

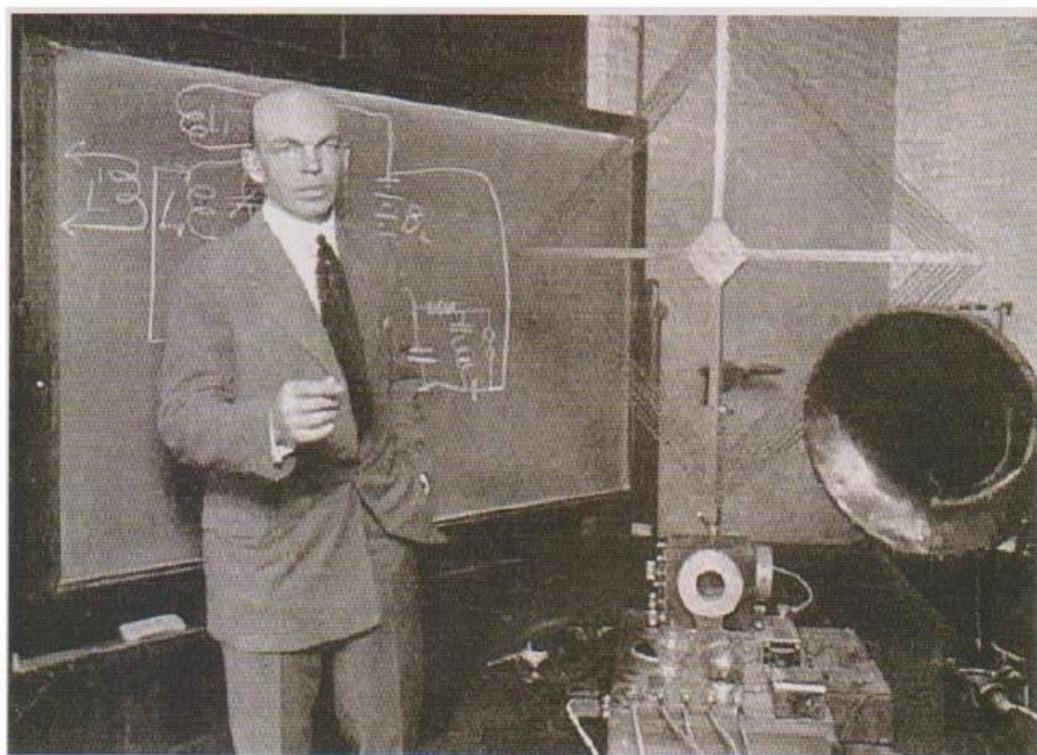
LA SUPER-RÉACTION

par Edwin H. ARMSTRONG

suivie de

LA PRATIQUE DE LA SUPER-RÉACTION

par P. DAVID



Edwin Howard Armstrong

Etienne **CHIRON**, Éditeur

40, rue de Seine, 40

PARIS

LA SUPER-RÉACTION ⁽¹⁾

PAR

Edwin H. ARMSTRONG

Professeur à l'Université Columbia, New-York

Nous nous proposons de décrire une méthode d'amplification basée sur la réaction, mais qui implique l'application d'un principe nouveau, grâce auquel on peut dépasser la limite assignée à la réaction par la théorie. La méthode a pris, pour cette raison, le nom de « super-réaction ».

Avant de la décrire, nous considérerons quelques faits fondamentaux, relatifs aux circuits régénérateurs. On sait que l'effet de la réaction équivaut à l'introduction d'une résistance négative dans le circuit où on l'applique; la résistance positive naturelle se trouve alors atténuée ou même annulée. Trois cas peuvent se présenter, suivant que la résistance négative est inférieure, égale ou supérieure à la résistance positive.

Imaginons que nous fassions agir une force électro-motrice alternative, sur un circuit comportant une self, une capacité, une résistance positive R et une résistance négative de réaction de R' ; nous supposerons le circuit accordé sur la fréquence de la force électro-motrice.

Dans le premier cas, quand R' est inférieur à R , dès que la force électro-motrice est appliquée, un courant prend naissance dans le circuit: il va en croissant jusqu'au moment où il devient égal au quotient de la force électro-motrice par la résistance effective ($R - R'$), puis reste constant jusqu'au moment où la force électro-motrice cesse d'agir. A ce moment, il décroît à nouveau pour s'annuler en un temps très court.

Si la résistance effective du circuit était nulle ($R = R'$), le courant

(1) Conférence faite à la Société des Amis de la T. S. F., le 14 novembre 1922. Les figures de cet article sont la reproduction de celles contenues dans un article de M. Armstrong, paru dans les *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*.

commencerait encore à croître dès que l'on appliquerait la force électro-motrice, mais il continuerait à augmenter jusqu'au moment où celui-ci cesserait d'agir. A partir de cet instant, le courant conserverait une valeur constante. Théoriquement, c'est la limite à laquelle on peut atteindre pour la réaction, mais cette limite n'est pas réalisable dans la pratique où il faut toujours conserver une légère supériorité à la résistance positive.

Si, maintenant, la résistance effective était négative ($R < R'$), quand on appliquerait la force électro-motrice, le courant croîtrait encore comme dans le cas précédent; mais avec cette différence que, quand on supprimerait la force électro-motrice, le courant, au lieu de rester constant, augmenterait indéfiniment (au moins dans les limites imposées par les caractéristiques des tubes électroniques employés). Les oscillations qui prendraient naissance auraient d'ailleurs des amplitudes proportionnelles à la force électro-motrice appliquée.

Il y a lieu de remarquer que, bien que la résistance effective du circuit soit négative, il n'y aurait pas d'oscillations dans le circuit si on ne lui appliquait pas une force électro-motrice au moins pendant un temps très court; mais il faut insister sur ce fait *qu'une fois que la force électro-motrice — si petite soit-elle — est appliquée, le courant dans le circuit augmente indéfiniment, que la force électro-motrice soit maintenue ou supprimée.*

La différence fondamentale entre le cas où la résistance effective est positive et celui où elle est négative est la suivante : dans le premier cas, l'amplitude maximum du courant est due à l'oscillation forcée, l'oscillation libre ayant disparu au moment où le régime est établi. Dans l'autre cas, au contraire, toute l'énergie dépensée dans le circuit provient des oscillations libres qui s'y établissent.

*
*

Ceci posé, le procédé qui a permis d'établir la méthode de super-réaction, consiste à produire, par un moyen quelconque, une variation alternative de la résistance effective, de manière à ce qu'elle soit tantôt négative, tantôt positive, mais que sa valeur moyenne dans le temps soit positive. Quand ce résultat est obtenu, pendant une alternance où la résistance effective est négative, le circuit fonctionne comme dans le troisième cas examiné ci-dessus. Mais les oscillations libres ne peuvent plus continuer indéfiniment et dans l'alternance suivante à résistance effective positive, elles sont arrêtées. Elles reprennent à la troisième alternance pour s'arrêter à la quatrième et ainsi de suite.

Pour produire ces alternances de résistance positive et négative, trois procédés sont possibles :

- 1° Faire varier la résistance négative;
- 2° Faire varier la résistance positive;
- 3° Faire varier les deux résistances à la fois.

