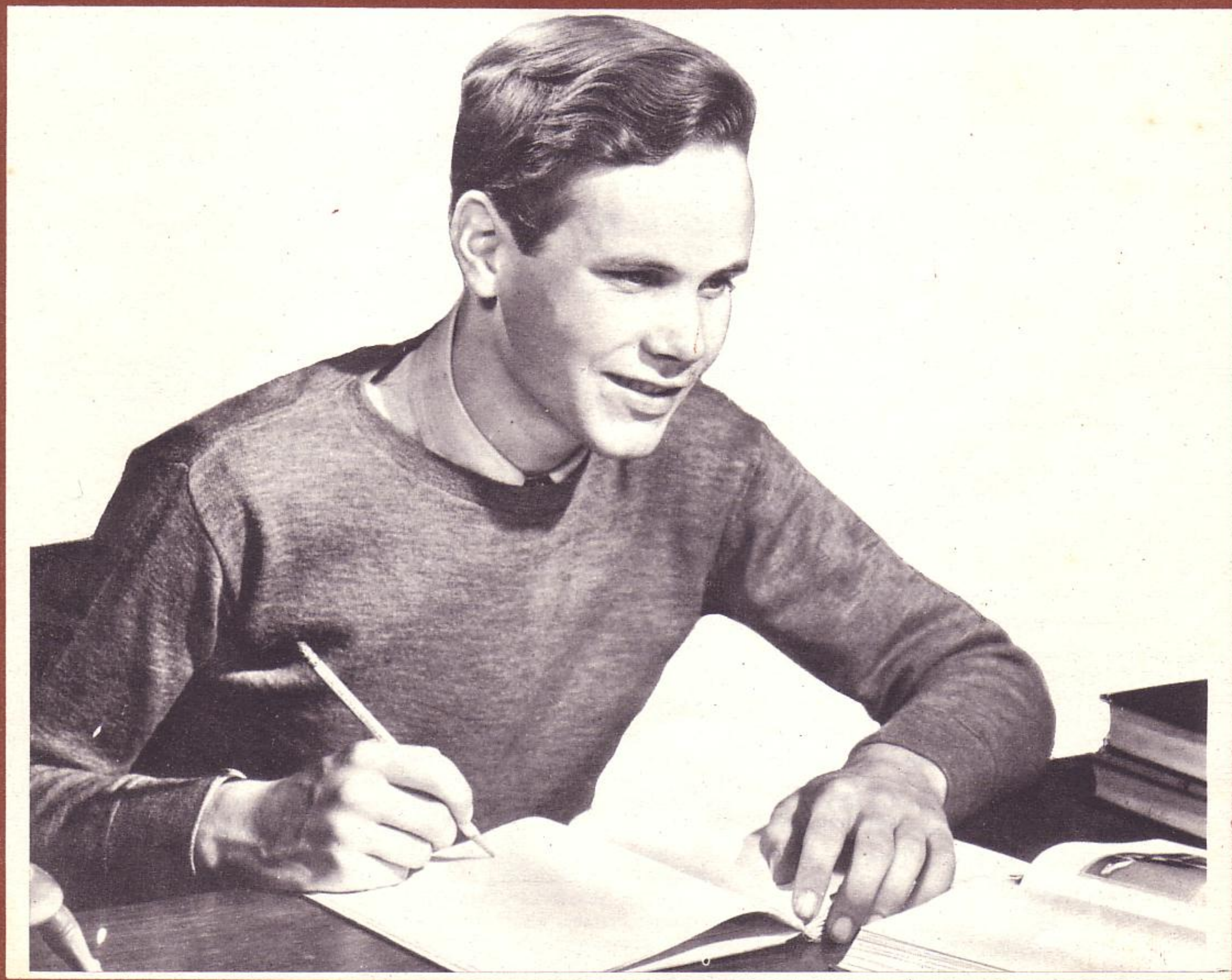


30

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



hebdomadaire pour la formation professionnelle – 23 - 30 septembre 1965 – le numéro 1,60 F.

SUISSE 1,70 FS
BELGIQUE 23 FB
MAROC 1,85 Dh

ALGERIE 1,80 FA
TUNISIE 1,70 M
ALLEMAGNE 1,80 DM

GRANDE - BRETAGNE 3,5 sh
CANADA 50 cts
U.S.A. 50 cts

vosre Carrière

revue hebdomadaire

DIRECTION - ADMINISTRATION - ABONNEMENTS: Editions CHIRON - 40, rue de Seine
Tél. 633.18-93 - Paris (6^e) - C.C.P. 53-35.



