lampes par note augmenterait considérablement le prix de revient.

Au contraire, lorsque l'on produit directement la fréquence

musicale, une variation de fréquence de *un pour cent* (et non plus de *un pour mille*, comme précédemment) n'est perceptible qu'à une oreille très exercée.

La fréquence des oscillations d'une lampe triode (au voisinage de la limite d'entretien des oscillations) est donnée par la relation :

$$F = \frac{\sqrt{1 + \frac{R}{\rho}}}{2 \pi \sqrt{CL}},$$

où R représente la résistance ohmique du circuit oscillant, ρ la résistance interne de la lampe, C la capacité et L la self-induction du circuit oscillant.

Si ρ est très grand, on retombe sur la formule de Thomson :

$$F = \frac{1}{2 \pi \sqrt{CL}};$$

la fréquence devient indépendante des caractéristiques de la lampe et, par conséquent, des conditions dans lesquelles elle est alimentée. On est donc amené, si l'on veut des oscillations stables, à employer une lampe à forte résistance interne.

En outre, l'emploi d'une telle lampe permet la *transposition instantanée d'un ton dans un autre*. Supposons, comme c'était le cas dans les premiers claviers que nous avons réalisés, que le circuit oscillant soit formé d'un condensateur fixe et d'une inductance à prises variables (chaque prise correspondant à une note de la gamme). Le bobinage étant convenablement réparti, on accordait instantanément l'instrument en enfonçant plus ou moins le noyau de fer dans la bobine : il suffisait, par exemple, d'amener le *la* au diapason pour que toutes les autres notes se trouvassent alors accordées. En outre, en changeant la capacité commune à toutes les notes on transposait dans n'importe quel ton.

Réglage de la hauteur et de l'intensité du son. — La hauteur du son se règle donc en agissant sur les valeurs de la self-induction des circuits, en enfonçant plus ou moins un noyau de fer dans une bobine ou en réglant l'entrefer d'un circuit magnétique au moyen, par exemple, d'une culasse de fer que l'on peut déplacer à l'aide

d'une vis et d'un bouton molleté (fig. 1). On peut agir également sur la capacité, mais c'est moins facile, en raison des valeurs relativement élevées de ces capacités (de 1 microfarad à 1/100 de microfarad environ). M. Michaud a proposé un procédé de réglage très ingénieux, qui ramène le réglage d'une capacité à celui d'un champ

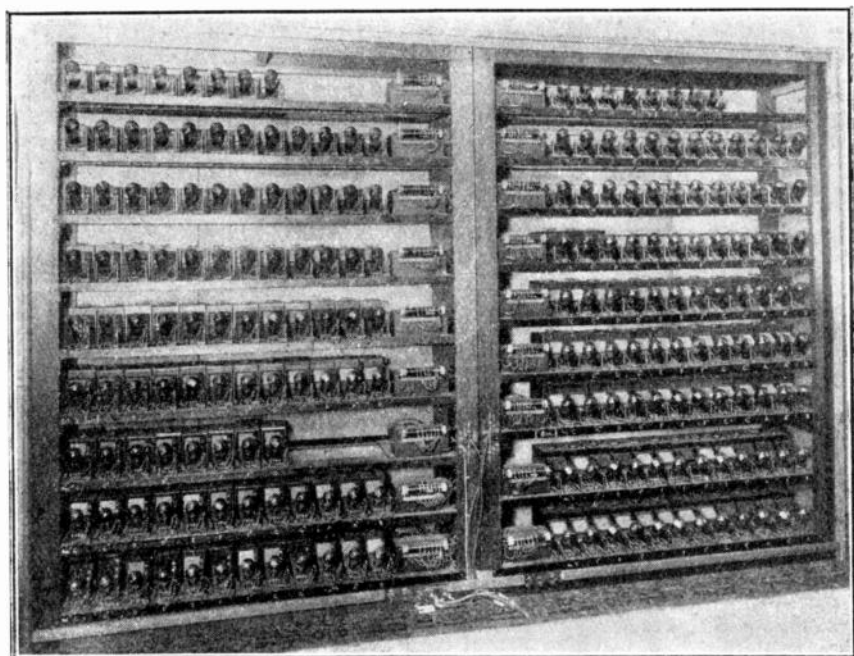


Fig. 1. — L'orgue électronique Coupleux-Givelet : *Armoire des lampes oscillatrices.* Chaque lampe se trouve placée devant la cage de Faraday qui renferme le circuit oscillant correspondant. Au-dessus de chaque cage, on aperçoit le bouton molleté servant à l'accord.

magnétique. Il a démontré, en effet¹, qu'un conducteur de longueur l et de masse m se trouvant dans un champ magnétique h est équivalent à un condensateur de capacité

$$C = \frac{m}{l^2 h^2}.$$

1. Brevet français déposé le 27 novembre 1931. — Si un conducteur se déplace dans un champ perpendiculaire à sa direction, il engendre une force électromotrice $e = hlv$ (1) (h intensité du champ; l longueur du conducteur; v vitesse de déplacement).

Écrivons, d'autre part, que l'impulsion est égale à l'accroissement de la quantité de

Le conducteur faisant partie d'un circuit oscillant se déplacera dans un champ magnétique réglable à volonté par la manœuvre d'un rhéostat. Ce procédé, extrêmement élégant, semble devoir donner lieu à des applications très intéressantes.

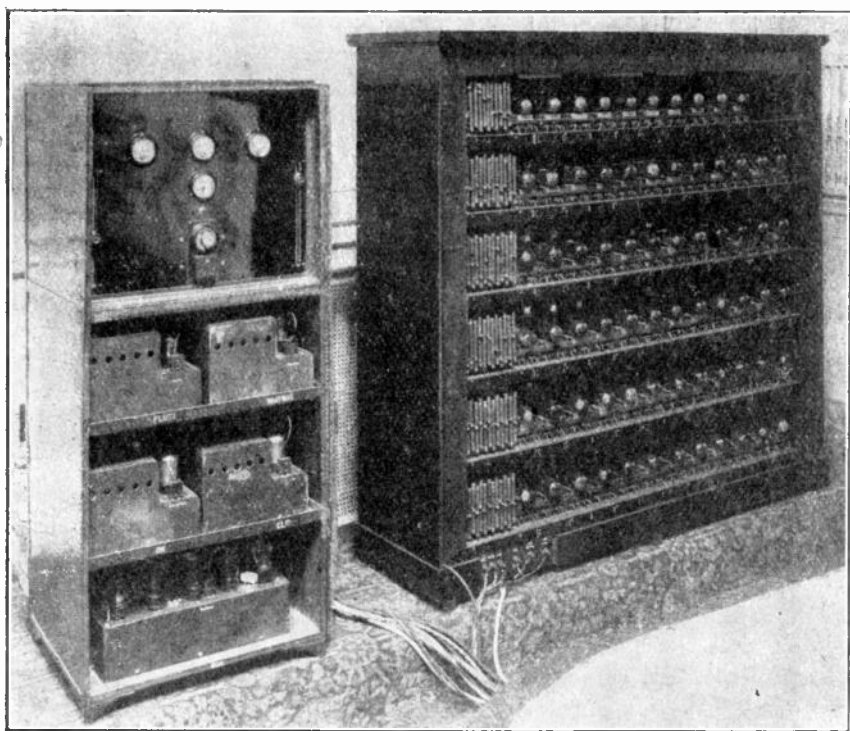


Fig. 2. — L'orgue électronique Coupleux-Givelet : A gauche, l'armoire des amplificateurs, alimentés directement sur le secteur, avec les instruments de contrôle. A droite, une des armoires des lampes oscillantes (on aperçoit sur la gauche de cette armoire les résistances servant à égaliser la puissance des différentes notes).

Pour régler l'intensité du son, on ne doit jamais toucher à l'oscillateur, sous peine de le dérégler. On agira sur l'amplificateur qui vient à la suite de cet oscillateur, par exemple en introduisant des résistances variables dans le circuit d'anode des dernières lampes

mouvement, nous avons $\int f dt = mv$; mais $f = lai$; i étant le courant dans le conducteur ; donc $lh \int i dt = lhq = mv$ (2). Éliminons v entre (1) et (2), il vient $q = \frac{me}{l^2 h^2}$ et, comme $\frac{q}{e} = c$, on a bien $c = \frac{m}{l^2 h^2}$.

amplificatrices (fig. 2), ces résistances à curseur étant commandées par des pédales.

Un procédé particulièrement commode consiste à n'employer que des haut-parleurs à excitation séparée et à faire varier l'intensité du courant d'excitation. On n'a ainsi aucune réaction à craindre sur les oscillateurs, et la variation de puissance est aussi grande que l'on veut.

Variations des timbres. — Le timbre provenant de la superposition d'harmoniques à un son fondamental, certains inventeurs ont cherché à obtenir des variations de timbre, en faisant résonner certains harmoniques de façon à augmenter considérablement leur amplitude. Tel est le procédé indiqué par M. Trautwein : dans le circuit de plaque de la lampe amplificatrice se trouve une série de circuits oscillants accordés chacun sur un harmonique déterminé. Ces circuits sont couplés par induction à des enroulements connectés au haut-parleur par l'intermédiaire de commutateurs, qui permettent de mettre en circuit tel ou tel enroulement et même de faire varier le nombre des prises de ces enroulements ; on peut recueillir et doser les harmoniques à volonté¹.

M. Bethenod a proposé, d'une façon analogue, l'emploi d'une ligne artificielle entre l'oscillateur et l'amplificateur. L'extrémité de cette ligne est fermée sur une impédance variable, que l'on règle de façon à faire résonner cette ligne sur un harmonique déterminé².

Au lieu de faire résonner certains harmoniques, il est plus facile de produire, à l'origine, une oscillation très riche en harmoniques (polarisation des grilles, emploi de tensions anormales, etc...) et de supprimer, au moyen de filtres, ces harmoniques à partir du rang n .

En changeant les filtres au moyen de commutateurs, on modifie considérablement les timbres.