Ces trois méthodes sont illustrées respectivement par les figures 1,

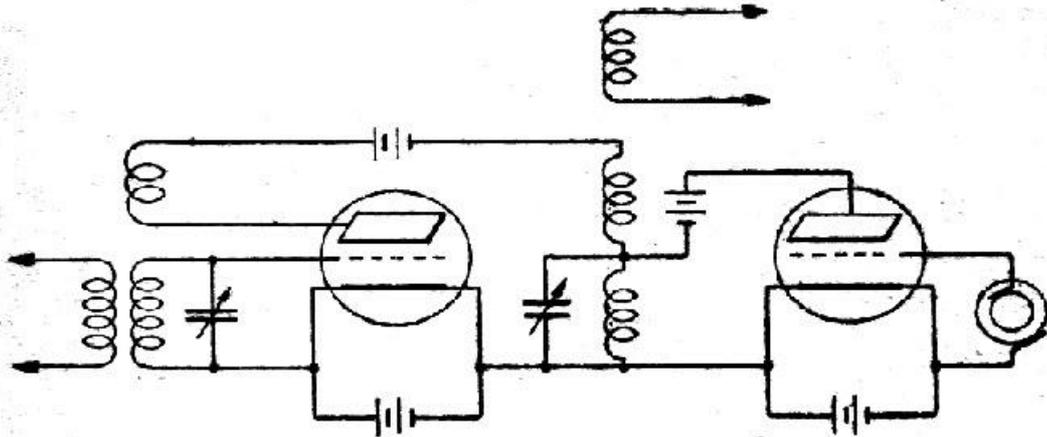


FIGURE 1

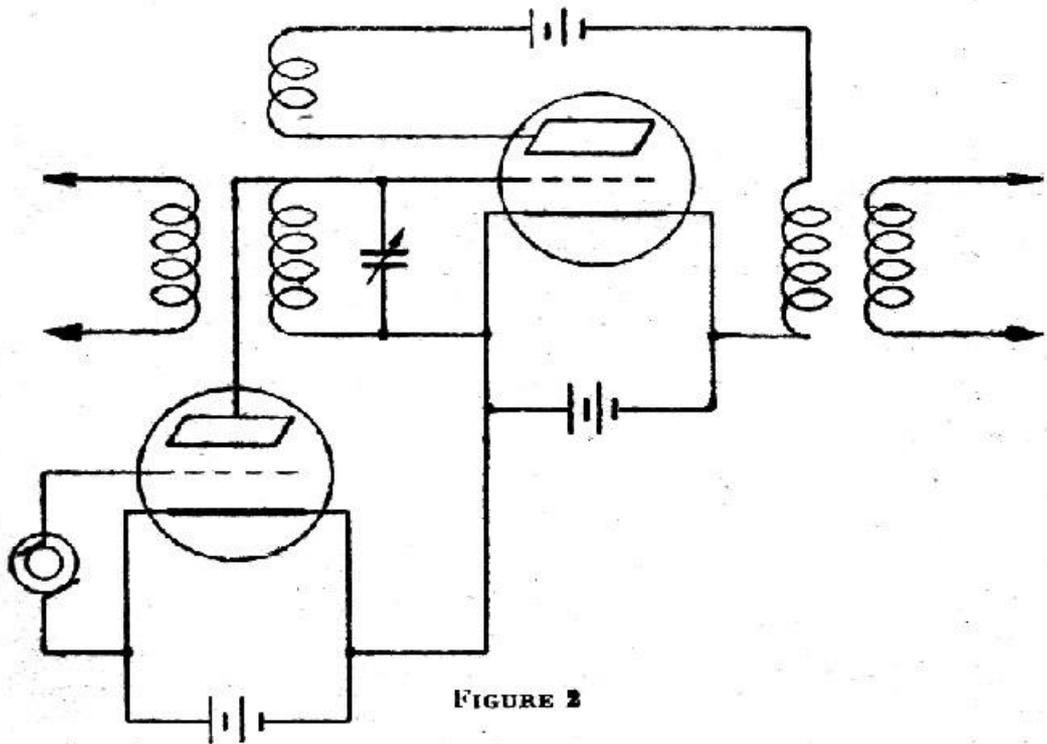


FIGURE 2

2 et 3, à un point de vue purement théorique. Les oscillations à amplifier sont reçues en E et l'énergie produite par le système est recueillie en S.

La figure 1 montre comment on obtient les variations de la résis-

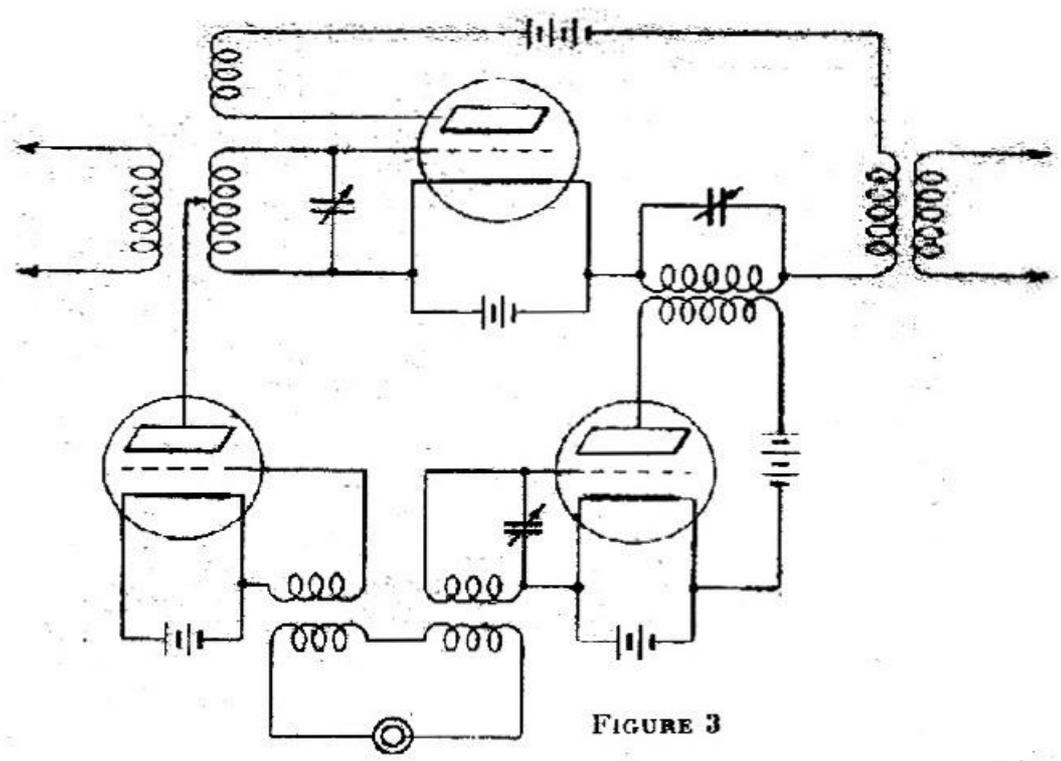


FIGURE 3

tance négative en faisant varier la tension-plaque du tube de réaction R au moyen d'un deuxième tube dont la grille est soumise à une force électro-motrice alternative. Pendant les alternances qui aug-

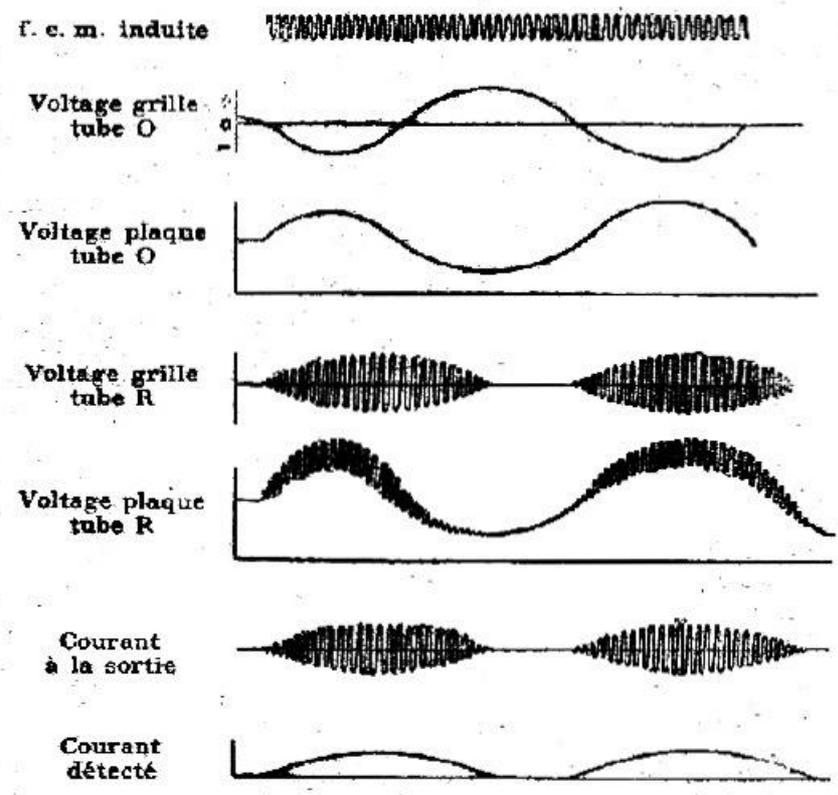


FIGURE 4

mentent la tension de la plaque de R, la résistance négative augmente en valeur absolue; elle diminue pendant les autres alternances.

La figure 2 montre la méthode employée pour faire varier la résistance positive du circuit oscillant. L'intervalle filament-plaque d'un

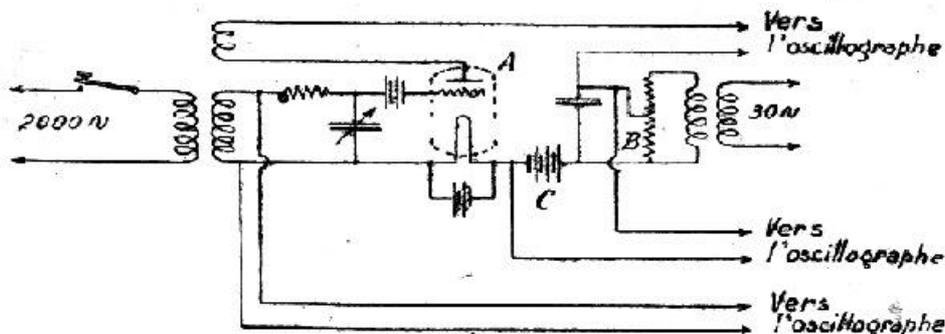


FIGURE 5

tube supplémentaire est mis en parallèle avec le condensateur d'accord de ce circuit et sa grille est soumise à une force électro-motrice alternative. Quand cette grille est positive, la résistance de l'intervalle filament-plaque est faible, le condensateur se trouve shunté, la résis-

