

L'« ORGUE DES ONDES » DU « POSTE PARISIEN » ET LA SYNTHÈSE DE LA MUSIQUE

Par Charles BRACHET

Tout récemment a été inauguré, au Poste Parisien, le nouvel orgue radioélectrique de MM. Givelet et Coupleux. Nous avons tenu nos lecteurs au courant des divers perfectionnements apportés à la synthèse de la musique ainsi réalisée (1). Grâce à une nouvelle technique, le nouvel appareil permet de former les différents timbres, de donner l'« expression » comme les anciennes orgues à vent. De plus, les circuits oscillants attaquant directement le poste d'émission, le microphone est supprimé et le minimum de déformation des sons est atteint. Ainsi, l'orgue pourrait jouer silencieusement, si des haut-parleurs ne permettaient à l'organiste de contrôler son exécution. C'est une nouvelle et importante étape de la musique radioélectrique.

« Si le violon est le roi de l'orchestre, écrit le maître historien de la musique Albert Lavignac, l'orgue en est le dieu. » Et voici qu'avec l'« orgue des ondes », ce dieu prétend recréer la musique de toutes pièces. Telle est du moins l'impression que laissa à beaucoup de mélomanes l'inauguration récente du nouvel instrument dont le *Poste Parisien* enrichit son auditorium de radiodiffusion des Champs-Élysées.

Nous connaissons les principes de la musique des ondes : la *Science et la Vie* les a exposés, à plusieurs reprises, tant à propos des premiers essais de « mélodie » de l'inventeur russe Theremin (2) et des Français Martenot et Bertrand qu'à propos de l'instrument

présenté à l'Académie des Sciences, le lundi 6 octobre 1930, par MM. Armand Givelet, l'éminent radioélectricien, et Eloy Coupleux, le facteur organiste bien connu. Cet instru-

ment était si bien au point que, dès la fin de 1931, un grand orgue de vingt jeux, établi sur le principe de ces inventeurs, était inauguré à l'église de Villemomble (3). Mais, voici qu'avec l'orgue du *Poste Parisien*, d'une puissance orchestrale triplée, la nouvelle technique musicale semble avoir fait un pas de géant.

Nous voudrions, à ce propos, l'exposer dans son ensemble, avec les perspectives qu'elle ouvre sur l'avenir.



FIG. 1. — MM. GIVELET ET COUPLEUX DEVANT L'ORGUE ÉLECTRONIQUE DU « POSTE PARISIEN »

Le « circuit oscillant » d'une lampe triode, nouvel élément de musique

Jusqu'ici, le luthier ne savait douer de vibrations véritablement « musicales » que

(1) Voir *La Science et la Vie*, n°s 128 et 163.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 128, page 131.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 163, page 71.

les cordes, les tuyaux et, très subsidiairement, les membranes (timbales) ou, encore, les masses métalliques (carillons). Voici que le physicien, lui, propose désormais, comme nouveau « matériel sonore », des *lampes triodes* animatrices de *haut-parleurs* — autrement dit des circuits électriques « oscillants ».

On n'avait pas attendu, d'ailleurs, l'apparition de la lampe à trois électrodes pour dé-

hertzienne, dans toutes les stations du monde. Une capacité C et une self L sont intercalées dans le circuit « filament-grille ». Les variations de tension de la grille commandent les variations d'intensité du flux d'électrons allant du filament à la plaque. Le courant filament-plaque appliqué à un haut-parleur, lui imprimera une vibration sonore de même fréquence que sa propre