Un autre procédé consiste à reconstituer les timbres synthétiquement, en faisant osciller simultanément un certain nombre de lampes donnant, l'une l'oscillation fondamentale, les autres les oscillations correspondant aux divers harmoniques.

1. Brevet allemand n° 469.775 du 4 avril 1924.

2. Brevet français n° 669.096 du 27 juillet 1929.

Les combinaisons de circuits se préparent en manœuvrant des commutateurs disposés comme les commandes des registres dans les orgues ordinaires. Lorsque l'exécutant appuie ensuite sur la touche correspondant à une note déterminée, il fait entrer en oscillation les lampes correspondant aux divers harmoniques.

L'utilisation des phénomènes de saturation ferro-magnétique a été indiquée par divers inventeurs pour la production de timbres variés¹.

Le problème de la polyphonie. — Un instrument polyphonique a été présenté par M. Eloy Coupleux, en novembre 1929, à la Salle Pleyel, lors du Congrès National de la Radio-diffusion. Cet appareil comprenait cinq haut-parleurs électrodynamiques, qui recevaient chacun les oscillations d'une lampe à travers un amplificateur fonctionnant sous 400 volts. Ces cinq ensembles correspondaient respectivement aux registres des instruments suivants : premier violon, deuxième violon, alto, violoncelle et contrebasse. Les contacts dont la fermeture déclenchait les oscillations étaient commandés par des soupapes actionnées par le déroulement d'une bande de carton perforé devant les trous d'une flûte de Pan, suivant le principe du pianola Æolian.

Bien que ne donnant que cinq notes à la fois, cet instrument obtint un grand succès.

Lorsqu'il a fallu aborder la réalisation des grandes orgues, on a cherché naturellement à réduire le nombre des lampes. Tout d'abord, la question s'est posée de savoir s'il était possible de produire simultanément plusieurs notes avec la même lampe triode. Pratiquement, une lampe ne peut osciller simultanément sur deux fréquences que si ces fréquences sont très éloignées l'une de l'autre ; par exemple on réalise facilement un oscillateur donnant simultanément 1.000.000 de périodes et 500 périodes par seconde. Mais, s'il s'agit de produire en même temps deux fréquences musicales, il faut y renoncer. Toutefois, la même lampe peut engendrer simultanément plusieurs notes de même hauteur et de timbres différents : par exemple, un *la* de flûte, un *la* de hautbois et un *la* de clarinette. Dans un orgue à plusieurs claviers, la même lampe est

1. *Goldberg*. — Brevet allemand 443.536 du 9 décembre 1924.

Bethenod. — Brevet français 661.358 du 2 mars 1928.

donc utilisée simultanément dans les divers claviers, ce qui amène déjà une simplification notable.

On s'est demandé également s'il n'était pas possible, en utilisant les harmoniques successifs extraits des oscillations d'une lampe, d'obtenir plusieurs notes avec cette lampe. Nous avons vu que le premier harmonique du *do*₁ est le *do*₂, le second le *sol*₂, etc... Ce procédé ne présenterait aucun intérêt pratique, car, en raison de la faible puissance mise en jeu par ces harmoniques, il faudrait recourir à des amplificateurs comprenant un plus grand nombre d'étages que pour l'amplification de la fréquence fondamentale, d'où l'emploi, de lampes supplémentaires. En outre, on obtiendrait les notes de la gamme naturelle, et non pas celles de la gamme tempérée, seule admise dans les instruments à claviers, comme nous l'avons montré au début de cette étude.

Ce n'est donc que dans les amplificateurs qu'il est possible de réduire le nombre des lampes. Dans ce but, il faut pouvoir employer le même amplificateur pour le plus grand nombre possible de lampes oscillantes. On se heurte alors à des difficultés considérables sitôt que l'on veut combiner divers courants oscillants dans un même circuit. Il y a production d'interférences entre certaines notes et les harmoniques d'autres notes, ces interférences provenant du fait que certains harmoniques n'ont pas exactement la même fréquence que les notes de la *gamme tempérée* auxquelles ils correspondent théoriquement. En outre, le moindre dérèglement, imperceptible pour la note considérée isolément, peut donner naissance à un battement avec une autre note ou l'harmonique d'une autre note. On obvie à ces inconvénients au moyen de filtres, qui laissent passer la fréquence des notes et arrêtent la fréquence beaucoup plus basse des interférences et des bourdonnements¹.

Il faut également empêcher les divers oscillateurs de « s'accrocher » les uns sur les autres, ce qui peut se produire pour des fréquences voisines. Dans ce but, le couplage de chaque oscillateur avec un amplificateur commun à plusieurs d'entre eux ne devra pas être trop serré. En outre, les divers oscillateurs sont renfermés dans des cages de Faraday.

1. Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences — tome 191, n° 11, du 6 octobre 1930, p. 557. — Note de MM. Coupleux et Givelet, présentée par M. le Général Ferrière.

Exemple de réalisation d'orgues à lampes. — Grâce à ces diverses précautions, on est arrivé à réaliser des orgues, qui, non seulement rivalisent avec les orgues à tuyaux, mais qui les dépassent par la pureté et la beauté des sons obtenus. Les sonorités de ces nouveaux instruments ont quelque chose de plus idéal, de plus éthéré que celles des orgues classiques. En outre, grâce aux très



Fig. 3 — *L'orgue électronique d'Henin-Liétard.* Vue de la console avec les claviers et les commandes des divers jeux. A gauche, extrémité de l'armoire à lampes.

faibles constantes de temps des divers circuits, l'exécution des morceaux les plus rapides devient désormais possible. Les sons peuvent être renvoyés d'une extrémité à l'autre d'un édifice, la même console pouvant commander des haut-parleurs placés, les uns à l'entrée de cet édifice, les autres dans le fond, de sorte que, pratiquement, un seul orgue électrique remplace deux orgues à tuyaux.

Le montage, qui demandait autrefois des mois, se fait en quelques semaines; les timbres peuvent d'ailleurs être modifiés presque instantanément sur place, en agissant sur les constantes des filtres.

Enfin, le prix de revient ne dépasse pas la moitié de celui d'un orgue à tuyaux équivalent.

A titre d'indication, nous donnons ci-dessous la spécification du plus récent de ces instruments (fig. 3), celui inauguré le 15 octobre dans l'église d'Hénin-Liétard, et construit par MM. Coupleux frères, de Tourcoing :

3 claviers de 56 notes, pédalier de 32 notes.

1^{er} Clavier : Grand orgue.

1. Montre	16 pieds
2. Bourdon	16 pieds
3. Grosse flûte	8 —
4. Grosse quinte	5 1/3
5. Montre	8 pieds
6. Trompette	8 —
7. Clairon	4 pieds
8. Flûte	
9. Octave	
10. Nazard	
11. Octavin	
12. Tierce	

2^e Clavier : Positif.

13. Bourdon	8 pieds
14. Flûte ouverte	8 —
15. Violoncelle	8 —
16. Musette	8 —
17. Clarinette	8 —
18. Aéoline	8 —
19. Octave	4 —

3^e Clavier : Récit.

20. Bourdon	16 pieds
21. Principal	8 —
22. Flûte douce	8 —
23. Cor de nuit	8 —
24. Gambe	8 —
25. Hautbois	8 —
26. Voix céleste	8 —
27. Voix humaine	8 —

28. Clarinette	8 pieds
29. Octave	4 —
30. Nazard	
31. Octavin	
32. Tierce	
Echo	
Tremolo	

Pédalier.

33. Bourdon	16 pieds
34. Contrebasse	16 —
35. Bombarde	16 —
36. Flûte	8 —
37. Principal	8 —
38. Trompette	8 —
39. Clairon	4 —
40. Flûte	4 —

Accouplements.

Récit sur positif
— sur grand orgue
— sur pédalier
— sur écho
Positif sur grand orgue
— sur pédalier
Grand orgue sur pédalier.

Accessoires.

Pédale expressive Grand orgue
— — positif
— écho
— — tutti progressif

A. GIVELET.

MESURES DE RAYONNEMENT¹

par **Pierre DAVID**

Docteur ès sciences

Ingénieur en chef au Laboratoire National de Radioélectricité.

SOMMAIRE

Après un bref rappel historique, l'auteur indique le principe des dispositifs actuels pour la mesure du champ; il décrit, en particulier, le matériel utilisé par le Laboratoire National de Radioélectricité. — La précision est sommairement discutée. — Ensuite sont examinées les applications de ces mesures, soit pour l'étude des émetteurs, des antennes, des dispositifs antiparasites, etc... soit pour l'étude de la propagation des ondes et, par suite, l'organisation rationnelle des radio-communications.

Historique. — En vous parlant ce soir des mesures de champ, je commencerai par rappeler que ces mesures ne sont pas nouvelles : elles sont, ou peu s'en faut, aussi vieilles que la T.S.F. elle-même.

On pourrait dire que Hertz, en explorant le champ de son excitateur avec son résonateur à étincelles, faisait les premières mesures.

En tout cas, dès 1906, Tissot faisait des mesures véritables et très précises, en plaçant un bolomètre dans l'antenne de réception. Il vérifia que le champ est proportionnel à l'inverse de la distance jusqu'à des distances de 13 kilomètres.

Des mesures analogues étaient exécutées à l'étranger par Duddell, Marconi, Austin... Les résultats étaient semblables. Le manque de sensibilité des appareils en haute fréquence empêchait d'atteindre les grandes portées.

Dès que l'amplification fut possible, cette difficulté disparut, et partout où l'on pouvait entendre, on pouvait aussi mesurer. Il suffisait d'employer un récepteur à lampes, dont on déterminait la sensibilité à l'instant de la mesure, au moyen d'un générateur

1. Communication faite à la Société des Radioélectriciens, le 15 novembre 1933.

auxiliaire substitué au signal. Cette méthode permit à Guierre, à bord de l'*Aldebaran*, de mesurer, en 1919, le champ des stations européennes jusqu'aux antipodes.