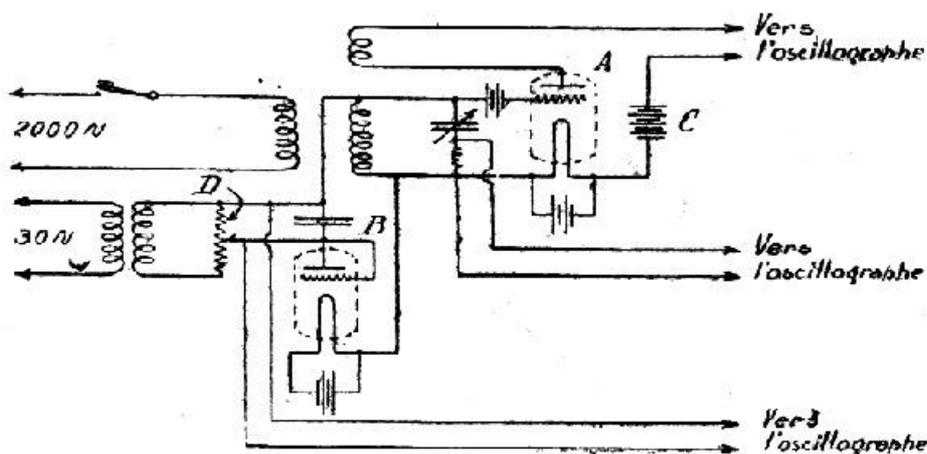


FIGURE 6

tance du circuit oscillant est grande. Au contraire, quand cette grille est négative, aucun débit n'est possible entre le filament et la plaque, et le circuit oscillant se comporte comme si la lampe auxiliaire n'existait pas.

Enfin, la figure 3 illustre une combinaison des deux précédentes; les variations de résistance positive sont ici dues aux variations de tension communiquées à la grille du tube de réaction par l'intermédiaire du tube auxiliaire correspondant. Les variations des résistances positive et négative ayant lieu simultanément, il est indispensable de les mettre en phase, le montage contient deux circuits accordables

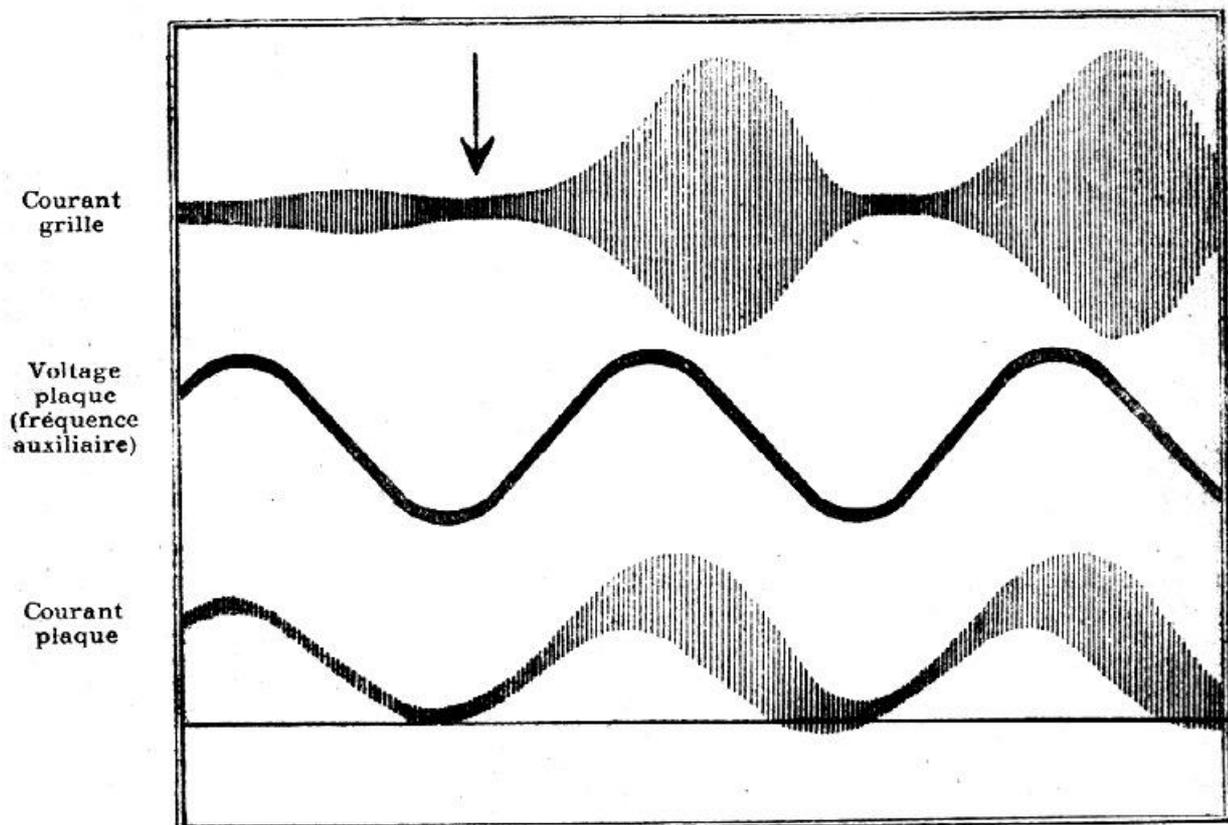


FIGURE 7

dont le rôle consiste justement à obtenir cette concordance des phases.

On peut se faire une idée générale de ce qui se passe dans ces divers montages en examinant les diagrammes de la figure 4 qui s'appliquent plus particulièrement au cas des circuits de la figure 1 où la résistance positive restant constante, on fait varier la résistance négative. On remarquera que la variation périodique de la résistance peut être considérée comme une modulation du courant amplifié.

On a pris les oscillogrammes correspondant aux schémas des

figures 1 et 2, et pour cela, on a utilisé les dispositions représentées par les figures 5 et 6. Dans le cas de la figure 6, afin de produire une variation suffisante de la résistance positive, il a été nécessaire d'employer un tube à deux électrodes en série avec la force électro-motrice auxiliaire.

Les figures 7 et 8 sont des dessins des oscillogrammes obtenus par la photographie. La figure 7 correspond au montage de la figure 5,

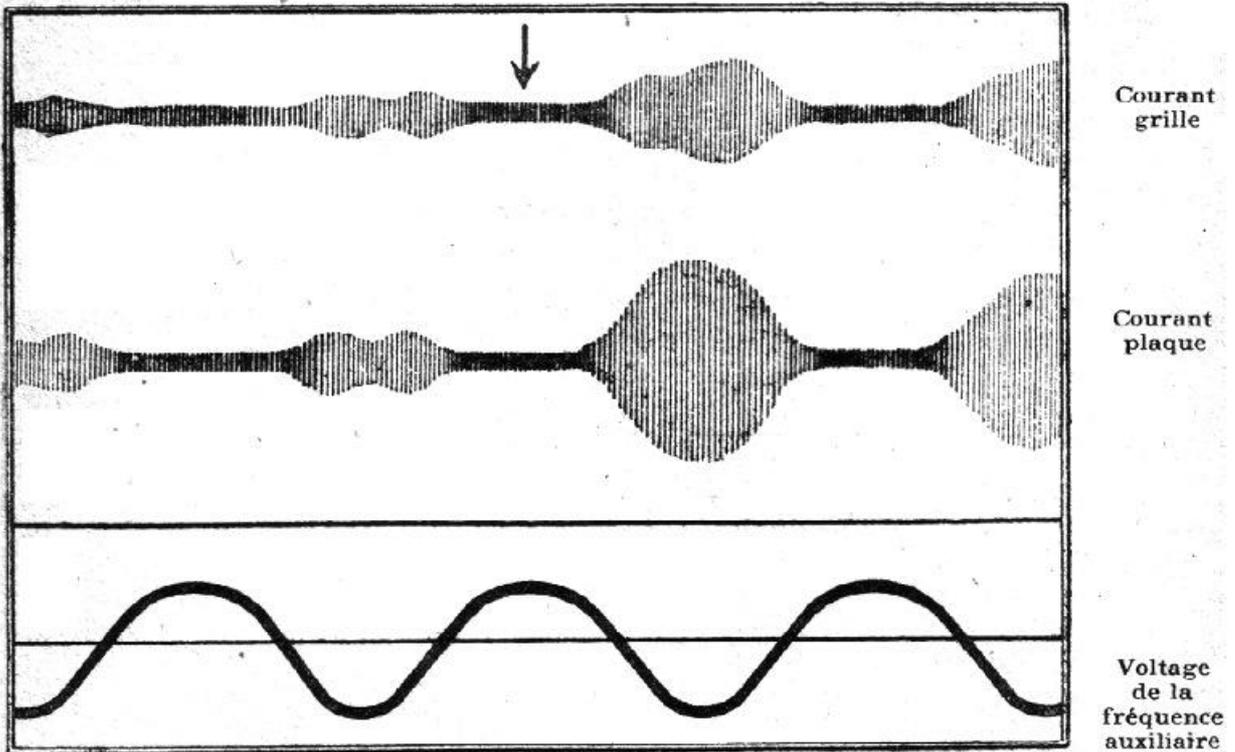


FIGURE 8

variation de la résistance négative; la figure 8 correspond à celui de la figure 6, variation de la résistance positive. La force électro-motrice fut appliquée vers le milieu des bandes, aux points indiqués par une flèche. En examinant ces oscillogrammes, on constate que, même en l'absence d'une force électro-motrice d'excitation, il existe une petite oscillation libre dans les circuits, mais cette oscillation reste très faible; pour qu'elle prenne une amplitude notable, une force électro-motrice d'excitation est nécessaire et c'est là que réside le principe du fonctionnement.