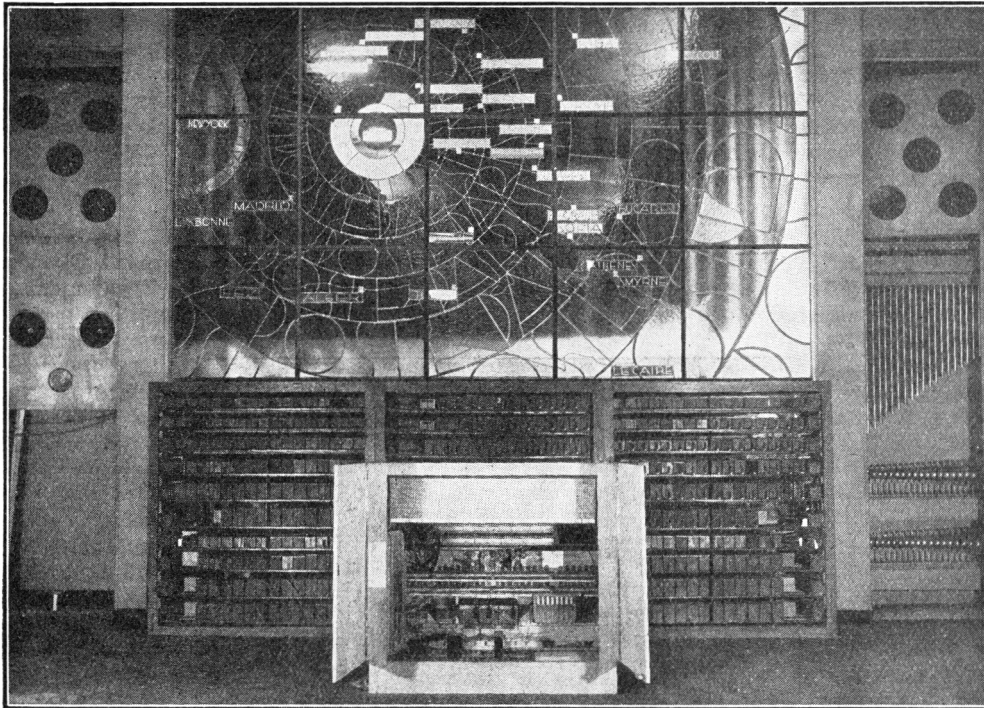


FIG. 2. — L'« ORGUE DES ONDES » DANS L'AUDITORIUM DU « POSTE PARISIEN »

Au premier plan, la « console » ouverte dont l'envers supporte les trois claviers. Au second plan, l'armoire où sont rangés les deux cents circuits oscillants. Si nous pouvions pénétrer jusqu'au mur de fond, nous y trouverions les inextricables connexions des circuits sur les combinaisons des filtres que commandent les tirettes des soixante-seize jeux de l'orgue radiophonique.

couvrir la possibilité de créer des courants alternatifs entretenus à fréquence musicale — depuis 16 jusqu'à 6.000 périodes par seconde. En 1902, M. P. Janet, l'éminent professeur de l'Ecole supérieure d'Electricité, était parvenu à réaliser la gamme entière sur « l'arc chantant » de Duddel — arc qui permet d'établir la première téléphonie sans fil par ondes entretenues, vingt ans avant l'apparition de la lampe de Lee de Forest.

Rappelons en quoi consiste un circuit oscillant entretenu par lampe triode. Notre premier schéma (fig. 4) expose ce montage — d'ailleurs classique pour l'émission

oscillation. Si la fréquence du courant est « musicale » — c'est-à-dire de l'ordre de 16 à 6.000 périodes par seconde — le haut-parleur donnera une note musicale.

Le problème est de rendre parfaitement stable de telles oscillations électriques et de les stabiliser à la fréquence précise qu'exige la note de la gamme que l'on désire faire rendre au haut-parleur.

Bien que nous n'ayons pas l'habitude de recourir aux formules algébriques, celle-ci est tellement simple et fondamentale en radiophonie que nous la donnons sans hésiter : la période du circuit oscillant est proportion-

nelle à la racine carrée de la capacité et à celle de la self qui constituent ce circuit ($T = 2\pi \sqrt{CL}$). Il suffit donc de donner à la self et à la capacité des valeurs convenables pour obtenir la période et, par conséquent, la fréquence demandée.