En 1921, MM. Jouaust et Mesny installaient, dans deux cabanes en bois de l'observatoire de Meudon, un ensemble fixe, destiné à l'étude systématique régulière du champ des ondes longues. Cette installation a fonctionné pendant plusieurs années; elle a dû être abandonnée récemment, faute de personnel pour en assurer le service. Mais c'est d'elle que dérivent, par des perfectionnements successifs, les appareils actuels, que j'ai l'honneur de présenter ce soir.

Principe de la mesure du champ. — Rappelons d'abord la définition : En disant que le champ est de Z volts par mètre, à un moment donné, nous voulons dire :

a) que le champ électrique alternatif possède un vecteur polarisé, c'est-à-dire dont la direction, à ce moment, est fixe;

b) que si l'on dispose dans cette direction un conducteur de longueur dl , la f. é. m. induite dans ce conducteur sera :

$$dE = Z. dl.$$

On suppose, en outre, le plus souvent : d'abord que le champ électrique est sensiblement vertical, ce qui est à peu près exact pour les ondes longues et moyennes; ensuite, qu'il existe, entre le champ électrique et le champ magnétique, la même relation simple que dans la propagation d'une onde plane sur un sol plan conducteur.

Il en résulte que l'on peut indifféremment mesurer le champ, soit avec une antenne verticale, soit avec un cadre vertical, en lui attribuant, lorsqu'il est dans le plan d'arrivée de l'onde, la hauteur « effective »

$$h = \frac{2\pi S}{\lambda} \quad \begin{array}{l} S = \text{surface totale du cadre} \\ \lambda = \text{longueur d'onde.} \end{array}$$

Lorsque le champ, au lieu d'être vertical, est incliné, l'antenne verticale ne mesure plus qu'une de ses composantes. Si cette inclinaison est variable, si la direction de propagation change, enfin si l'on est à proximité d'obstacles qui modifient le rapport des

composantes électrique et magnétique, il est nécessaire de bien préciser ce que l'on mesure, et l'emploi du cadre ou de celui de l'antenne peuvent donner des résultats très différents.

Sans nous attarder à discuter ces cas complexes, revenons au cas type : mesure d'un champ électrique sensiblement vertical.

Que l'on ait un cadre ou une antenne, la difficulté consiste dans la petitesse des f. é. m. induites : microvolts ou millivolts. Ne pouvant les mesurer directement, on les amplifiera dans un récepteur terminé par un appareil de mesure ; on repérera la déviation de

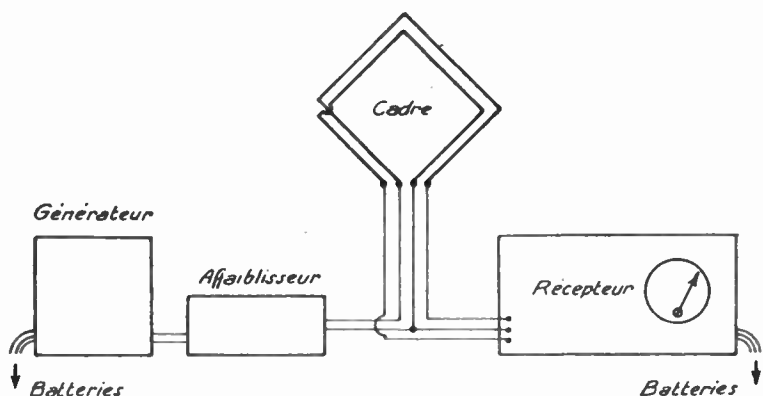


Fig. 1. — Dispositif pour mesures de champ.

ce dernier. Puis on supprimera l'action du signal lointain, et on la remplacera par celle d'un signal local de même fréquence et d'amplitude réglable ; on ajustera ce signal pour obtenir la même déviation ; et l'on en déduira, par une méthode analogue à la double pesée, la valeur du champ initial.

Examinons les différents organes de ce dispositif (fig. 1).

Collecteurs d'ondes. — Le collecteur d'ondes le plus employé est sans doute le cadre : outre que sa hauteur effective est bien connue, il a l'avantage (en le supposant bien compensé) qu'il permet, en le faisant simplement tourner, de supprimer ou de rétablir à volonté l'action du signal. Cela est très précieux pour comparer le signal lointain à une f. é. m. locale.

Trois précautions sont à prendre : d'abord assurer une *compensation* parfaite, par exemple avec prise médiane à la terre ; ensuite éviter les « bouts morts » qui peuvent résonner sur des fréquen-

ces élevées (nos cadres comportent deux sections égales, reliées soit en série, soit en parallèle, mais toujours en service), enfin, disposer le cadre assez loin du récepteur, pour que sa rotation ne réagisse pas sur la sensibilité de celui-ci.

L'emploi de l'antenne est également possible, et l'on capte ainsi plus d'énergie. Mais il faut alors une terre, qui n'est pas toujours au contact immédiat du récepteur : d'où incertitude sur la répartition des tensions induites par le champ, donc sur la hauteur effective. En outre, l'on ne peut supprimer l'action du champ lointain. Si donc l'émetteur n'accepte pas de stopper suivant un rythme convenu, il faut avoir recours à un artifice pour faire la comparaison avec le signal local. Certains ont proposé de remplacer l'antenne par une antenne fictive : mais on n'est jamais sûr de leur équivalence à l'entrée du récepteur et il peut en résulter de grandes variations de sensibilité. Nous préférons deux autres moyens : ou bien, si le récepteur est « à commande unique » et s'il n'y a pas trop de brouillages, le désaccorder légèrement de part et d'autre et mesurer sa sensibilité dans ces deux positions ; ou bien, étudier au préalable le détecteur et connaître la variation du courant qu'il donne lorsque l'on superpose au signal un autre signal de même amplitude : on juge alors de l'égalité de la f. é. m. locale en la superposant, purement et simplement, au signal lointain, sans être obligé de supprimer celui-ci. Cette dernière variante nous a donné de très bons résultats.

Récepteur amplificateur. — Le récepteur doit avoir une sensibilité et une sélectivité en rapport avec le but poursuivi. Il est généralement intéressant de ne pas laisser échapper *a priori* les signaux faibles et brouillés ; c'est-à-dire que le récepteur devra être très sensible et très sélectif. Comme, cependant, il peut être employé pour des champs très forts, sa sensibilité devra être réglable dans un intervalle considérable. Enfin, la précision de la mesure dépend directement de sa stabilité : l'amplification doit varier peu avec la tension des sources, avec le déplacement des corps environnants, et notamment du cadre, ainsi qu'il a été déjà signalé. Enfin, l'étendue de la gamme d'ondes et les commodités de réglage et de transport sont à considérer.

Le Laboratoire National de Radioélectricité dispose (fig. 2) de

plusieurs récepteurs, les uns à amplification directe, les autres avec changement de fréquence; les uns ou les autres sont à préférer suivant les cas. L'amplification totale est de l'ordre de 10^4 à 10^5 . Les champs mesurés vont de quelques microvolts par mètre jusqu'à l'ordre du volt par mètre. La gamme d'ondes normalement couverte est de 100 à 3.000 mètres sur la plupart des appareils.

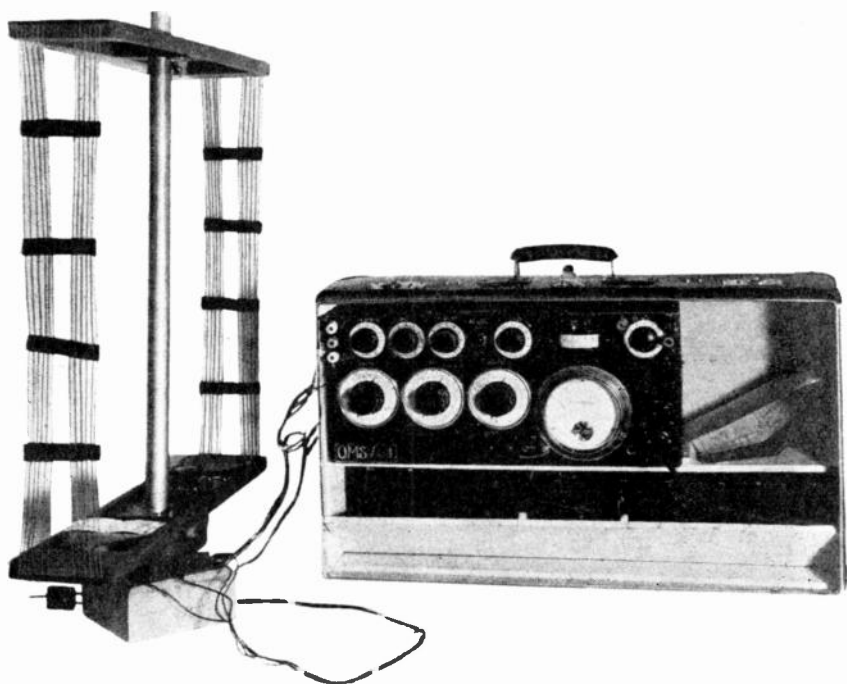


Fig. 2. — Récepteur-valise du Laboratoire National de Radioélectricité, spécial pour mesures de champ.

mais les anciens récepteurs à ondes longues sont utilisables jusqu'à 18.000 mètres, et nous disposons aussi de récepteurs à partir de 15 mètres.

Le récepteur se termine par un appareil de mesure du courant détecté : c'est un milliampèremètre de 1 ou 1.5 milliampère. Le modèle employé a la particularité d'être différentiel, ce qui permet de compenser le courant de repos de la lampe sans aucune batterie supplémentaire.

Pour la facilité des enregistrements, les récepteurs sont pourvus de régulateurs anti-fading dont l'action est réglable et peut même

être supprimée (sur les champs stables, l'effet de ces régulateurs est nuisible, puisqu'ils diminuent les variations observées).

En vue de pouvoir opérer en campagne et loin de toute source d'alimentation, les récepteurs du L. N. R. sont équipés de lampes à faible consommation et fonctionnent avec accumulateurs ou piles de 4 et 80 volts. Regrettons, en passant, que les fabricants de lampes se désintéressent aussi complètement des modèles utilisables dans ces conditions, et qui ne font aucun progrès depuis quelques années.