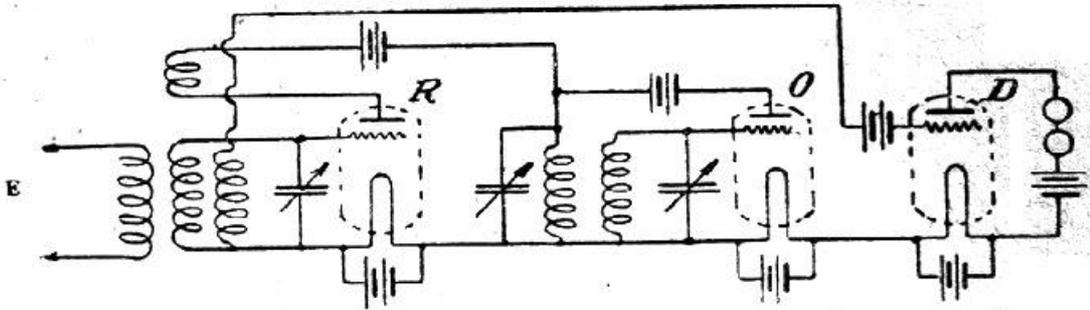


FIGURE 9

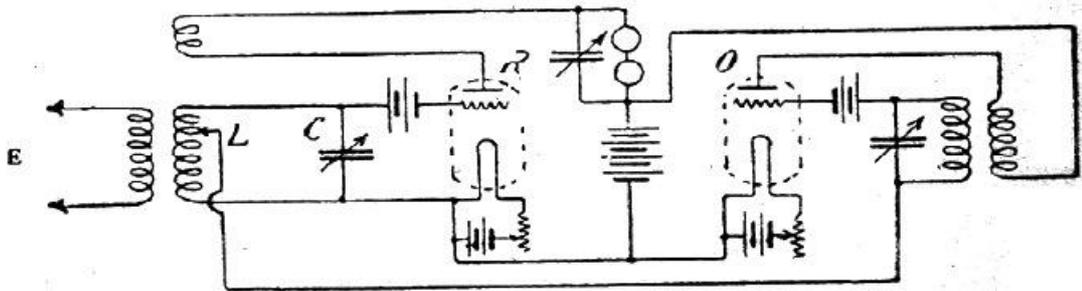


FIGURE 10

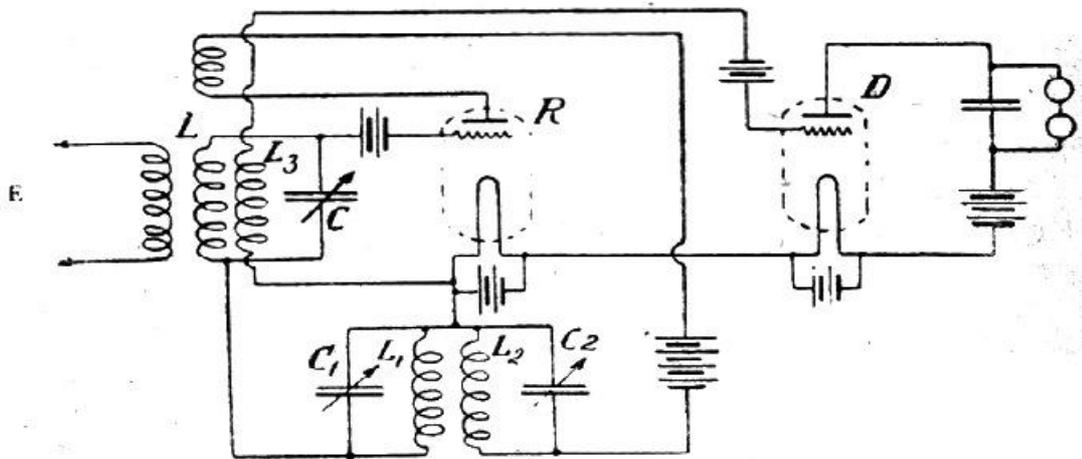


FIGURE 11

La fréquence de modulation produite par le tube O joue un rôle très important, et l'amplification est d'autant plus forte que la fréquence de l'onde reçue est plus élevée, ou mieux, que le rapport de cette fréquence à celle de la modulation est plus grand. Le nombre d'oscillations qui peuvent se produire pendant une alternance de la modulation augmente, en effet, avec ce rapport. On peut même voir que, toutes choses égales par ailleurs, l'énergie de l'amplification varie comme le carré du rapport précédent.

La fréquence de modulation doit varier avec l'émission que l'on se propose d'écouter. Pour la téléphonie, il faut naturellement une fré-

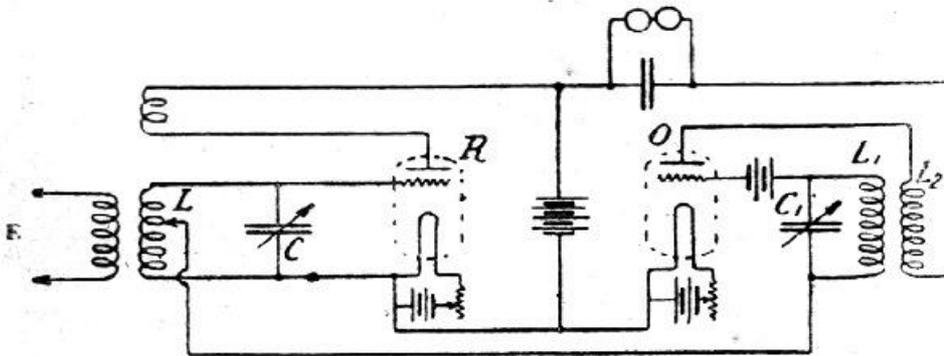


FIGURE 12

quence notablement plus élevée que celle de la voix, 15.000 à 20.000 périodes-secondes par exemple; pour la télégraphie, on peut employer une fréquence audible, qui permet de se dispenser des battements, ou une fréquence notablement plus basse avec laquelle on utilisera la méthode des battements. On emploiera encore une fréquence très basse quand on voudra agir sur un relais. D'une façon générale, surtout pour la téléphonie, le choix de la fréquence devra s'adapter aux circonstances et il résultera souvent d'un compromis entre l'amplification à obtenir et la qualité requise pour la netteté de la réception.

Les figures 9, 10 et 11 représentent les montages correspondant aux trois types de variation des résistances. La figure 9 donne une méthode pour faire varier le voltage plaque du tube amplificateur R au moyen du tube O, oscillant sur la fréquence requise pour la modulation. Un troisième tube D joue le rôle de détecteur; ce tube est essentiel quand on utilise une fréquence audible; mais, dans le cas contraire, on peut placer le téléphone dans le circuit-plaque du tube R.

La figure 10 est le schéma du montage qui correspond à la variation de la résistance positive. Celle-ci est due à ce que le condensa-

teur C est shunté par l'intervalle filament-grille du tube O, intervalle dont la résistance varie avec le potentiel de la grille de ce tube. Ici, c'est le tube amplificateur R qui joue le rôle de détecteur.

Enfin la figure 11 donne un montage qui fait varier simultanément les résistances positive et négative. Le même tube R produit la réaction dans le circuit L C et les oscillations de modulation dans les circuits de grille $L_1 C_1$ et de plaque $L_2 C_2$. Les relations convenables de phase sont obtenues en agissant sur les condensateurs C_1 et C_2 et sur la mutuelle de L_1 et de L_2 . Le réglage de ce montage est très délicat.

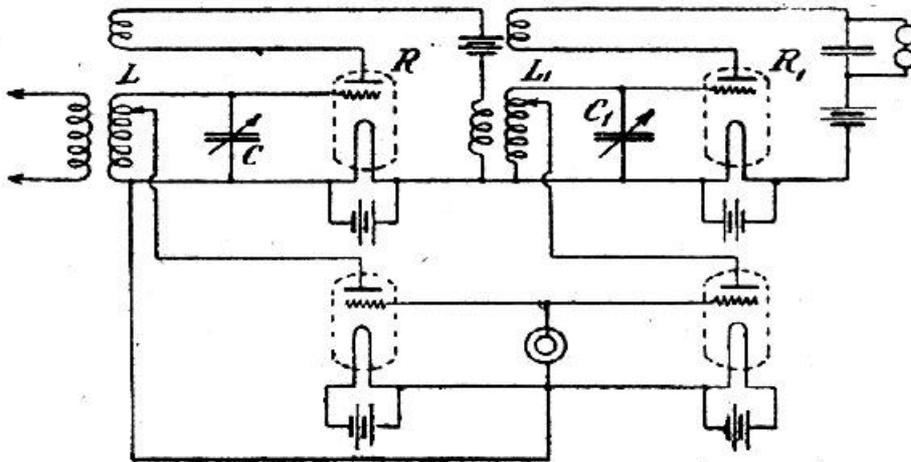


FIGURE 13

Le montage 9 est à recommander pour la télégraphie amortie et entretenue; le montage 10 pour la télégraphie entretenue et la téléphonie, le montage 11 pour tous les cas.