La « capacité » d'un circuit oscillant est, en électricité, l'analogue d'une « élasticité » mécanique : autrement dit, le condensateur joue, ici, le rôle d'un ressort élastique. La « self » joue, de son côté, le rôle d'une « masse ». On sait que, de l'élasticité et de la masse d'une corde mise en vibration, dépend la hauteur de la note émise. L'exécutant du violon modifie sans cesse l'une et l'autre en faisant varier la longueur de la corde ; de même les premiers chercheurs (Theremin, par exemple), modifiaient la « capacité » du circuit oscillant en le frôlant de plus ou moins près avec la main — et c'était une sorte de violon hertzien. Dans un instrument tel que l'orgue, il faut beaucoup plus de précision et... de stabilité. C'est pourquoi M. Givelet, laissant fixe la capacité de ses circuits oscillants, une fois ceux-ci établis pour chacune des touches du clavier qui doit les faire chanter, s'est attaché à accorder ses notes hertziennes par le seul réglage de la self.

C'est ce que montre notre schéma.

La self doit être très grande, puisque la fréquence du circuit doit être « basse » (fré-

quence musicale est toujours synonyme de basse fréquence en radiophonie). Elle comporte donc une forte armature de fer doux. Une partie de cette armature est mobile sous l'action d'un bouton moleté. L'approche ou l'éloignement gradués de ce noyau mobile aboutissent au réglage de la

self jusqu'à l'obtention de la fréquence désirée, réglage tellement facile que n'importe quel aide inexpérimenté peut aider l'organiste à « accorder » ses notes, et tellement stable que cet « accord » n'a pas besoin d'être renouvelé plus de trois fois l'an.

Nous voilà donc en possession de l'« élément musical », dont l'assemblage en nombre aussi grand qu'il le faut, permet de construire un « orgue des ondes ». Dans celui du *Poste Parisien*, chacune des deux cents touches comprises dans les trois claviers et le pédalier commande un circuit oscillant

établi comme nous venons de l'expliquer.

La sélection des sons harmoniques destinés à la formation des différents timbres

Mais la création de la note hertzienne n'est que le premier pas vers la réalisation intégrale d'un instrument parfaitement musical, tel que l'orgue.

La musique n'existe qu'en fonction des « timbres » sonores : timbres personnels à chaque voix individuelle comme à chaque

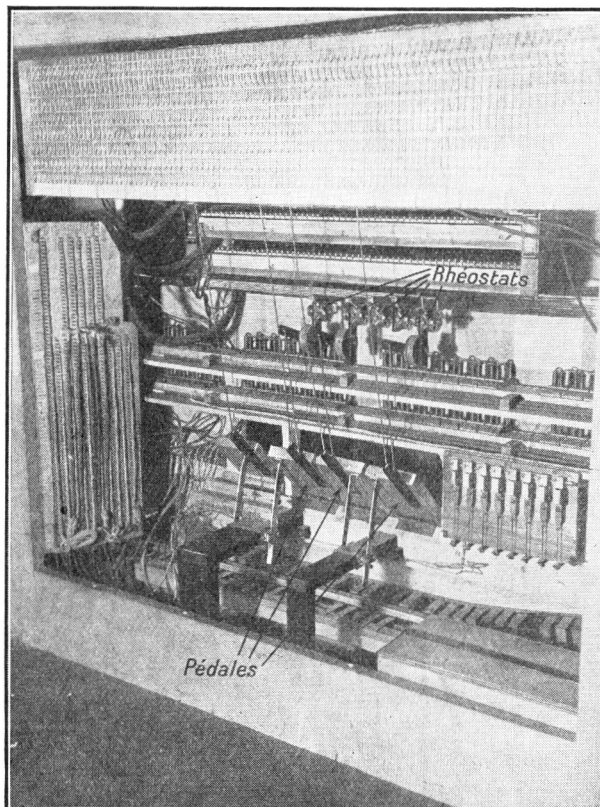


FIG. 3. — DÉTAIL DE LA CONSOLE DE L'ORGUE

On aperçoit, outre la complexité des circuits relatifs aux deux cents lampes triodes (tableau supérieur), la façon dont les quatre pédales d'expression agissent sur les rhéostats commandant l'intensité de l'amplification sonore.