Enregistrement. — Pour enregistrer les valeurs du champ, il suffit de remplacer l'appareil de mesure ci-dessus par un appareil enregistreur. On le gradue de temps à autre en interrompant la réception et en introduisant dans le cadre des f. é. m. locales étalonnées.

La stabilité du récepteur est ici encore plus nécessaire.

Quelques auteurs préconisent, pour enregistrer, d'avoir des récepteurs à sensibilité « logarithmique », c'est-à-dire dans lesquels le courant de sortie est proportionnel au logarithme de l'amplitude du signal à l'entrée. On aurait ainsi une précision relative constante dans toute l'étendue de l'échelle.

Mais est-ce bien là l'idéal? Ce n'est pas évident. L'échelle logarithmique conduit à resserrer, sur le diagramme, toute la variation possible, par exemple de 10 microvolts à 100 millivolts. Il en résulte que la réception d'un poste relativement stable se traduit par des fluctuations imperceptibles de la courbe; la précision est bien constante, mais elle est constante dans la médiocrité. Il nous paraît plus logique d'ajuster la loi de variation de la sensibilité en fonction des variations probables du signal, de manière que la courbe s'étende à peu près sur toute la largeur du graphique. On aura ainsi, dans chaque cas, la meilleure précision possible. Cela s'obtient, non pas avec un détecteur logarithmique, mais avec un double réglage d'amplification, l'un manuel, l'autre automatique, l'action de ce dernier pouvant être dosée¹.

C'est ce qui est réalisé sur les récepteurs du L. N. R.

1. Il faut évidemment, de la part de l'opérateur, un peu d'attention et la connaissance préalable de l'ordre de grandeur des variations. Mais ce n'est pas une difficulté sérieuse.

Un mot enfin à propos du choix de l'appareil de mesure enregistreur. Les modèles courants comportent un équipage mobile assez lourd, dont l'équilibrage est réalisé seulement dans la position normale de l'appareil. Ils sont donc inutilisables sur une voiture en marche, à bord d'une embarcation ou même d'un navire par gros temps, les secousses ou le roulis entraînant des mouvements parasites de l'aiguille. Nous avons employé, dans ce cas, un enregistreur particulier à équipage très léger, le « Sparkographe », dans lequel l'inscription se fait par perforation d'un papier spécial au moyen d'une étincelle. Il faut seulement prendre la précaution de blinder très soigneusement cet appareil, afin d'empêcher l'action de l'étincelle sur le récepteur.

Générateur étalonné. — Enfin, la pièce essentielle du dispositif est sans doute le générateur local qui fournit les f. é. m. très petites et connues, comparées au signal lointain.

Je n'insisterai pas sur la description du modèle employé par le L. N. R., qui a déjà été présenté ici.

Je mentionnerai seulement qu'il comporte un oscillateur relativement puissant et très soigneusement blindé, suivi d'un affaiblisseur à transformateurs sinusoïdaux. Le tout est alimenté de l'extérieur à travers des filtres. On mesure, à l'entrée de l'affaiblisseur, ou bien l'intensité à l'aide d'un milliampèremètre thermique, ou bien la tension à l'aide d'un redresseur à oxyde de cuivre. Dans le premier cas, la f. é. m. fournie, pour une lecture donnée, est sensiblement proportionnelle à la fréquence : c'est très commode pour les mesures de rayonnement sur cadre, puisque la hauteur effective du cadre suit la même variation, et, par suite, que la fréquence disparaît dans le coefficient d'étalonnage de l'ensemble. Par contre, la mesure de la tension est plus simple pour les mesures de rayonnement sur antenne (et pour l'essai des récepteurs en laboratoire).

L'emploi de trois transformateurs sinusoïdaux identiques successifs permet de faire l'étalonnage directement à partir d'un voltmètre de 0,1 à 1 volt, et d'avoir une bonne précision jusqu'aux valeurs les plus petites.

Le modèle décrit en 1931 a fait l'objet de plusieurs perfectionnements de détail : réduction de l'encombrement et du poids ; gamme d'ondes étendue (p. ex. 100-3.000 m) sans changement de bobines ;

graduation directe en longueurs d'onde ou en fréquences sur l'émetteur, en décibels sur l'affaiblisseur (fig. 3).

Nous avons eu, d'autre part, l'occasion de comparer ce générateur avec des modèles analogues étrangers : les différences d'étalonnage ont atteint environ 25 % en plus et en moins, mais notre position moyenne semble honorable.

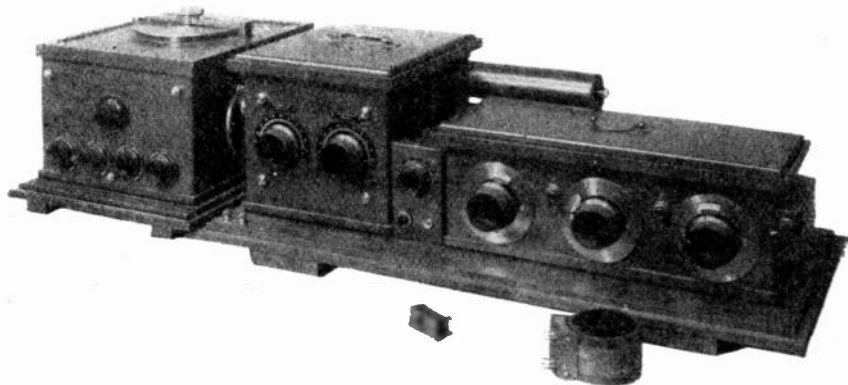


Fig. 3. — Générateur étalonné, modèle du Laboratoire National de Radioélectricité (1932).

Précision des mesures de champ. — Avec ce matériel, la précision dépend évidemment un peu des circonstances de la mesure.

Le cas le plus favorable est celui des ondes moyennes sur cadre ; le signal étant supposé assez fort, l'opération vérifiée plusieurs fois, les erreurs accidentelles semblent faibles devant l'incertitude d'étalonnage du générateur local : nous estimons que l'on doit atteindre une précision absolue de 5 à 10 %.

Si le champ est faible ; si le matériel est installé dans de moins bonnes conditions, et l'opérateur un peu pressé, la précision diminue naturellement un peu ; de même au cours d'un enregistrement, où la sensibilité d'un récepteur ne reste jamais rigoureusement constante. Toutefois des erreurs de 30 % ou plus semblent exceptionnelles.

Enfin, en ondes courtes, il est à redouter souvent d'avoir de moins bons résultats. La technique est moins au point ; les champs sont généralement plus faibles et leur polarisation, leur intensité, varient perpétuellement beaucoup ; nous ne nous hasarderions pas à garantir un chiffre.

Application de ces mesures. — Les mesures de champ sont utiles dans plusieurs cas :

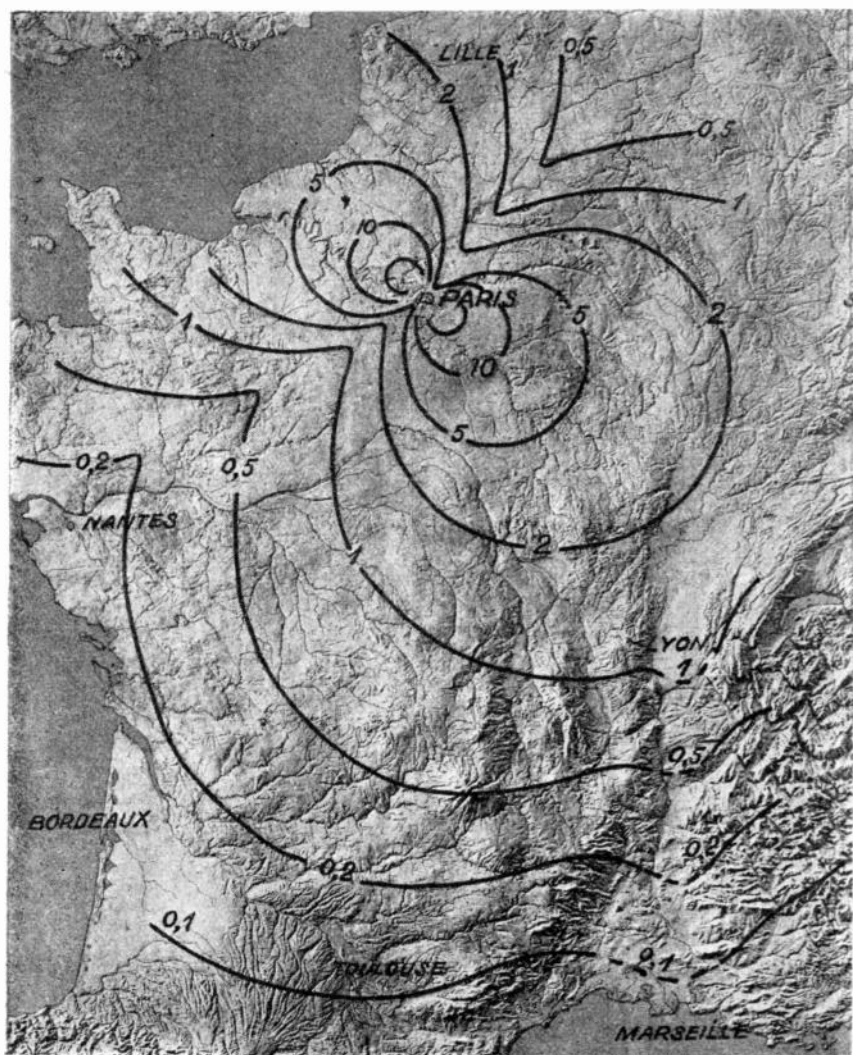


Fig. 4. — Champ de la Tour Eiffel (antenne moyenne) de jour. $\lambda = 1.415$ mètres.
 $P = 13$ kW. Graduations en millivolts par mètre.