Dans les dispositions précédentes, la fonction détectrice était remplie par un tube séparé ou par le tube amplificateur. Quand on emploie une fréquence de variation « super-audible » il est parfois avantageux de faire la détection dans le tube oscillateur O; c'est le cas de la figure 12. Le fonctionnement est alors le suivant : Les oscillations de haute fréquence, soumises à la réaction dans le tube R, y suivent les variations dont la fréquence est réglée par les oscillations du tube O. Il revient donc sur la grille du tube O des oscillations de haute fréquence et des oscillations ayant précisément la fréquence produite par ce tube O. Les premières sont tout simplement rectifiées, quant aux secondes, elles impriment à cette grille des variations de potentiel qui sont à nouveau amplifiées par le jeu de réaction

du système accordé $L_1 C_1 L_2 C_2$. L'amplification résultante est beaucoup plus forte que dans les autres montages, mais le réglage est naturellement plus délicat.

* *

Le problème de plusieurs amplifications successives avec ces méthodes est fort compliqué en raison des nombreux effets que l'on ne rencontre pas dans les méthodes habituelles d'amplification. La principale difficulté provient de la réaction du second étage sur le premier; elle peut être évitée par un artifice simple. A cause de la grande quantité d'énergie disponible dans l'emploi de ces procédés, le deuxième harmonique est très fort dans le circuit plaque du tube amplificateur; il arrive à être du même ordre de grandeur que le fondamental si l'on prend soin de porter la grille à un haut voltage négatif. On fait alors travailler le deuxième étage d'amplification sur une fréquence double de celle de l'onde reçue. Un montage à employer est indiqué par la figure 13; les résistances positives des deux étages varient sous l'action d'un seul oscillateur agissant synchroniquement par l'intermédiaire des deux tubes inférieurs.

* *

Les résultats caractérisant ces nouvelles méthodes de réception peuvent se résumer ainsi :

A distance égale, et avec le même nombre de tubes, l'amplification obtenue par super-réaction est beaucoup plus forte qu'avec n'importe quel autre système. Supposons, par exemple, que l'on reçoive les mêmes signaux téléphoniques d'une part avec un tube à réaction suivi d'un tube amplificateur basse fréquence, d'autre part avec le montage de la figure 12. S'ils sont tout juste perceptibles avec le premier système réglé en autodyne sur une fréquence nulle de battement (c'est-à-dire à l'amplification maximum et dans un état très imitable), ils seront très clairement entendus avec le second; s'ils sont compréhensibles avec le premier, ils seront assez forts avec le second pour être entendus dans une grande salle (¹).

La portée d'un émetteur pourra donc être très notablement augmentée; mais il ne faudrait pas compter percevoir avec la super-réac-

(¹) Pendant sa conférence, M. Armstrong a réalisé une expérience qui lui a permis de faire cette comparaison. Le montage employé était du type de la figure 11; il est décrit en détail à la page 13.

tion des signaux qu'aucun autre système — celui de la super-hétérodyne par exemple — ne permettrait pas de recevoir.

Nous avons déjà fait remarquer que le fonctionnement est d'autant meilleur que la longueur de l'onde est plus courte, la méthode n'est pratiquement avantageuse que pour des ondes plus courtes que 1.000 mètres.

Nous devons encore observer que la super-réaction jouit d'une propriété précieuse par la protection qu'elle apporte contre les brouillages par ondes amorties, dans les cas où la fréquence de variations est supérieure aux fréquences audibles. L'explication de cette qualité de sélectivité se trouve dans la suppression périodique de toute oscillation libre dans le système. Dans la méthode de réaction ordinaire, un choc donne naissance à une vibration libre qui continue très longtemps à cause du faible amortissement du système oscillant, un millième de seconde ou même davantage. Avec la super-réaction à fréquence super-audible la durée maximum de cette vibration sera d'un vingt millième de seconde.

*
**

Nous tenons enfin tout particulièrement à adresser nos plus vifs remerciements au général Ferrié qui nous a fourni les moyens de faire cette conférence en mettant à notre disposition l'aide de son personnel et les facilités de ses laboratoires, à M. Mesny pour l'assistance inappréciable qu'il nous a apportée tant pour la traduction de notre conférence que pour la préparation de cet article; à M. David pour le travail ingrat qu'il a accompli en mettant au point les appareils d'expériences.

Edwin H. ARMSTRONG.

Renseignements pratiques sur un montage de super-réaction

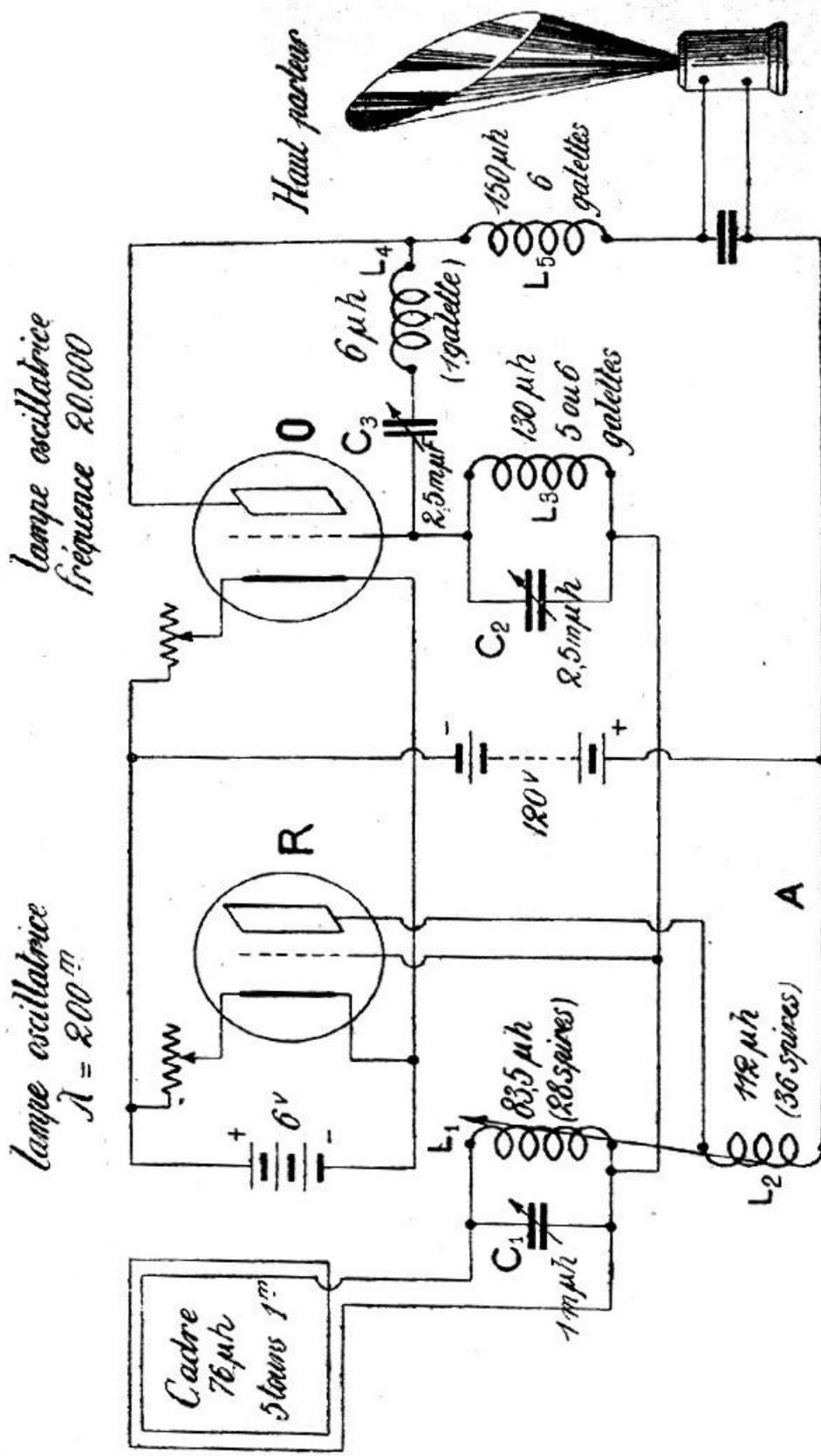
Pendant sa conférence à la Société des Amis de la T. S. F., M. Armstrong a fait une démonstration des effets de la super-réaction. Il a utilisé pour cela le montage ci-après étudié pour des tubes français, et sur lequel nous avons indiqué les valeurs des différents éléments utilisés. Le cadre carré de 1 m de côté avec cinq spires au pas de 10 millimètres; les bobines de réaction L_1 et L_2 étaient des bobines en fond de panier dont les diamètres intérieurs et extérieurs valaient 6 et 10 cm pour L_1 , 5 et 7,5 cm pour L_2 .