La revue est en vente aux kiosques, chaque semaine: si le kiosque en est démuné, demandez l'envoi hebdomadaire directement à votre domicile.

Directrice: *Mme Etienne Chiron.*
Secrétaire de rédaction: *J. Lavergne*

ABONNEMENTS

Les abonnements peuvent être souscrits en cours d'année, à n'importe quelle date. Les numéros déjà parus au moment de la souscription seront envoyés en une seule expédition.
France - 1 an (52 numéros) = 70 F;
6 mois (26 numéros) = 38 F. -
Etranger - 1 an = 90 F - Si vous possédez déjà des numéros, vous pouvez déduire la somme de 1,20 F par numéro.

S'adresser aux Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris - C.C.P. 53-35.
Les anciens numéros peuvent être commandés séparément au prix unitaire (1,60 F).

Aucun envoi contre remboursement.

RENSEIGNEMENTS

Toute demande de renseignements doit être accompagnée d'une enveloppe timbrée à votre adresse.
S'adresser: Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris.

PUBLICITE

PUBLEDITEC - 13, Rue C. Lecocq
Tél. 250.88-04 et 88-05 - Paris, 15^e.

Cette Revue sera contrôlée par l'O. I. D.

DISTRIBUTION

Nouvelles Messageries de la Presse
Parisienne - 11, Rue Réamur - Paris.

COPYRIGHT

Dépôt légal éditeur 34 - 2^e trim. '65
Periodique N. 42 905 à la Commission Paritaire de la Presse.

Tous droits de reproduction, même partielle, réservés pour tous pays.