1° Pour déterminer le rayonnement efficace des émetteurs, ou, si l'on veut, la hauteur effective des antennes, et, s'il y a lieu, leur pouvoir directionnel.

Par suite, on pourra apprécier le bénéfice apporté par tel ou tel changement : augmentation de hauteur ou de surface, modification de forme de l'antenne ; isolement des pylônes ; emploi d'un réflecteur, etc. Ces essais sont particulièrement utiles lorsque l'antenne est environnée d'obstacles (à bord des navires par exemple), et qu'il est impossible de calculer *a priori*, son rendement.

Je citerai seulement deux exemples : l'un d'une station à rayonnement parfaitement circulaire : c'est *Radio-Paris*, dont le champ à 10 kilomètres est, dans trois directions différentes, respectivement de 222, 228 et 225 millivolts par mètre. L'autre, au contraire, est relatif à une station placée dans des conditions très particulières : c'est la Tour Eiffel, qui utilise un pylône unique de 300 mètres de hauteur, avec une antenne oblique en éventail. On avait bien pensé que la masse métallique de la Tour devait provoquer une déformation dans le diagramme de rayonnement, mais on s'attendait plutôt à ce qu'elle portât « ombre » en arrière, c'est-à-dire vers le Nord-Ouest. Les mesures ont montré, au contraire, que le rayonnement vers le Nord-Ouest est presque aussi intense que vers le Sud-Est ; c'est dans la direction perpendiculaire que l'on observe un double minimum très net. Cette irrégularité ne s'observe pas seulement au voisinage du poste, mais même à grande distance (fig. 4).

2° Pour déterminer l'importance du « rayonnement nuisible » ou des « émissions non essentielles ».

On sait qu'en plus de l'onde porteuse et des « bandes latérales » indispensables à sa modulation, un émetteur rayonne toujours plus ou moins d'autres fréquences : *harmoniques* de l'onde fondamentale ; bandes latérales parasites, provenant de modulation incorrecte. Non seulement ces émissions sont inutiles pour le service normal de la station, mais, elles peuvent être très nuisibles pour d'autres services, dans les « bandes » desquels elles se trouvent.

Pour réglementer et limiter ces émissions non essentielles, il faut pouvoir les mesurer : ici encore c'est d'une mesure de champ, peut-être un peu spéciale, qu'il s'agit.

A titre d'exemple, je mentionnerai seulement que les soins apportés pour réduire les harmoniques dans les récentes stations de radio-diffusion, ont permis de réduire ceux-ci à moins du

millième, parfois au dix-millième de l'amplitude du fondamental : c'est-à-dire qu'une station rayonnant cent kilowatts sur l'onde principale, ne rayonne pas plus de un dixième à un millième de watt sur les harmoniques.

3° *Pour mesurer les « parasites », atmosphériques ou artificiels, et, par suite, l'efficacité des dispositifs antiparasites.*

La mesure absolue des parasites soulève quelques difficultés de principe, puisque les parasites étant des phénomènes irréguliers, ne peuvent être définis par une grandeur unique. Aussi doit-on se contenter de mesurer, en toute rigueur, *leur effet* sur un récepteur, et de repérer cet effet par rapport à celui que produisent des signaux connus. Moyennant quelques précautions sur la spécification de ce récepteur, il semble possible d'obtenir ainsi des indications intéressantes.

La chose est plus facile quand il s'agit seulement de mesurer l'affaiblissement produit sur les parasites par l'interposition de tel ou tel dispositif antiparasite.

Voici quelques chiffres relevés au cours d'expériences de ce genre :

Si l'on appelle champ « équivalent » des parasites, le champ d'une onde entretenue, ou modulée à la fréquence 400 p/s et au taux de 30 %, qui produit le même effet que les parasites à la sortie du récepteur (courant détecté, ou tension aux bornes du haut-parleur), on trouve les ordres de grandeur suivants :

NATURE DU dispositif perturbateur	DISTANCE	CHAMP " EQUIVALENT " microvolts par mètre
Moteurs à collecteurs (petits appareils ménagers).....	Pièce ou salle voisine	20 à 70 ¹
Groupes électrogènes puis- sants.....		100 à 500 ¹
Ascenseurs { en marche..... { au départ.....	dans l'immeuble	30 à 100 ¹ beaucoup plus
Moteur d'avion 500 CV (non blindé).....	2 m 50	6 000 à 20 000 ²

1. Mesuré sur des ondes de la gamme 300-1 700 m.
2. Mesure sur ondes courtes, inférieures à 100 m.

Je désire répéter que ces chiffres sont des ordres de grandeur, relatifs à des récepteurs « moyens » de types courants. Suivant le collecteur d'ondes, la sélection, etc... on peut trouver autre chose. Il convient enfin de remarquer que le « bruit radio-électrique » produit par un moteur n'est pas toujours en rapport avec sa taille : certains petits moteurs font énormément de bruit pour peu de besogne.

En ce qui concerne l'efficacité des dispositifs antiparasites, nous avons eu l'occasion de mesurer des réductions très variables : parfois illusoires, souvent au $1/10$ ou au $1/30$; rarement plus efficaces. La plupart de ces dispositifs gagneraient à une étude plus poussée.

4^e Enfin, le principal intérêt des mesures de champ est sans doute de permettre l'étude expérimentale méthodique des lois de propagation des ondes.

On sait le très grand nombre de facteurs qui interviennent dans cette propagation : non seulement la nature et le relief du sol, et la courbure de la terre, mais aussi la réflexion dans la haute atmosphère, variable suivant le lieu et le temps.

On sait aussi que la théorie ne peut être faite en tenant compte simultanément de tous ces facteurs : elle ne peut donc donner que des informations partielles, utiles certes, mais à contrôler.

L'intérêt scientifique des mesures de champ à grande distance est donc évident. L'Union de Radiotélégraphie Scientifique Internationale (U. R. S. I.) et son président, le Général Ferrié, se sont activement occupés de coordonner ces mesures depuis 1921. Le programme portait alors sur les ondes longues, et l'installation de Meudon, rappelée ci-dessus, faisait partie de l'exécution de ce programme.

Plus récemment, le développement de la radio-diffusion et la création de ses puissantes stations ont rendu intéressantes et faciles les mesures dans la gamme de 200-2 000 mètres.

Enfin, des mesures ont été faites aussi sur les ondes courtes : mais les phénomènes y sont si variables que les mesures s'y adaptent très péniblement.

Il reste encore bien des choses à découvrir, mais nos connaissances sur la propagation, principalement en ce qui concerne les ondes moyennes, marquent certainement des progrès.

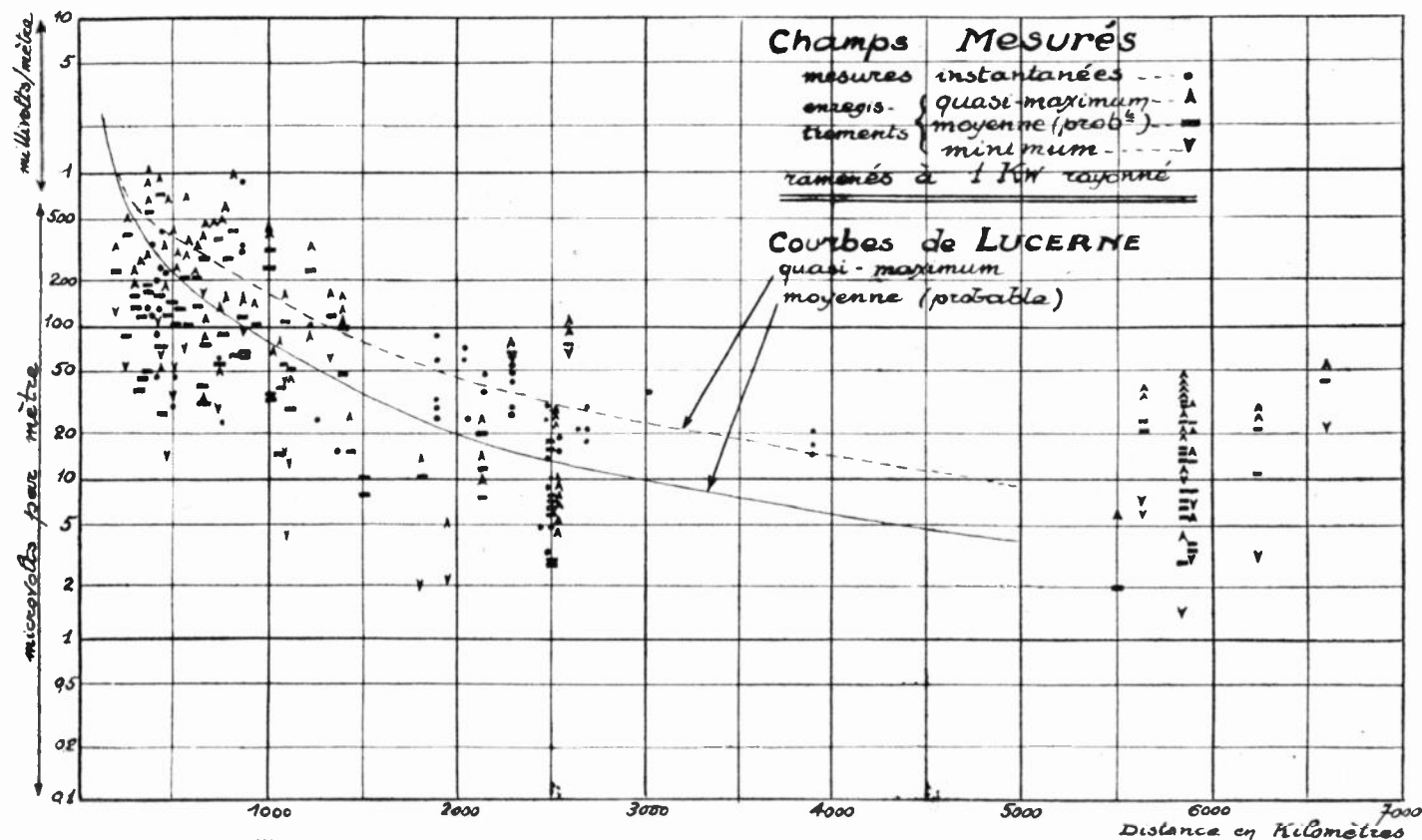


Fig. 5. — Courbes de Lucerne et champs mesurés pour les émissions de diverses stations.