Les selfs L_3 , L_4 et L_5 étaient constituées avec des galettes paraffinées de trois cents tours, ayant une self de 6 à 7 millihenrys par unité; ces galettes se trouvent dans le commerce, leurs dimensions sont les suivantes : petit diamètre 4 cm, grand diamètre 8 cm 7, épaisseur 0 cm 3, fil de 30/100. On les juxtapose avec interposition d'une feuille de carton mince ou de papier.

Les condensateurs c_1 , c_2 , c_3 étaient des condensateurs variables à air de 2,5 m μ F. Quand les réglages ont été effectués, on peut remplacer le condensateur C_2 par un condensateur fixe.

En principe, il n'y a aucun couplage entre les selfs L_3 , L_4 , L_5 . On peut, d'autre part, modifier leurs valeurs dans d'assez larges limites à condition de changer en même temps celles des condensateurs c_2 et c_3 de façon à conserver une fréquence de variation à peu près constante.

M. Armstrong a conseillé aux amateurs qui voudraient essayer son montage, de commencer par placer le téléphone en A dans le circuit-plaque du tube R et de ne l'introduire à la place qu'il occupe sur le schéma, que quand ils auront obtenu un bon réglage dans cette première position. La mise au point de ce montage exige d'ailleurs une certaine habileté et les amateurs peu expérimentés devront plutôt employer les dispositifs dans lesquels on ne produit de variation que sur une seule des résistances positive ou négative.



Cadre
76 μ h
5 tours 1^m

PRATIQUE DE LA SUPER-RÉACTION

par P. DAVID

La présente note n'a pas pour objet de revenir sur les principes généraux de la super-réaction, magistralement exposés par M. Armstrong lui-même dans le n° 11 de *l'Onde Électrique*; elle est simplement destinée à fournir quelques renseignements pratiques sur la mise en œuvre de ces principes, et, en particulier, sur le montage d'un récepteur pour l'onde de 450 m qu'émet depuis peu le poste de l'École Supérieure des P. T. T.

1) Cette onde se prête tout à fait bien au fonctionnement de la super-réaction; et rien n'est plus facile que de modifier légèrement le

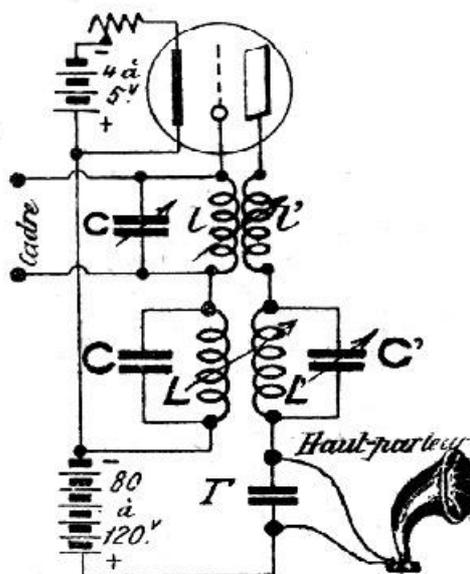


FIG. 1.

montage employé par M. Armstrong au cours de sa conférence, de manière à l'adapter pour 450 m. Toutefois, il nécessite deux lampes, et, dans Paris, on obtient souvent, même sur cadre, des résultats suffisants avec deux lampes, sans recourir à la complication inévitable de la super-réaction. Celle-ci serait donc surtout avantageuse avec une seule lampe; or, un tel montage a été décrit par M. Armstrong,

et essayé avec succès par divers amateurs américains ; il donne des résultats du même ordre, au moins à petite distance de l'émetteur, et ne semble pas plus difficile à manœuvrer. Son schéma est indiqué par la figure 1 ; les valeurs numériques convenables sont les suivantes :

Cadre de 1 m, 16 tours.

Self I : 250 microhenrys (fond de panier, 2×28 spires).

Self I' : 1 200 microhenrys (fond de panier, 2×70 spires).

Self $L L'$: 150 à 200 millihenrys (1 500 tours, fil 3/10, diamètre moyen 5 cm).

Capacité c : variable, 0,5 ou 1 millièrme.

— C : fixe ou variable, 1 millièrme.

— C' : variable, 1 millièrme.

— Γ : fixe, 5 millièmes.

Le chauffage est normalement de 4,5 volts, mais peut descendre sans baisse notable du rendement jusqu'à 4 volts.

Il y a lieu de ne pas attacher à ces valeurs une importance exces-

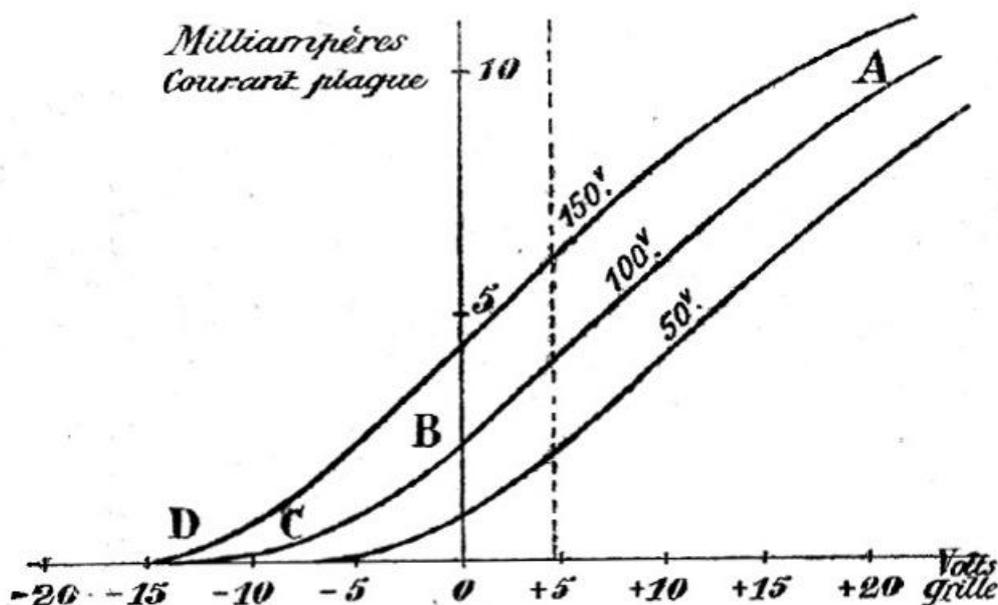


FIG. 2.

sive. Le poste peut fonctionner très bien avec des éléments assez différents ; et, en revanche, deux postes, dont tous les éléments sont copiés l'un sur l'autre, se comportent parfois de façon différente.

Il y a donc lieu d'insister, non pas sur les détails de construction du système, mais plutôt sur la manière de le faire fonctionner.

2) Le fonctionnement du récepteur est probablement le suivant :

La lampe entretient dans le circuit L C, grâce à la bobine de réaction L', des oscillations énergiques à fréquence 10 000 environ ⁽¹⁾. Il en résulte des variations du potentiel-grille, de l'ordre d'une dizaine de volts au moins. Donc, sur les *courbes caractéristiques* du courant plaque en fonction du potentiel-grille (fig. 2), le point figuratif se trouve tantôt dans la partie rectiligne inclinée, A B, et tantôt dans la partie tout à fait aplatie C D de la caractéristique, en passant par la partie courbée B C. Dans les intervalles où le potentiel-grille est positif, le circuit oscillant l c l', accordé sur 450 m, ne s'accroche pas spontanément; mais vient une onde qui le mette en vibration : son oscillation augmente alors rapidement, la lampe entretenant à la fois l'oscillation à 10 000 périodes et celle à 670 000 périodes. La courbe du potentiel-grille prend la forme indiquée dans la figure 3.

Puis le potentiel-grille, s'abaissant toujours sous l'effet de l'oscillation à 10 000 périodes, le point représentatif passe dans la partie B C

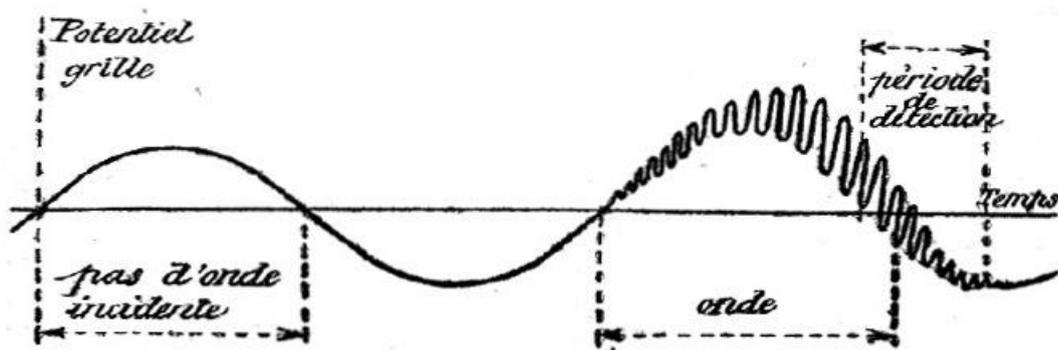


FIG. 3.

courbée; à ce moment les variations de courant-plaque ne sont pas proportionnelles à celles de la tension-grille, et il y a détection. Puis le potentiel-grille continuant à baisser, l'oscillation à 670 000 périodes s'éteint. Tout recommence ensuite.