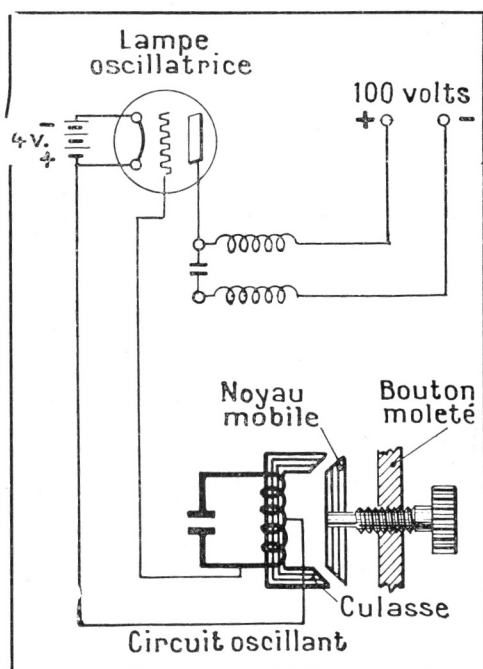


FIG. 4. — LA LAMPE TRIODE MONTÉE SUR CIRCUIT OSCILLANT A FRÉQUENCE MUSICALE

Le circuit oscillant proprement dit est tracé en traits gras. La self porte un noyau considérable dont la partie mobile avance et recule, au gré de l'accordeur, par le moyen d'un bouton moleté. C'est le dispositif d'accord dont est muni chacune des deux cents lampes triodes de l'orgue.

instrument. Non seulement la flûte, la clarinette, le cor, le basson, etc., sont indispensables à l'orchestre, mais encore il y a flûte et flûte, cor et cor, suivant la richesse que le facteur de ces instruments parvient à donner à leur sonorité. L'orgue a la prétention d'exprimer, en chacun de ces jeux, un timbre spécial aussi proche parent que possible d'un timbre instrumental.

Le problème qui se pose au facteur de l'« orgue des ondes » sera donc : 1° de constituer autant de timbres qu'il veut donner de « jeux » à son instrument ; 2° de faire ces timbres aussi riches qu'il pourra.

L'acoustique nous apprend quelle est l'origine physique

d'un timbre musical : elle réside dans la constitution d'une série parfaitement déterminée d'harmoniques qui viennent s'ajouter à la note fondamentale (la note pure écrite par le compositeur).

Rappelons la définition classique : si on multiplie par la suite des nombres entiers la fréquence d'un son dit « fondamental », on obtient les fréquences sonores de tous les harmoniques naturels de ce son.

Dans cette suite « naturelle », que nulle oreille ne saisit guère au delà du 17^e harmonique, chaque instrument, chaque voix humaine sélectionnent spontanément (de par leur constitution physique propre) une série arbitraire d'harmoniques, à l'exception de tous les autres qui sont « étouffés » : cette sélection particulière exprime le timbre particulier de l'instrument envisagé.

Deux solutions se présentaient donc au luthier des circuits oscillants : ou bien produire, pour chaque note de ses claviers, une gamme de sons rigoureusement purs (c'est-à-dire dépourvus d'harmoniques), avec autant de lampes triodes qu'il aurait fallu ; puis grouper ces différents sons purs, eux-mêmes considérés comme les harmoniques de différentes hauteurs, en les sélectionnant de manière à obtenir le timbre désiré. Celui-ci eût été, dès lors, reconstitué par synthèse.