Je citerai, parmi les travaux français, une série d'études faites en 1932-1933 par le Laboratoire National de Radioélectricité, avec le concours de plusieurs services publics et de quelques compagnies privées : Ministères de la Marine et de la Marine Marchande,

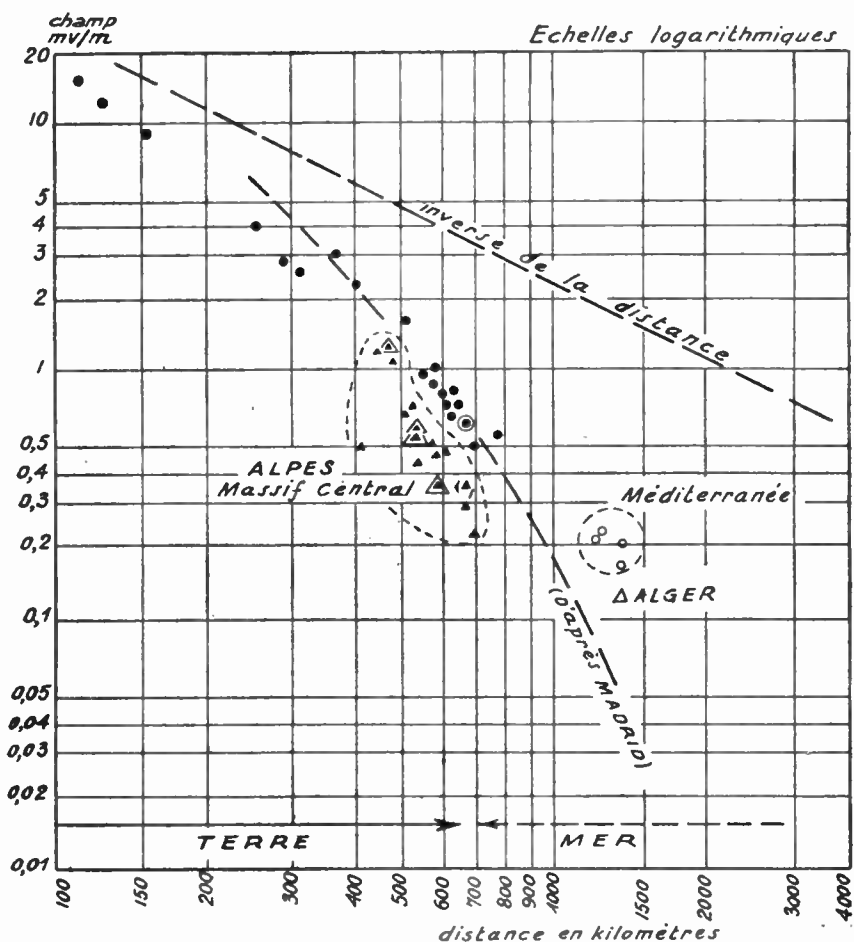


Fig. 6. — Propagation de l'onde de 1 725 mètres (Radio-Paris) en France et Méditerranée, de jour.

des Travaux Publics (Service des Phares et Balises); le poste *Radio-Paris* et le *Poste Parisien*; enfin la Compagnie Générale Transatlantique, pour les traversées Havre-New-York et Marseille-Alger. Je désire exprimer mes bien vifs remerciements à ces organismes et à leurs représentants qu'il m'est impossible de nommer

tous ici. Je dois aussi remercier M. Gutton, directeur du Laboratoire, et mes collaborateurs, pour la mise au point des appareils et l'exécution des mesures, parfois la nuit.

Grâce à ces concours, nous avons pu effectuer des mesures de champ très nombreuses, non seulement sur tout le territoire français, mais encore sur mer, en Méditerranée et dans l'Atlantique, jusqu'à des distances de 4 000 kilomètres. Des courbes ont pu être tracées, montrant la loi d'affaiblissement des ondes en fonction de leur fréquence, de la nature du sol, de l'heure, etc. Des enregistrements systématiques la nuit ont permis de relever les valeurs « probable », « quasi-maximum » et parfois minimum, du champ de nombreuses stations — environ une centaine — à Paris.

Les figures 5 et 6 donnent quelques exemples puisés dans cette documentation.

5° La connaissance des lois de propagation des ondes ne présente pas seulement un intérêt scientifique : elle est actuellement très utile pour *l'organisation générale des radio-communications, et notamment pour leur réglementation internationale.*

Les dernières Conférences (Madrid, 1932 ; Lucerne, 1933) se sont en effet trouvées devant la difficulté suivante :

Dans les « bandes de fréquence » les plus favorables, le nombre des ondes disponibles est très nettement inférieur aux besoins formulés par les différents services. Il est donc impossible d'attribuer à chacun des ondes exclusives, suffisamment écartées pour ne pas se gêner mutuellement. On a dû se résigner à donner à plusieurs stations différentes, la même onde, ou bien deux ondes trop voisines pour être toujours indépendantes. La question se pose alors de prévoir, dans toute la mesure possible, la distance minimum et la puissance maximum de ces stations, de manière à réduire à une valeur acceptable la gêne qui peut en résulter.

La réponse à cette question est évidemment basée sur des mesures de champ ; il faut que chaque service précise ses exigences quant au champ utile nécessaire à son trafic et quant au champ brouilleur nuisible qu'il peut tolérer dans sa « bande ».

On a même dû aller plus loin, car la juxtaposition, dans des bandes voisines, de services utilisant des puissances et des champs très différents rendait fréquents les brouillages d'une bande à

l'autre. C'est ainsi que les navires, émettant, au plus, quelques dizaines de watts et recevant des signaux de 10 microvolts par mètre, doivent assurer un trafic intéressant leur sécurité, à proximité des côtes ou de stations de radio-diffusion rayonnant parfois 100 kilowatts, produisent des champs mille ou dix mille fois plus forts. La sélectivité des récepteurs n'est pas illimitée : il a fallu en tenir compte.

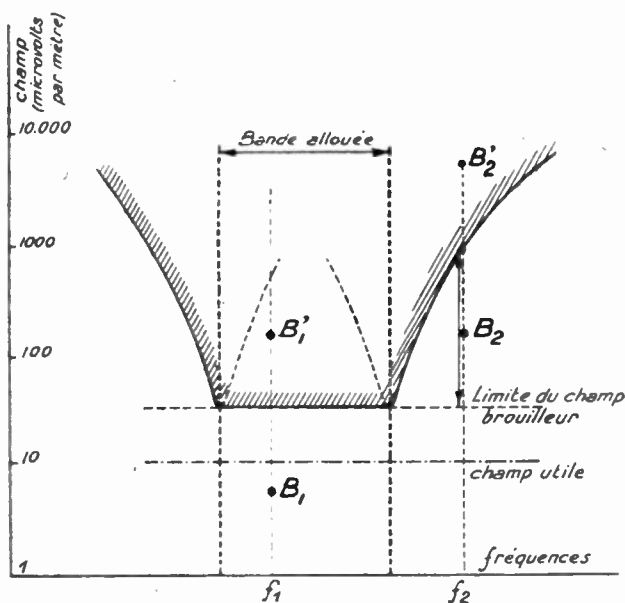


Fig. 7. — « Courbes de protection » d'un service.

On a donc établi, pour chaque cas, une « courbe de protection », semblable à celle de la figure 7, portant en abscisses les fréquences dans la bande considérée et dans les bandes voisines ; en ordonnées, à échelle logarithmique de préférence, les valeurs du champ : limite du champ utile, au-dessus de laquelle devra se trouver le signal ; limite du champ nuisible dans la bande, au-dessous de laquelle devra se trouver tout brouilleur. Enfin, aux limites de la bande, on superpose à ce dernier la protection donnée par la courbe de sélectivité du récepteur, courbe supposée connue pour les appareils en service. Armés de cette courbe et connaissant les lois de propagation des ondes, nous pouvons aisément savoir si une station donnée est acceptable ou non : nous calculerons le champ de cette station d'après sa

puissance et sa distance, et nous porterons un point figuratif sur le diagramme : soit, sur la figure, le brouilleur B_1 de fréquence f_1 : sa valeur étant inférieure au champ nuisible, on peut l'admettre. Mais s'il augmente sa puissance jusqu'à faire monter le point figuratif en B'_1 , on ne l'admettra plus. Si le poste est situé dans la bande voisine en B_2 sur la fréquence f_2 , tout va bien ; mais il ne peut augmenter sa puissance jusqu'en B'_2 , du moins tant que la sélection des récepteurs n'aura pas été augmentée.

Ces considérations ont permis, sinon de supprimer les brouillages, ce qui est malheureusement impossible, du moins de les réduire ; et les sacrifices nécessaires ont peut-être été plus aisément consentis, parce qu'on pouvait les évaluer. Sans doute, nos connaissances sur les deux éléments nécessaires : propagation des ondes, sélection des récepteurs, sont encore trop floues pour que ces prévisions soit bien précises. Mais on peut, on doit espérer les améliorer beaucoup.

Je terminerai donc en soulignant l'importance que peuvent avoir, de ce fait, les mesures de champ. Nous donnant des informations plus certaines sur la propagation à grandes distances, elles nous permettront d'organiser les radio-communications sur une base technique plus sûre, et d'augmenter les services que la T.S.F. peut rendre, l'agrément des auditeurs de la radio-diffusion comme la sécurité des navigateurs.

P. DAVID.



TÉLÉPHONIE PAR ONDES ÉLASTIQUES DANS L'EAU

par **Mario MARRO.**

Docteur ingénieur.