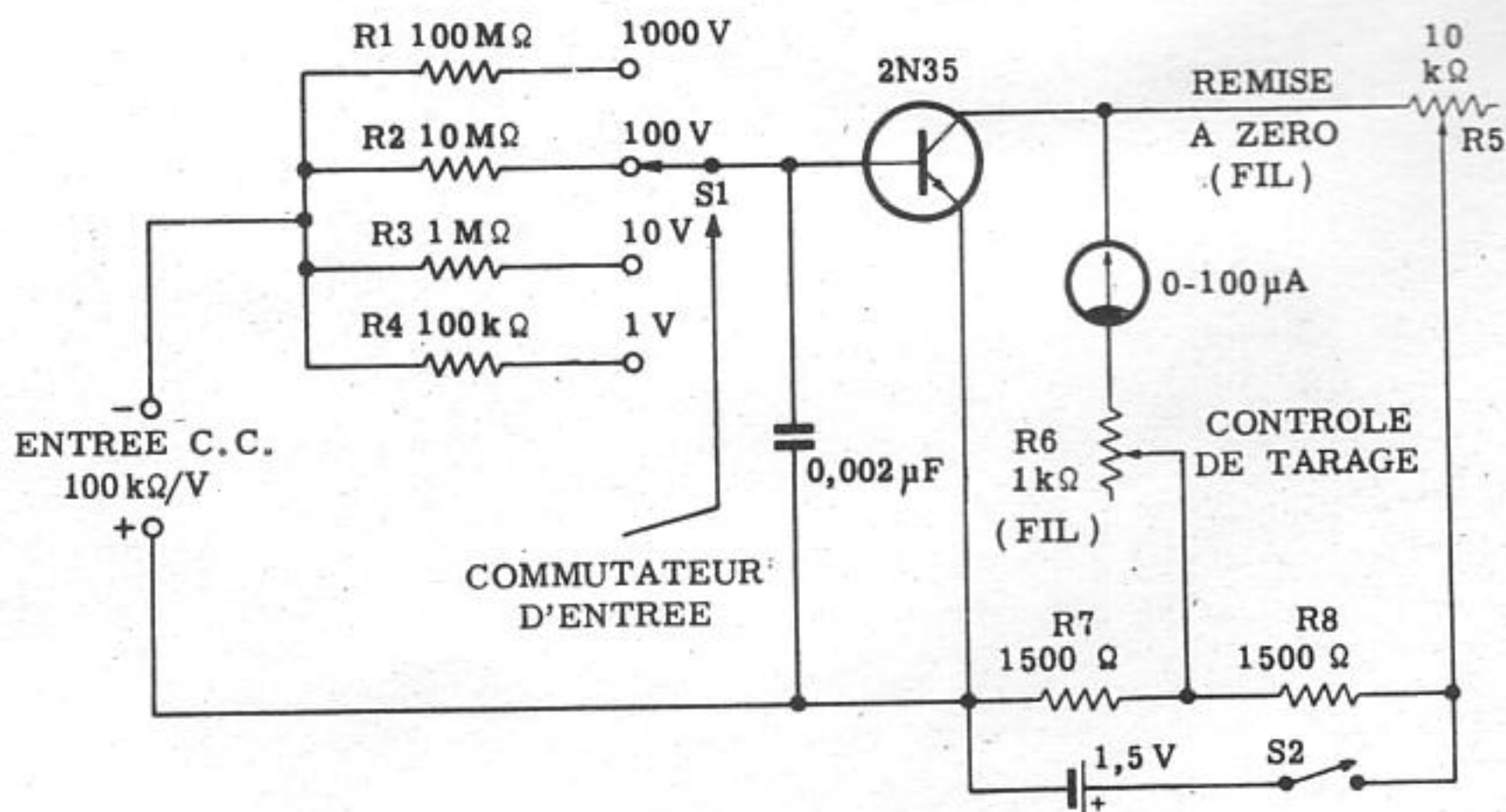
Sommaire

★ Courrier Technique	page 2
★ L'agent technique électronicien de laboratoire dans un centre de recherche	» 3
★ L'enregistrement magnétique	» 5
★ Formes d'ondes non sinusoïdales	» 14
★ Questions sur les 88 ^{ème} et 89 ^{ème} leçons	» 23
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 23
★ Caractéristiques des diodes Zener « La Radiotechnique »	» 24
★ Caractéristiques des semiconducteurs « SESCO »	» 26
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 29

Courrier technique

Mr. BALDARET, Paris - demande s'il est possible d'augmenter la sensibilité d'un appareil de mesure par l'emploi d'un amplificateur équipé d'un seul transistor, et d'obtenir ainsi un voltmètre électronique peu coûteux.

Cette solution est, sans aucun doute, possible. La figure ci-dessous représente le schéma d'un voltmètre à quatre sensibilités obtenues au moyen d'un multiplicateur résistif à l'entrée. Cet appareil possède les mêmes avantages que le classique voltmètre électronique, dûs à l'impédance d'entrée élevée qui augmente avec le calibre.



Le milliampèremètre a une sensibilité de 100 μA. L'utilisation de l'amplificateur permet d'obtenir une sensibilité plus élevée qui peut atteindre 10 μA pour la déviation complète.

Un circuit en pont est prévu pour la remise à zéro électrique, tout comme dans les voltmètres électroniques. Les quatre branches résistives du pont sont: la résistance interne collecteur-base du transistor, le rhéostat R5 et les deux résistances de 1500 ohms R7 et R8.

Les calibres sont au nombre de quatre: 1 - 100 - 1000 volts, en courant continu. Evidemment on peut ajouter d'autres calibres en ajoutant des résistances au multiplicateur d'entrée qui

est relié au commutateur S1.

Le tarage peut être effectué de la façon suivante:

- 1) Fermer l'interrupteur S2.
- 2) Faire le zéro électrique au moyen de R5, en laissant le circuit d'entrée ouvert.
- 3) Placer le commutateur d'entrée sur le calibre 10 volts.
- 4) Appliquer aux bornes d'entrée une tension continue de 10 volts et régler R6 pour obtenir la déviation complète de l'aiguille du milliampèremètre.
- 5) Couper la tension appliquée à l'en-

trée et, si cela est nécessaire, refaire le zéro électrique.

- 6) Appliquer à nouveau la d.d.p. à l'entrée et retoucher R6 pour obtenir la déviation complète de l'aiguille.
- 7) Continuer ces opérations jusqu'à ce que l'appareil indique exactement zéro et 10 volts, en coupant et en appliquant successivement la tension d'essai.

Le transistor utilisé est, comme on peut le remarquer sur le schéma, le type « n.p.n. » 2N35, « Sylvania ». On peut toutefois le remplacer par les types 2N647 R.C.A.; GT35 General Transistor Corp.; 2N438-A CBS; 2N281 Amperex; et 2N169 General Electric.