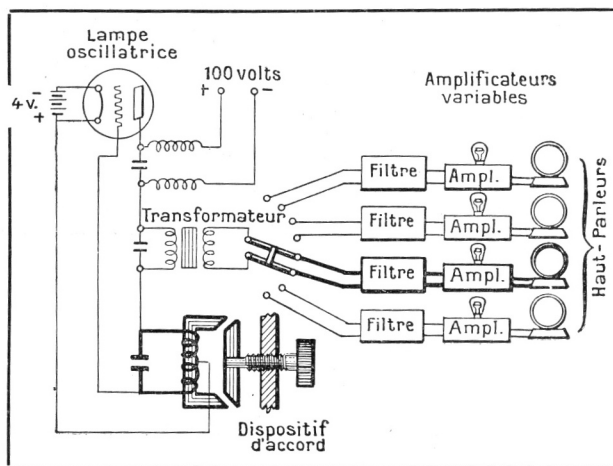


FIG. 5. — LA DISTRIBUTION DES HARMONIQUES AUX HAUT-PARLEURS PAR LES FILTRES

La note fondamentale, riche de tous ses harmoniques, est filtrée par dérivation du circuit oscillant fondamental sur d'autres circuits (filtres), destinés à arrêter toute oscillation qui n'entre pas dans la composition du timbre correspondant au « jeu » désiré par l'organiste. Les tirettes des jeux de la console commandent, en conséquence, la dérivation du circuit oscillant. Entre le filtre et le haut-parleur se trouve le dispositif d'amplification variable qui permet de nuancer l'exécution.

On fait cela, très bien, au laboratoire.

Le facteur d'instruments pratiques devait adopter une autre méthode, par *analyse*.

Il combine le circuit oscillant de chaque lampe triode de manière à lui faire produire, autant que possible, *toute la série des harmoniques natu-*

rels. Le circuit oscillant ainsi réalisé représente une flûte idéale, dont chaque note fondamentale se double de notes plus aiguës dont les fréquences croissent comme les nombres 1, 2, 3..., 16, 17. Après le dix-septième harmonique, on considère qu'il n'y a plus grand'chose à glaner.

L'établissement d'une telle richesse de fréquences sur un seul circuit oscillant constitue l'une des originalités des brevets Givélet, que l'inventeur n'explique pas, d'ailleurs, avec prolixité.

Notre idéale flûte hertziennne contient, en principe, *tous* les timbres, puisqu'elle contient *tous* les harmoniques.

Sur cette suite naturelle totale, il n'y a plus qu'à « sélectionner » des séries *arbitraires* (1, 2, 5, 9, 11, par exemple, ou toute autre suite de nombres entiers), *et l'on aura autant de timbres différents*. C'est à quoi l'on parvient avec des *filtres* convenablement adaptés.

Ces filtres sont constitués par des circuits ayant leurs selfs et leurs capacités propres. Placés entre la triode et le haut-

parleur, les filtres, que les divers harmoniques hertziens pourront franchir *seulement s'ils sont « en résonance » avec eux*, imprimeront, par conséquent, leur timbre au son résultant.

Nous comprenons maintenant comment

sont établis les *jeux* de l'orgue des ondes : chaque jeu est formé de *filtres semblablement timbrés*.

La mise en circuit, ou hors circuit, de ces filtres s'effectue par des *commutateurs*, eux-mêmes actionnés par les *tirettes* classiques de la « console » de l'orgue, tirettes dont chacune porte l'indication bien caractéristique : bourdon, flûte, cor de nuit, gambe, voix humaine, basse, trompette, violoncelle, cor anglais, etc. L'orgue du *Poste Parisien* contient soixante-six jeux de ce genre (plus une dizaine de combinaisons pures n'appelant aucune remarque spéciale).

Notre schéma de la page 30

explique cette constitution des jeux réalisés ainsi pour la première fois.

L'« expression » dans l'orgue des ondes

Jusqu'ici, l'orgue des ondes ne fait qu'imiter l'orgue classique, — tout en s'octroyant d'immenses facilités d'établissement et d'économie de construction. C'est ainsi que les haut-parleurs peuvent être *disséminés* dans les points d'acoustique optimum de la salle.