M. Langevin a trouvé qu'il était possible d'obtenir des oscillations élastiques dans l'eau, en utilisant la propriété piézo-électrique du quartz. Une mosaïque formée par un certain nombre de cristaux de quartz est enfermée entre deux plaques d'acier. Une de ces plaques est en contact avec l'eau de la mer; l'autre est isolée électriquement. L'ensemble de la mosaïque de quartz et des plaques d'acier forme un condensateur plan; le diélectrique de ce condensateur est constitué par le quartz. Si une force électromotrice alternative est appliquée aux plaques d'acier, l'ensemble des cristaux de quartz et des plaques se contracte, puis se dilate, à la fréquence de la tension alternative appliquée; ce fait est dû à la propriété piézo-électrique du quartz, découverte par Curie. On peut ainsi transformer une oscillation électrique en oscillation mécanique; les mouvements de contraction et de dilatation obtenus sont communiqués à l'eau de la mer.

La longueur d'onde de ces oscillations mécaniques est donnée par $\lambda = \frac{V}{N}$, où V est la vitesse de propagation du son dans l'eau (1490 mètres environ) et N représente la fréquence de l'oscillation de la force électromotrice alternative appliquée au condensateur de quartz, et, par suite, la fréquence des oscillations mécaniques transmises par l'eau. Si, par exemple, la fréquence alternative est de 40 000 périodes par seconde, la longueur d'onde de l'oscillation mécanique est de 37,5 millimètres.

Pour que les oscillations mécaniques se propagent suivant un faisceau, il faut que la longueur d'onde de l'oscillation soit courte par rapport au diamètre du condensateur formé par les cristaux

de quartz et les plaques d'acier. On peut en effet montrer théoriquement que les 9/10 de l'énergie mécanique engendrée par les contractions et les dilatations du couple quartz-acier sont délimités par un cône, dont la demi-ouverture est donnée par l'expression : $\sin \alpha = 1,2 \frac{\lambda}{d}$, où λ représente la longueur d'onde des oscillations mécaniques et d le diamètre du condensateur piézo-électrique. Pour des raisons pratiques, on a avantage à donner à l'angle α la valeur de 10° ; on doit encore considérer que l'énergie oscillante a son maximum dans la direction de l'axe du cône et qu'elle décroît rapi-

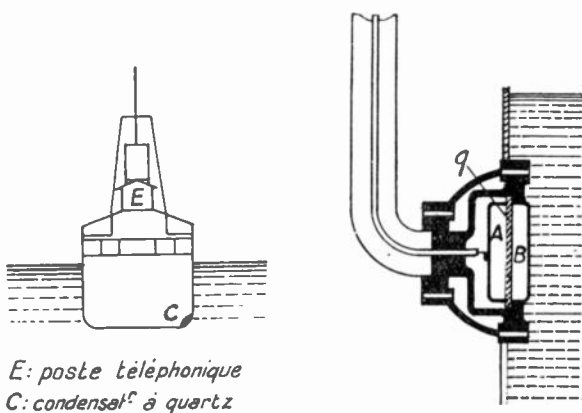


Fig. 1.

dement en s'écartant de cet axe. Pour des valeurs plus grandes de l'angle α , l'énergie transmise à l'eau devient nulle.

Le phénomène de la piézo-électricité du quartz étant réversible, le condensateur de M. Langevin peut être employé pour transformer en oscillations électriques les oscillations mécaniques transmises par l'eau. En effet, si la plaque d'acier qui est en communication avec la mer est frappée par des oscillations élastiques, on peut relever une différence de potentiel alternative entre les deux plaques d'acier, qui renferment les cristaux de quartz. Dans la figure 1, A et B représentent les plaques d'acier; q la mosaïque de quartz. La plaque B est en communication avec l'eau de la mer. J'ai étudié la possibilité de faire de la téléphonie par ondes mécaniques transmises par la mer. Il existe plusieurs systèmes de communication sous-marine, mais ils emploient les signaux Morse.

Usuellement, on transmet lesdits signaux en faisant vibrer des lames à une fréquence acoustique. A l'appareil de réception, les mêmes lames, mises en vibration par les oscillations mécaniques qui viennent les frapper, changent la résistance d'un circuit. Les signaux que l'on peut ainsi déceler, peuvent en outre être amplifiés par des appareils à lampes. Généralement, on reçoit un son au moyen d'un téléphone. Mes essais avaient pour but de voir s'il était possible de moduler par la voix les oscillations mécaniques engendrées dans l'eau par le condensateur à quartz. Pour y arriver,

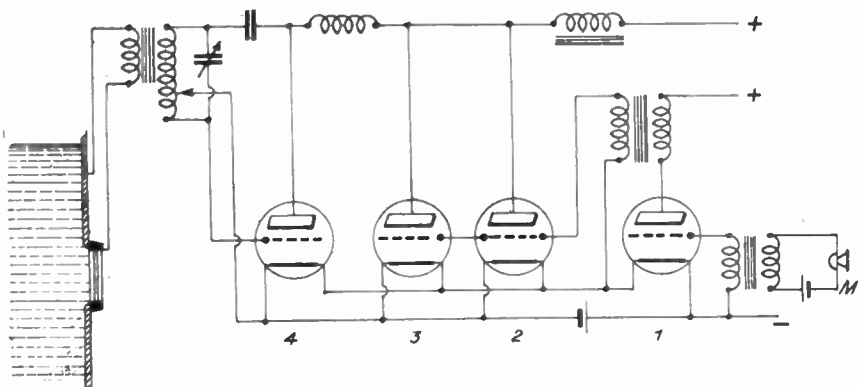


Fig. 2.

j'ai appliqué une fréquence de 40 000 périodes par seconde aux lames d'acier. Cette fréquence était ultra-acoustique. Le dispositif est représenté par la figure 2. M est un microphone avec son circuit d'alimentation. Le courant microphonique est amplifié par une première lampe 1. Le courant de plaque de cette lampe agit sur les grilles de deux autres lampes 2 et 3, en parallèle. Ces deux lampes modulent par courant constant la lampe 4. Celle-ci est un oscillateur à la fréquence de 40 000 périodes. Le courant oscillatoire agit sur les plaques du condensateur de M. Langevin au moyen d'un transformateur.

Il a été ainsi possible de transmettre par l'eau de la mer des oscillations à la fréquence de 40 000 périodes, modulées par la voix, lorsqu'on parlait devant le microphone M.

A l'appareil de réception, les oscillations mécaniques qui arrivaient par l'eau, frappaient la plaque d'acier en contact avec la mer et donnaient naissance, entre les deux plaques d'acier, à une

différence de potentiel électrique alternative, elle aussi de 40.000 périodes. Cette force électromotrice provoquait un courant alternatif dans un circuit approprié. L'amplitude de ce courant suivait parfaitement les changements d'amplitude du courant microphonique au poste de transmission. L'appareil de réception était composé, outre le condensateur à quartz, d'un détecteur et d'un dispositif amplificateur à lampes. On pouvait ainsi, au moyen d'un téléphone, entendre la voix émise au poste de transmission.

Le même appareil peut évidemment être employé comme transmetteur et comme récepteur. Il suffit de placer, après le condensateur à quartz, un circuit d'équilibre, comme on le fait couramment dans la téléphonie par fil. Avec une puissance de 25 watts à la transmission et un amplificateur approprié à la réception, la transmission de la parole a été possible jusqu'à une distance d'environ huit kilomètres.

La téléphonie sous-marine par ondes élastiques ne peut certes pas atteindre de très grandes distances, puisque l'absorption par l'eau est toujours très notable et que les intensités dans le milieu sont de la forme $I = \frac{I_0}{r^2} e^{-\lambda r}$; où I_0 représente l'intensité au voisinage de la source et I celle au point lointain considéré. Le procédé paraît toutefois intéressant pour les communications entre sous-marins et entre ceux-ci et les navires de surface, dans les opérations de la marine de combat. Avec une lampe oscillatrice de quelques centaines de watts on pourrait atteindre une portée de plusieurs kilomètres. Il ne semble pas qu'il y ait actuellement d'autre moyen pour transmettre la voix par la mer.

M. MARRO.



QUELQUES IDÉES SUR L'ADMINISTRATION DES SOCIÉTÉS SCIENTIFIQUES

Par **E. DELCAMBRE**

Directeur de l'Office National Météorologique.

Nous reproduisons ci-dessous le compte rendu moral du général Delcambre à la Société Météorologique de France. Les questions qu'il y traite intéressent toutes les sociétés scientifiques, et nous ne pouvons que souscrire entièrement à ses vues.

Messieurs et Chers Collègues,

Il me semble que le compte rendu financier qui vient de vous être présenté peut être considéré comme suffisant et que je pourrais me dispenser d'y ajouter le mien; mais comme il faut bien que je vous dise quelque chose, ne serait-ce que pour vous faire prendre patience en attendant le résultat des élections, je me permettrai, si vous le voulez bien, de vous exposer quelques idées sur l'administration des sociétés scientifiques, idées qui m'ont été suggérées par la gestion de la nôtre.

Comme vous avez pu le constater, cette gestion a été conforme au programme que je vous ai exposé il y a sept ans et à la base duquel j'avais placé l'appel au grand public des usagers, en recourant à une publication dont une partie importante serait abordable à la plupart d'entre eux et traiterait des applications à leurs travaux particuliers. Autrement dit, je vous proposais d'associer la théorie et l'application ou, comme on dit aujourd'hui, la science et la technique. Le nombre vendu de numéros de notre Revue ou de collections séparées, l'augmentation croissante des membres cotisants, malgré la crise qui a occasionné la démission de quelques-uns de nos collègues, suffiraient à montrer que la formule que nous avons adoptée n'est pas mauvaise.