3) Ceci est très simple à concevoir, mais moins, sans doute, à réaliser. En effet, il n'est pas toujours facile d'obtenir le fonctionnement décrit, comportant dans une seule lampe :

⁽¹⁾ Le condensateur C' ne sert pas à l'accord du circuit, mais joue simplement le rôle de shunt pour les oscillations haute fréquence.

La détection ;

L'entretien de 2 oscillations.

La réaction de l'une de ces oscillations sur l'autre, produisant ce qui est en somme la nouveauté, l'essentiel même de la super-réaction : un certain état spécial de sensibilité du système oscillant lcV , tel qu'il n'oscille pas tout seul, mais qu'il accroche fortement sous l'effet de la plus petite impulsion. L'obtention de cet état est sans doute possible grâce à l'existence de « résistances passives », de sortes de « frottements », plus grands au repos qu'en mouvement, et qui empêchent l'amorçage des oscillations tout en les laissant s'amplifier, une fois qu'elles sont déclanchées. Ces frottements, dont la nature physique mériterait d'être étudiée, sont probablement la cause du fait suivant, facile à constater : dans un système ordinaire à réaction, si l'on fait varier l'un des éléments — par exemple le couplage — de manière à produire des accrochages et décrochages successifs, la position pour laquelle le système accroche n'est pas tout à fait la même que celle pour laquelle il décroche. Il existe une certaine zone dans laquelle le système entretient son mouvement, mais ne l'acquiert pas en partant de l'immobilité. Le principe de la super-réaction est de placer périodiquement le système dans cette zone, tout près de l'accrochage spontané, et de manière que la plus légère impulsion suffise à le lancer. Périodiquement donc, le système, sous l'action des ondes incidentes, se met à osciller fortement, puis est arrêté, et ramené à l'état initial. Le fonctionnement est intermittent, l'onde est découpée en tranches.

Il est évident que pour recevoir la téléphonie, la fréquence de ces intermittences devra être supérieure aux fréquences usuelles de la parole ; elle sera, par exemple, de l'ordre de 10 000. En outre, pour que la téléphonie ne soit pas déformée, il sera indispensable que l'amplitude acquise par l'oscillation à chaque intermittence soit proportionnelle à l'amplitude de l'onde qui l'a amorcée ; ou plutôt que l'énergie sortant du récepteur à chaque $1/10\ 000$ de seconde, soit proportionnelle à celle qui y est entrée.

D'où les deux phases du réglage :

a) Disposer le système oscillant de manière qu'il passe, 10 000 fois par seconde, dans cet état spécial de sensibilité où la moindre impulsion le déclanchera.

b) Régler de manière que l'énergie qu'il fournit à chaque fois soit proportionnelle à l'énergie reçue. Ainsi la modulation gardera sa qualité.

4) Il n'est pas évident que tous les systèmes oscillants puissent

être placés dans l'état de sensibilité en question, et il est probable qu'en tout cas, ils ne s'y placent pas tous également bien ni aussi aisément. Pour avoir de bons résultats, deux précautions sont à prendre :

a) La réaction entre le circuit-plaque et le circuit-grille doit être comprise entre certaines limites, et d'ailleurs, être plus forte que pour un montage à simple réaction. C'est pourquoi M. Armstrong a toujours prescrit de doubler le nombre de tours de la bobine placée dans le circuit-plaque.

b) Il est bon, et peut-être indispensable, au moins dans une certaine mesure, que la capacité c du circuit haute fréquence soit la plus petite possible. La raison en est probablement celle-ci : dans la plupart des montages habituels, ce qu'on utilise, c'est la différence de potentiel aux bornes des selfs, ou le courant dans les selfs ; la capacité ne joue aucun rôle actif et n'est là que pour l'accord. En particulier, dans le montage à super-réaction, nerveux, où chaque organe travaille au maximum, il est prudent de calculer les selfs pour que l'accord soit obtenu avec une très faible capacité.

Dans le cas où l'on voudrait une gamme d'ondes assez étendue, il serait donc bon d'employer un variomètre plutôt qu'un condensateur variable à grande capacité.

5) Un critérium très simple du fonctionnement est d'ailleurs constitué par un certain *bruit de friture* spécial, tout à fait caractéristique, et qui indique toujours que l'appareil est prêt à fonctionner. S'il est faible, la réaction n'est pas suffisante ; s'il est fort, brutal, s'il se produit d'une façon irréversible, il faudra diminuer la bobine de réaction.

Lorsque le système reçoit une onde entretenue, non modulée, ce bruit disparaît entièrement. C'est ce qui permet d'en expliquer l'origine. En l'absence de l'émission à recevoir, le poste est soumis à toutes sortes de petites perturbations : irrégularités du courant des accumulateurs, de l'émission des électrons, vibrations mécaniques, parasites, émissions lointaines, etc., provoquant, chaque fois que le système est prêt à osciller, un commencement d'accrochage se traduisant par un mouvement de la membrane du récepteur téléphonique. L'ensemble de ces mouvements produit un bruit confus. Mais s'il survient une onde entretenue régulière, elle provoque à chaque période une oscillation forte, et toujours la même. Donc la membrane du téléphone reçoit la même impulsion 10 000 fois par seconde. C'est trop rapide, elle vibre très peu et ne rend aucun son. Par suite, la réception d'une onde entretenue non modulée consiste en un silence

absolu (1). Il en résulte ce fait curieux, que si on écoute une entretenue manipulée, on entend du bruit dans l'intervalle des signaux, et rien pendant la durée des points et des traits. On entend donc une contre-manipulation. Inversement, si on écoute la contre-manipulation d'un arc à onde de compensation, on entend la véritable manipulation.

Lorsque l'onde que l'on reçoit est modulée, la membrane du téléphone reçoit, chaque 1/10 000 de seconde, une impulsion, à peu près proportionnelle à l'énergie de l'onde incidente. D'où reproduction, plus ou moins parfaite, de la modulation.

6) Ceci dit, le réglage du poste est intuitif :

Les selfs étant ajustées pour que l'accrochage soit énergique et que l'accord soit obtenu avec une simple capacité.

1° Amorcer l'oscillation à 10 000 périodes par le jeu du couplage des selfs LL'.

2° Augmenter le couplage des selfs LL' jusqu'à audition du *bruit de friture*.

3° Modifier le condensateur d'accord, en maintenant, par le jeu des couplages, le bruit caractéristique.

4° La réception obtenue, retoucher le réglage de manière à obtenir l'intensité et la netteté maxima, ou un compromis entre ces deux qualités.

7) Le réglage est d'autant plus facile que le signal est plus fort. Mais le résultat ne varie pas, sensiblement, quand le signal diminue, jusqu'à ce qu'il soit du même ordre que les petites perturbations causes du bruit caractéristique. A ce moment, il se perd dans le bruit et la réception tombe brusquement. La portée est donc limitée par cette valeur, mais, en deçà, la réception reste possible en haut-parleur. Cette manière de voir est justifiée par le fait qu'avec le montage décrit ci-dessus, on peut, à Paris, déconnecter le cadre, tout en continuant à recevoir aussi fort ; il est donc probable qu'avec le cadre on pourrait s'éloigner sensiblement.

Il faut aussi remarquer qu'un montage dans lequel une seule lampe remplit à la fois trois fonctions différentes, est certainement moins sensible qu'un autre dans lequel trois lampes rempliraient séparément les trois rôles. Pour la réception des signaux faibles, on trouvera avantageux de prendre une lampe à réaction, une lampe

(1) On peut cependant entendre des entretenues, en les faisant battre avec quelque harmonique de l'oscillation à 10000 périodes, mais cela ne semble guère pratique.

« modulatrice » entretenant l'oscillation à 10 000 périodes, et une lampe purement détectrice. On obtient ainsi, dans certains cas, des résultats supérieurs à ceux que donnerait le montage habituel avec deux lampes basse fréquence.

Pour la réception à grande distance, on pourrait aussi recevoir sur antenne, en couplant par induction l'antenne avec la self l du circuit haute-fréquence. Mais il est à craindre que l'antenne ne rayonne d'une manière excessive, surtout pendant le cours du réglage. On pourrait atténuer cet inconvénient en employant le montage Reinartz à antenne désaccordée ; ceci a, paraît-il, donné de bons résultats à quelques amateurs américains.

8) Un grand nombre de modifications de détail ont été proposées dans diverses publications techniques, à partir des montages indiqués par M. Armstrong. Il est intéressant de les passer en revue.

On peut d'abord mettre le cadre en série avec la self l , ou bien le coupler par induction avec elle. Mais cela ne paraît pas bien avantageux, car le montage de la self en parallèle permet d'employer un cadre de plus grande self, c'est-à-dire se rapprochant du type courant. Il n'y aurait intérêt à mettre la self en série que si l'on disposait d'un cadre à très petit nombre de tours (3 ou 4 au plus).