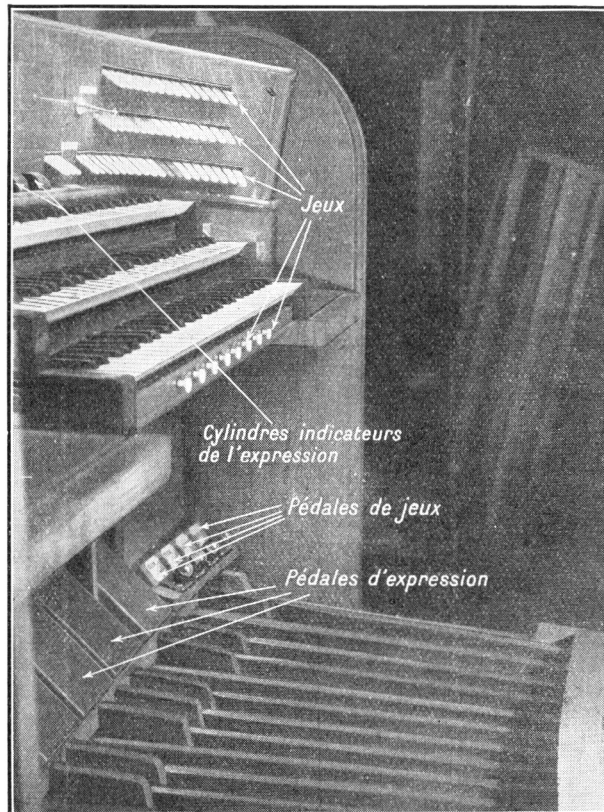


FIG. 6. — LA CONSOLE DE L'ORGUE RADIOPHONIQUE VUE DU COTÉ DES CLAVIERS, C'EST-À-DIRE DE L'ORGANISTE

En bas, le pédalier des basses. Au-dessus, les pédales d'expression. A côté de celles-ci, quelques pédales de jeux. Au-dessous du premier clavier, quelques tirettes de jeux. Puis les trois claviers. Au-dessus d'eux, les quatre cylindres bicolores indiquant le « degré » d'expression (par blanc ou noir). Enfin, tout en haut, les targettes qui déclenchent les divers jeux de l'orgue.

Une seule console peut commander tour à tour des orgues différentes (chœur et tribune par exemple). L'encombrement total de tels instruments est insignifiant, comparé aux forêts de tuyaux qu'exigent les orgues de cathédrales (*six mille* tuyaux de Notre-Dame sont remplacés, à l'auditorium des Champs-Élysées, par *treize* haut-parleurs).

Quant à la technique proprement musicale, les nouvelles orgues sont « expressives ». Autrement dit, leurs différentes notes peuvent fournir le *forte* et le *piano*, individuellement, alors que les orgues à tuyaux nécessitent l'installation de « boîtes d'expression », cabines immenses comprenant des jeux entiers et sur lesquelles des *persiennes* mobiles s'entr'ouvrent plus ou moins — au commandement de la pédale de l'organiste. De telles boîtes ne s'appliquent d'ailleurs qu'à un nombre limité de jeux. On n'y saurait faire entrer les tuyaux de basse, dont la hauteur atteint 8,16 et 32 pieds.

De plus, les boîtes d'expression malaxent les sons de la manière la plus désastreuse.

Combien simple apparaît ce problème de l'expression dans la technique hertzienne !

L'organiste des ondes n'a besoin que de rhéostats commandant des « amplificateurs » intercalés dans le circuit lampe-haut-parleur. Ainsi, sa pédale nuance à son gré l'intensité du son. Quatre pédales lui suffisent pour nuancer l'ensemble des jeux.

Les difficultés vaincues et celles qui demeurent

Nous ne pouvons terminer nos explications sans exposer les difficultés proprement artistiques de la nouvelle technique. Aussi bien, ces difficultés ont leur source dans la nature physique des sons. En étudiant le conflit latent entre cette nature et les règles musicales, nous ne quittons pas le domaine scientifique.