J'ai observé ensuite qu'une société scientifique — comme toute autre société d'ailleurs — doit être administrée, c'est-à-dire avoir un conseil d'administration (conseil de la société) et un bureau qui

aient foi dans les destinées de la société et soient constamment préoccupés de ses intérêts. Or, cela exige non seulement du temps, mais une ferme continuité dans l'effort de réalisation d'un programme d'action. Notre Société a rencontré ces avantages, grâce à la collaboration intime qui existe entre les membres du bureau, et cette collaboration a été elle-même favorisée par leur présence dans le même établissement, qui permet leur contact incessant. Ainsi a pu s'établir une tradition et une permanence de vues qu'on ne rencontre guère aujourd'hui que dans les vieilles administrations.

J'ai été appelé, vous le savez, à vous représenter au sein de la Fédération des Sociétés de Physique et de la Confédération des Sociétés Scientifiques. Ce que j'y ai vu m'a conduit aux conclusions suivantes :

Les sociétés scientifiques fonctionnant parallèlement aux établissements scientifiques sont indispensables au développement de la science. C'est là seulement qu'on peut trouver l'indépendance absolue de la pensée et le choc des idées. Or, pour vivre honorairement, une société scientifique doit être financièrement à l'aise.

Je vous ai montré tout à l'heure qu'il fallait pour cela que ces sociétés ne perdent jamais de vue qu'elles doivent souvent penser à ceux qui les font vivre; mais, même avec l'appui des usagers immédiats, appui évidemment d'autant plus actif que la science envisagée comporte de plus nombreuses applications — et il y en a qui n'en comportent guère — les sociétés scientifiques ne peuvent pas se passer, pour être vraiment à hauteur de leur mission, du secours de l'État. En ce qui nous concerne, le Ministère de l'Air et le Ministère de l'Instruction Publique l'ont, vous le savez, généreusement accordé à la Société Météorologique, sous diverses formes, mais je crois bien que nous sommes les seuls à jouir aussi directement de la sollicitude convergente des pouvoirs publics.

D'autre part, il n'y a plus aujourd'hui de sciences qui puissent vivre dans le splendide isolement, et leur solidarité, qui s'accroît chaque jour, exigerait que, par le jeu des sociétés, elles s'efforcent de maintenir entre elles un contact permanent. Le seul moyen qui me paraisse susceptible d'y conduire serait de grouper toutes les sociétés dans un vaste établissement, digne de la science française, qui appartiendrait à l'ensemble des sociétés et qui serait

géré par un conseil, dans la composition duquel entreraient des hommes — et il y en a dans la plupart des sociétés — qui auraient fait leurs preuves dans l'administration publique ou privée.

L'établissement que je conçois devrait être suffisamment vaste pour contenir les bureaux administratifs de toutes les sociétés, avec leurs archives, des salles de conférences, une bibliothèque installée à la moderne, en rapport avec toutes les bibliothèques des établissements publics français et toutes les sociétés et établissements scientifiques du monde.

Grâce à ce groupement, on arriverait à une diminution importante des frais généraux de l'ensemble des sociétés et on réaliserait le lien désirable entre elles.

Je ne me dissimule pas que l'acquisition d'un pareil établissement coûterait cher et qu'il serait impossible de l'édifier sans des secours extérieurs; mais avec de la volonté, de la ténacité, en y intéressant sans relâche l'État, les sociétés industrielles, les chambres de commerce et d'industrie, les chambres d'agriculture, le grand public lui-même; en y joignant une propagande intelligente, intensive et persistante, on ne pourrait pas ne pas aboutir. Avec un peu de bonne volonté, l'État, en particulier, pourrait déjà concéder aux sociétés scientifiques un des nombreux immeubles désaffectés qui existent à Paris non loin du centre de la ville. Il n'y aurait plus alors qu'à l'aménager, ce qui pourrait se faire rapidement avec les ressources mêmes des sociétés et celles qu'elles ne manqueraient pas de trouver auprès des usagers, surtout si elles s'ingéniaient, comme je ne saurais trop le répéter, à leur donner des preuves des services qu'elles peuvent rendre, et qu'elles rendent effectivement, à l'activité nationale¹.

Mes chers collègues, le public et les pouvoirs publics ignorent trop, je crois, tout ce que la collectivité nationale doit au travail désintéressé des sociétés scientifiques. Pour moi, je n'oublie pas que la météorologie organisée a pris naissance, en France, au sein de la Société Météorologique, et que celle-ci a été, jusqu'à

1. On pourrait me répondre que mon projet est déjà en partie réalisé par le groupement actuel dans l'immeuble de la rue Serpente qui abritait autrefois nos réunions. Je déclare nettement que cette solution n'est pas satisfaisante. Elle coûte cher aux sociétés; l'immeuble est, par sa tenue matérielle, indigne de notre pays; il est manifestement trop exigü, et certaines sociétés, dont il grève lourdement le budget, n'y trouvent plus les locaux nécessaires au logement de leur bibliothèque.

la création du Bureau Central Météorologique, le seul organisme possédant un réseau climatologique et discutant, sur un plan d'ensemble, des questions qui nous occupent.

Je suis bien obligé de constater que le bulletin de la société fondée par Flammarion est la seule publication qui traite, en France, des questions d'astronomie.

Ai-je besoin de rappeler le rôle qu'a joué et joue toujours la Société Géologique, dont le centenaire a été célébré, en Sorbonne, le 29 juin 1930 en présence du chef de l'État et de savants éminents venus de tous les coins du monde?

Vous n'ignorez pas non plus que la Société des Électriciens et l'École Supérieure d'Électricité ont lié leurs destinées.

Le rôle considérable des sociétés scientifiques dans les progrès de la science et de l'économie françaises n'est donc pas discutable, et l'État, comme les particuliers, s'ils étaient suffisamment éclairés, comprendraient certainement l'intérêt qu'ils auraient à s'imposer les sacrifices nécessaires pour assurer une vie honorable et active à ces collaboratrices éminentes et désintéressées, en les déchargeant, au moins partiellement, des soucis matériels qui les accablent lourdement aujourd'hui.

Évidemment, la proposition que je vous soumetts exigerait, entre les diverses sociétés, une entente et une collaboration confiantes, qui ne sont pas toujours faciles à obtenir de notre particularisme outrancier. J'en ai eu maintes fois la preuve dans d'autres milieux que le nôtre. Mais il me semble que je prêche le bon sens et, comme il court les rues, — du moins Descartes l'a affirmé, — j'ai la conviction qu'il pourrait triompher, surtout si, mes chers collègues, vous vouliez bien vous y employer autour de vous, suivant en cela le conseil de deux grands Français :

« La Science nous révèle la persistance et la nécessité de la collaboration humaine; elle fait pénétrer au fond de notre cœur et dans notre esprit la notion vivifiante de solidarité », a dit Berthelot.

« Quand on a raison, le succès n'est qu'une question de temps », a dit Waldeck-Rousseau.

Ce qu'on peut résumer en affirmant que :

« L'altruisme et l'esprit de suite, sont les deux facteurs essentiels du succès de nos entreprises scientifiques. »

E. DELCAMBRE.

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

Plaquette à l'effigie du Général Ferrié.



Afin de commémorer la mémoire du regretté Général Ferrié, qui fut l'initiateur, puis le Directeur Scientifique et technique du Cours de Radioélectricité à l'École

14*

Supérieure d'Electricité, la Société Amicale des Ingénieurs diplômés de cette École a fait apposer dans les bâtiments de Malakoff un médaillon reproduisant son effigie.

Répondant au vœu qui lui a été exprimé de divers côtés, le Comité de cette Société a décidé, d'accord avec l'artiste, Monsieur Jean Camus, de faire procéder à la frappe d'une plaquette en bronze reproduisant, en réduction, le médaillon.

Nous pensons qu'un grand nombre des membres de la Société des Radioélectriciens qui ont connu le Général tiendront à posséder cette plaquette, qui constituera pour eux, sous une forme artistique, un souvenir personnel de ce chef universellement aimé et vénéré par tous ceux qui ont eu l'honneur de travailler sous ses ordres.

Le prix d'une plaquette est de 30 francs, cette somme comprenant les frais d'envoi en France.

Le Comité de la Société Amicale serait reconnaissant à ceux qui désireraient recevoir une de ces plaquettes de faire parvenir leur demande dans le moindre délai à la Société Amicale des Ingénieurs E. S. E., 10, Avenue Pierre-Larousse, à Malakoff (Seine), en y joignant (par chèque de banque, chèque-postal ou mandat-poste) la somme ci-dessus fixée.

Séance du 16 avril 1934

Communication du Lieutenant de Vaisseau Douguet sur « *Quelques observations sur la propagation pendant l'Année Polaire au Scoresby Sund* ».

Séance du 25 avril 1934

Communication de M. Clavier sur « *La liaison à ondes ultra-courtes de 17 centimètres entre Lympe et Saint-Inglevert* ».

Séance du 23 mai 1934

Assemblée Générale.

Communication de M. Picault sur « *Les communications radio-téléphoniques* ».

Nouveaux Sociétaires

✓ FRENZ Marc, Ingénieur E. P. C. I., 86, boulevard Lefebvre, Paris (15^e).

CHEVIGNY Georges, Paul, Ingénieur E. P. C. I., 14, rue Emile-Duclaux, Paris (15^e).

LONGO Gustave, Ingénieur Radio E. S. E., 12, rue de l'Amiral-Roussin, Paris (15^e).

MAGAL Gilbert, Sous-Ingénieur des Services Radioélectriques des P. T. T., 25, rue Lalande, Paris (14^e).

FALLON Jean, Ingénieur Conseil, 15 bis, avenue du Petit-Chambord, Bourg-la-Reine (Seine).

CHOEBARAS Antoine, étudiant, 23, rue Ailianou (Patissia), Athènes (Grèce).

BARDY M., 14, rue du Rendez-vous, Paris (12^e).

BREGUET Jacques, Eugène, Henri, Industriel, 112 bis, rue Cardinet, Paris (17^e).

MANDEL Paul, Ingénieur E. P. de Berlin, Usines M. O. P. C. O., Saint-Quentin (Aisne).

RUFAY Jacques, Alexandre, Pierre, Dépanneur en T. S. F., 14, rue des Travaillieurs, Issy-les-Moulineaux (Seine).