Le technicien de Laboratoire,
dans un Centre
de Recherche Scientifique

par Y. LEPUZ

Au centre de Calcul ANALAC à Paris,
deux techniciens travaillent sur le cal-
culateur A 101.

L'AGENT TECHNIQUE ELECTRONICIEN DE LABORATOIRE DANS UN CENTRE DE RECHERCHE

C'est à une demi-heure environ de Paris, que nous le rencontrons à son lieu de travail; au milieu d'un très beau parc, se dressent des bâtiments récents, spacieux, disséminés parmi les bosquets et les parterres fleuris, soigneusement entretenus par de vieux et paisibles jardiniers. Mais, lorsque nous sommes introduits dans le « labo », notre première impression est d'être en pays de connaissance car, autour de nous, nous retrouvons des appareils déjà vus: Contrôleurs Universels, Voltmètres électroniques, et Voltmètres digitaux, Oscilloscopes et générateurs, etc... Toutefois, ces appareils sont plus nombreux et plus importants que ceux de notre ami l'artisan dépanneur en radio et télévision (Voir Votre Carrière n° 14)

De plus, le laboratoire est infiniment plus vaste que son atelier, les établis, les « racks » voisinent avec des bureaux, des classeurs, une bibliothèque technique, un enregistreur photographique « Polaroid », etc. Aux murs, des tableaux, couverts de graphiques, de schémas, un « planning » des travaux en cours, le tout égayé de plantes vertes.

Le technicien qui a accepté de nous recevoir nous présente ses collaborateurs. Ils sont jeunes, 23 à 30 ans environ — blouse blanche, air sérieux, chacun occupé à un travail qui semble l'absorber et lui plaire — mais dont ils se détournent volontiers quelques minutes pour un petit interview. C'est ainsi que j'apprendrai que l'un est entré après un baccalauréat technique, l'autre après 3 ans de Service Militaire en tant que Radio Mécanicien

de la Marine, un autre encore était dépanneur chez un artisan, et s'est perfectionné au cours d'un stage de dix mois à la F.P.A. (Formation Professionnelle accélérée des Adultes) Malgré leurs diplômes, ils ont dû subir un examen théorique et pratique avant d'être embauchés. Bien que formés différemment, ils paraissent constituer un groupe homogène qui travaille avec entrain, amitié et esprit d'équipe.

C'est d'ailleurs ce que me confirme notre ami, avec qui je m'entretiens maintenant un peu à l'écart. Il m'explique ainsi que son groupe en effet, fonctionne bien, parce que d'une part, le travail y est judicieusement réparti entre tous, suivant les possibilités techniques ou l'habileté manuelle de chacun, et que, d'autre part, tous connaissent l'ensemble du travail à réaliser ou de l'étude entreprise.

— « Il est essentiel, me dit-il que chacun deux comprenne le but à atteindre pour qu'il s'y intéresse (et souvent ils se passionnent, en discutent entre eux, se communiquant des idées, des « tuyaux » des astuces).

« Ces travaux, les recherches, justement, qui vous les demande ?

— Nos « grands Patrons ». Ce sont des ingénieurs, physiciens pour la plupart. Ils ont besoin pour leurs expériences pratiques de relever quantités de mesures, d'effectuer des contrôles divers, très précis, très délicats, au moyen d'appareils électroniques que l'on ne trouve généralement pas dans le commerce.

Il nous faut donc réaliser tout ou partie de ces instruments, ou bien encore adapter des appareils déjà existants, à chacune de leurs exigences particulières. Dans le cas les plus simples on modifie, on perfectionne ce que l'industrie nous propose. Mais parfois tout est à concevoir, puis à réaliser. D'où, en premier lieu des études théoriques: c'est le rôle du chef de laboratoire qui, face au problème doit transposer l'idée du physicien en mesures possibles à effectuer à l'aide d'un appareil électronique.

— Est-ce la partie la plus difficile ?

— Ah ! c'est souvent très difficile. Il faut des connaissances mathématiques, électriques, électroniques, et aussi des connaissances mécaniques, physiques et parfois chimiques. Il est indispensable de beaucoup se documenter, ce qui est long mais intéressant. Nous avons, vous l'avez vue, une bibliothèque technique, plus une très importante bibliothèque centrale où nous pouvons obtenir rapidement tous les documents, revues, ouvrages français et étrangers les plus récents, qui nous sont nécessaires.