La *gamme naturelle* des fréquences sonores n'est pas celle qu'ont adoptée les musiciens.

La gamme naturelle dérive de la succession des « harmoniques », tels que nous les avons définis plus haut. L'ordre naturel des harmoniques fournit des « intervalles de fréquences » qui sont : l'« octave » (fréquence double); la « quinte » (fréquence triple), au-dessus de l'octave; la « quarte », dont la fréquence est quadruple de la fondamentale, etc. Cela donne l'*arpège* des sons naturels. De cette suite de sons, les musiciens ne retiennent que les sept premiers harmoniques qui, ramenés par subdivisions entières à l'in-

térieur d'une même octave, fournissent la suite bien connue : « do, ré, mi, fa, sol, la, si ». Ainsi, de proche en proche, à partir d'une fondamentale arbitraire (le *la* du diapason : 435 oscillations par seconde), on a établi la succession d'« octaves » constituant le clavier classique.

Mais il a fallu introduire des « demi-tons » (bémols et

dièzes) utilisés dans les partitions musicales.

Si on veut appliquer, ici encore, la règle des harmoniques naturels, on tombe sur une grave difficulté : le *dièze* d'une note ne coïncide pas avec le *bémol* de la note suivante, *ainsi que le veut la technique du clavier* (où le *fa dièze*, par exemple, est figuré par la même touche noire que le *sol bémol*). Aussi, les musiciens ont-ils adopté une gamme qui représente, en somme, une « cote mal taillée », dite *gamme tempérée*, dans laquelle on sacrifie la « justesse physique » du son, par fusion des bémols et des dièzes, — au plus grand bénéfice des nécessités de l'exécution et, ajoutons-le, *de la composition*, puisque toute la littérature musicale, du *xvi^e* siècle (exactement depuis J.-S. Bach) à nos jours, se trouve écrite en gammes tempérées.

Or, voici les inconvénients majeurs que rencontre, de ce fait, l'« organisation » musicale des ondes électriques. La lampe

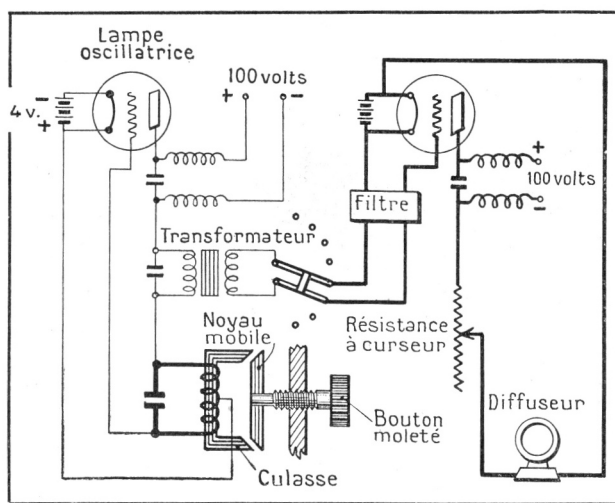


FIG. 7. — ENSEMBLE DU MONTAGE THÉORIQUE D'UN CIRCUIT OSCILLANT DANS L'ORGUE « GIVELET-COUPLEUX »

triode fournit des harmoniques naturels, sélectionnés en « timbres » divers par les différents jeux. Mais cette lampe fournit aussi la fondamentale, correspondant à une touche donnée : l'organiste plaquant un « accord » en gamme tempérée envoie donc sur le haut-parleur des « harmoniques musicaux » artificiels, qui risquent d'y rencontrer des « harmoniques physiques » naturels, procédant du timbre, et qui seront « nominalement », les uns et les autres, du même numéro, c'est-à-dire de la même fréquence... *approximative*. Et c'est alors qu'apparaît un phénomène redoutable.