On peut aussi accorder le circuit oscillant avec un variomètre au lieu de condensateur. Ceci est à recommander, vu le rôle nuisible de la capacité.

On peut ajouter dans le circuit de grille un condensateur shunté pour améliorer la détection. Dans le montage à une lampe, cela n'est guère pratique, car il faudrait donner au condensateur une capacité suffisante pour laisser passer facilement les oscillations à 10 000 périodes. Mais cela pourrait donner de bons résultats dans un montage à plusieurs lampes.

Dans le même but, on peut employer un potentiomètre ; l'amélioration paraît incertaine en pratique.

L'Onde Électrique de janvier 1923 contenait la description d'un montage à une seule lampe, dû à M. Fromy ; ce montage, tout à fait analogue à celui décrit dans la présente note, présente l'inconvénient que le téléphone est shunté par une capacité assez faible, ce qui gêne l'oscillation à fréquence 10 000, et oblige à employer des tensions plaque plus élevées. La présence aux bornes du téléphone, d'une capacité de 5 millièmes par exemple, semble améliorer le fonctionnement.

9) Enfin, un journal technique a récemment conseillé, sur la suggestion d'un amateur, deux procédés assez discutables : il recom-

mande de régler les postes de super-réaction en écoutant des émissions *amorties*, et, d'autre part, il indique que l'on peut recevoir les entretenues par emploi d'une hétérodyne séparée. Ces deux méthodes semblent sujettes à caution. D'abord, il est absolument évident, d'après la théorie de super-réaction, que les ondes amorties sont très peu amplifiées, et ce fait a été constaté expérimentalement par tous ceux qui ont pratiqué ce mode de réception. Il n'est donc pas avantageux d'essayer un appareil précisément sur les ondes qu'il amplifie le moins.

D'autre part, employer une hétérodyne, c'est produire dans le voisinage du récepteur, une émission entretenue, de longueur d'onde très voisine de celle sur laquelle ce récepteur est accordé; d'autant plus voisine, relativement, que l'onde est plus courte. Le meilleur rendement de la détection est obtenu lorsque le courant induit dans le récepteur par l'émission locale, est sensiblement plus grand (1) que celui induit par l'émission lointaine que l'on cherche à recevoir. Or, cela est désastreux pour un poste à super-réaction. En effet, cette émission locale suffit à faire osciller violemment le poste à chaque intermittence, ce qui le rend insensible à toutes les autres ondes. Il semble donc que cette méthode nécessite des précautions spéciales, et, dans la pratique, on constate toujours que la mise en marche d'une hétérodyne à proximité d'un récepteur à super-réaction, le paralyse radicalement.

Pour recevoir la télégraphie en entretenues, il est bien préférable de modifier le montage habituel, en diminuant la fréquence des intermittences de manière que l'onde soit découpée, non plus 10 000, mais 2 000 ou 1 000 fois par seconde. On l'entend alors parfaitement, et l'amplification est augmentée, puisque le rapport de la fréquence de l'onde à celle de la modulation locale est augmenté. Pour exécuter pratiquement cette modification, il suffit d'introduire un faisceau de fils de fer dans les selfs $L L'$. A condition de s'en tenir à une note de réception élevée, le résultat est excellent, et le réglage est beaucoup facilité par le fait que la qualité de modulation n'intervient plus.

Ce montage serait très intéressant à essayer en vue des prochains essais transatlantiques.

10) D'ailleurs, bien d'autres choses mériteraient d'être approfondies. Il faudrait établir une forme optima de montage, un modèle *standard*, facilement accessible aux amateurs. Il faudrait ensuite

(1) M. Armstrong a indiqué qu'il était généralement dix à quinze fois plus grand.

déterminer ce dont il est capable, au point de vue portée, dans les circonstances diverses de la pratique. Cela serait long et nécessiterait de nombreux et patients tâtonnements pour lesquels le concours des expérimentateurs bénévoles est indispensable. En particulier, les « Amis de la T. S. F. » et les lecteurs de *l'Onde Electrique* sont tout désignés pour apporter leur contribution à cette entreprise. S'ils veulent nous faire part des résultats qu'ils auront obtenus et des améliorations que leur ingéniosité leur aura suggérées, nul doute que *l'Onde* ne soit bientôt en mesure de publier une foule d'études beaucoup plus complètes et plus intéressantes que celle-ci.

P. DAVID,
Ingénieur à l'E. C. M. R.

**BIBLIOTHÈQUE DE
L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ
:: SECTION DE RADIODÉLÉGRAPHIE ::**

VIENNENT DE PARAITRE :

E. REYNAUD-BONIN
*Ingénieur E. S. E. et des P. T. T.
Professeur à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes*

L'ACOUSTIQUE TÉLÉPHONIQUE

LA TÉLÉPHONIE - LA TÉLÉGRAPHIE

Un volume broché de 190 pages, 100 figures. Prix : 10 fr.

E. BLOCH

Les

Procédés d'enregistrement des signaux de T. S. F.

Un vol. broché de 64 pages. . . 8 fr.

A. DUFOUR

Oscillographe cathodique pour l'étude des basses, moyennes et hautes fréquences

Un volume, broché. 8 fr.

Madame Pierre CURIE

RADIOACTIVITÉ ET PHÉNOMÈNES CONNEXES

Un volume, broché. 4 fr.

DRIENCOURT

EMPLOI DE LA T. S. F. pour la détermination des longitudes et l'unification de l'heure

Un volume, broché. 6 fr.

JOUAUST

La Télégraphie par le sol et les moyens de communication spéciaux

Un volume, broché. 6 fr.

R. MESNY

RADIOGONIOMÉTRIE

Un volume broché 12 fr.

J.-B. POMEY

PRINCIPES DE CALCUL VECTORIEL ET TENSORIEL

Un volume, broché. 30 fr.

Étienne CHIRON, Éditeur, 40, rue de Seine, PARIS

RADIO-ANNUAIRE

**ANNUAIRE
DE LA T. S. F.**

ET DES INDUSTRIES CONNEXES

Publié sous le patronage de la

SOCIÉTÉ DES AMIS DE LA T. S. F.

**TOUS LES RENSEIGNEMENTS
SUR TOUTES LES QUESTIONS
qui intéressent les industriels, les
amateurs, les commerçants, seront
insérés dans cet ouvrage rigoureu-
sement mis à jour.**

PRIX DU VOLUME

COMPRENANT PRÈS DE MILLE PAGES

30 fr.

Étienne **CHIRON**, éditeur, 40, rue de Seine, PARIS

LES MEILLEURS OUVRAGES DE T. S. F.

LE POSTE DE L'AMATEUR DE T. S. F., par P. HÉMARDINQUER.
— Un beau volume avec nombreuses figures explicatives donnant la description de tous les appareils à galène et à lampes, haut-parleurs, etc. 10 fr. »

LA T. S. F. EXPLIQUÉE, par H. C. VALLIER, avec la réglementation complète de la T. S. F. 8 fr. »

La téléphonie sans fil pour tous : **RÉCEPTION PAR TÉLÉPHONIE SANS FIL DES PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET DES RADIO-CONCERTS**. Instruction officielle de l'Office national météorologique pour la construction et le montage d'un poste récepteur à galène. 2 fr. »

LA TÉLÉPHONIE SANS FIL EN HAUT-PARLEUR, par le Docteur P. HUSNOT. Construction d'un poste de T. S. F. très simplifié, spécialement adapté à la réception des radio-concerts. . . . 3 fr. »

LA CONSTRUCTION DES APPAREILS DE TÉLÉPHONIE SANS FIL, à galène, à lampes, en haut-parleur. Notions complètes de construction, par L. MICHEL 3 fr. »

MANUEL PRATIQUE DE T. S. F., par BRANGER. — Un volume de 148 pages, avec 70 figures 6 fr. »

TOUS LES MONTAGES DE T. S. F., album complet avec schéma explicatifs, par BRANGER. 7 fr. 50

GRAPHIQUE HORAIRE DES ÉMISSIONS RÉGULIÈRES DE T. S. F. ET TÉLÉPHONIE SANS FIL. — Un tableau 65 × 100 donnant l'heure, la nature et la longueur d'onde de toutes les émissions régulières de T. S. F. et Téléphonie sans fil 3 fr. »

LA MÉMOIRE INSTANTANÉE DES SIGNAUX MORSES, par HAUSSER 4 fr. 50

LISTE DES ÉMISSIONS ET TABLEAU DE DÉCHIFFREMENT DES RADIOGRAMMES MÉTÉOROLOGIQUES d'intérêt général émis par les postes de T. S. F. de la France et de l'Afrique du Nord française (2^e édition mise à jour) 4 fr. »

LES ONDES COURTES, par A. CLAVIER. Émission et réception. — Un volume in-8 6 fr. »

ANNUAIRE DE LA T. S. F. pour 1923 30 fr. »

Lire les *Revue* :

L'ONDE ÉLECTRIQUE. Le N^o, 3 fr.; Abonnement d'un an, 30 fr. »

RADIO REVUE. Le N^o, 2 fr. 50; Abonnement d'un an . . . 25 fr. »

Étienne **CHIRON**, éditeur, 40, rue de Seine, PARIS