La note musicale provenant de l'exécution et l'harmonique de même hauteur provenant du timbre, différent d'une très petite quantité (un « comma »). Cette différence se traduit par un « battement » — battement qui n'est autre, d'ailleurs, que le phénomène utilisé dans le montage « hétérodyne ». La fréquence de ce battement constitue donc un *son parasite* indésirable.

C'est de tels battements que l'orgue des ondes doit éviter à tout prix. Et c'est le mérite de M. Coupleux, facteur de l'orgue, d'y avoir à peu près réussi. Comment ? Par une savante dissociation de ses circuits — qui demeure son secret — ce qui l'a conduit à adopter *treize haut-parleurs différents*, alors que théoriquement un seul eût été nécessaire, s'il ne s'était agi que d'acoustique et non, avant tout, de musique.

Ce qui précède nous explique pourquoi

l'orgue des ondes a été si long à « inventer », malgré la simplicité du principe.

L'organiste joue des ondes « à domicile »

Remarquons, en terminant, que le montage de ces oscillations électriques musicales offre à la radiodiffusion une aisance merveilleuse.

La radio-transmission de la musique par les procédés courants exige la modulation à basse fréquence de l'onde porteuse à haute fréquence du poste, par l'intermédiaire d'un microphone. Grâce à l'orgue radio-électrique, la modulation basse fréquence est appliquée directement à l'onde porteuse, sans passer par aucun microphone. Les haut-parleurs n'ont, en ce cas, d'autre rôle que de servir de contrôle à l'oreille de l'organiste. Celui-ci peut, à la rigueur, jouer en silence. Et son clavier agit directe-

ment sur chaque poste récepteur individuel. L'organiste joue vraiment « à domicile ». De plus, en supprimant un intermédiaire, le microphone, il est évident que l'on supprime, de ce fait, une cause de déformation.

Les claviers peuvent encore agir, de la même manière directe, sur un « pick-up », en vue de l'enregistrement sur disques phonographiques de la littérature d'orgue.

La musique touche, par la nouvelle technique, à une « immatérialité » qu'il était difficile de prévoir il y a seulement dix ans.

JEAN LABADIÉ.

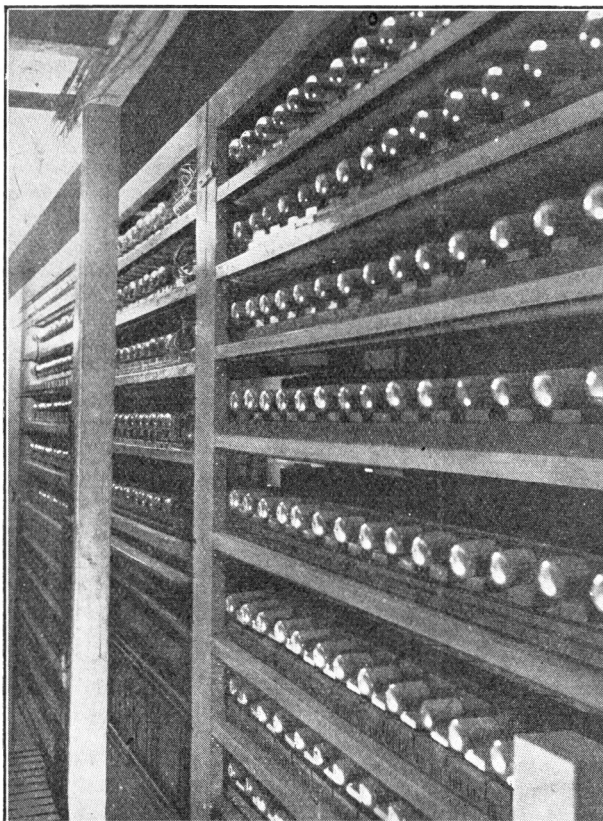


FIG. 8. — VUE PARTIELLE DES DEUX CENTS LAMPES A TROIS ÉLECTRODES UTILISÉES DANS L'ORGUE « GIVELET-COUPLEUX » DU « POSTE PARISIEN »