En outre, nous assistons aux conférences, aux colloques (en France et même à l'étranger) et nous suivons toutes les expositions professionnelles.

Ainsi, en toute connaissance du problème, nous élaborons un premier projet. Une fois celui-ci bien mûri, nous établissons un schéma bloc. Alors seulement commence la deuxième phase: l'étude pratique. On essaie tout d'abord une réalisation provisoire à l'aide, éventuellement, de parties « bateaux ». (C'est-à-dire de montages classiques) auxquelles s'ajoutent des parties « volantes » essayées sous forme de montages sur table. On vérifie ainsi rapidement les possibilités de l'ensemble.

Et suivant les résultats, bons ou mauvais, on construit « au net » si je puis dire, en perfectionnant au fur et à mesure, ou parfois, hélas, on repart presque à zéro ou sur une autre piste si la précision désirée n'est pas obtenue, car il faut alors élaborer un projet différent et recommencer. Enfin on procède aux essais de l'appareil terminé et à sa mise au point. Quand il est « à poste » et donne satisfaction, il reste à mettre au clair, les notes et les schémas définitifs qui nous serviront, par exemple, pour une éventuelle modification.

— Vous ne contruisez jamais deux fois le même appareil ?

— Non, le travail est varié, renouvelé sans cesse avec les besoins et les progrès de la recherche. C'est là un des avantages de notre profession par rapport à l'industrie où l'on fabrique uniquement des séries plus ou moins importantes et plus ou moins longues, donc fastidieuses.

— Mais pouvez-vous parvenir à des réalisations aussi valables techniquement que celles de l'industrie ?

— Oui, très certainement, car nous avons des moyens très importants à notre disposition: en premier lieu, les capitaux nécessaires, sur justification, puis en labo, tous les outils et machines indispensables, des appareils de contrôle et de mesure perfectionnés, et auxquels s'ajoute, un atelier de mécanique de précision unique-

ment à notre disposition. Enfin, nous avons le temps de nous documenter, d'étudier, de bien « figurer » notre travail, car les facteurs précision et sécurité de fonctionnement sont impératifs bien entendu et effacent complètement prix de revient et rentabilité.

— Il me semble étonnant cependant que vous ne puissiez pas vous adresser aux Industriels en place pour de telles réalisations ?

— Pardon, c'est au contraire très simple à comprendre. Ces industriels ne peuvent sacrifier des sommes énormes en matériel, outillages et main d'oeuvre spécialisée pour mettre au point un prototype seulement, celui-ci est le premier d'une série qui amortira son prix de revient. Or, nous n'avons jamais besoin de plus de deux ou trois appareils à peu près identiques. Aussi, le prototype qu'ils accepteraient de nous fournir sans commande ultérieure nous serait facturé à un prix exorbitant et nous serait livré dans un délai très long comparé à celui que nous pouvons atteindre ici, par le travail d'une équipe bien entraînée. Cependant, quand l'une de nos « maquettes » a été mise à l'épreuve et qu'il nous en faut deux ou trois exemplaires, nous confions la reproduction à de petits industriels qui les exécutent à l'échelon presque artisanal.

D'autre part, il faudrait perdre beaucoup de temps pour informer ces fabricants des performances désirées souvent très spéciales. Et les représentants qu'ils nous adressent, même s'ils appartiennent à des services technico-commerciaux, sont malheureusement peu compétents !

— Peu compétents ?

— Hélas, et nous le déplorons trop souvent. Ceci est encore plus vrai lorsque nous avons à faire à des importateurs de matériel étranger. Tenez, voici un incident assez récent qui illustrera cette insuffisance: nous avions reçu un voltmètre digital, c'est ce bel appareil que vous voyez là.

— Digital ?

— Oui, digital ou numérique, c'est-à-dire qui affiche directement en clair en chiffres, la tension mesurée. Il n'y a plus l'imprécision de la lecture par aiguille se déplaçant devant un cadran. Nous devions entreprendre une longue campagne de mesures et il était intéressant de pouvoir transcrire automatiquement les résultats sur une imprimante, et de perforer une bande qui serait ensuite confiée à un calculateur. Le fournisseur du voltmètre fabriquait une boîte d'adaptation entre son appareil et l'imprimante perforatrice que nous possédons: il était logique de lui commander cet adaptateur. Nous avons soigneusement étudié et défini toutes les options correspondantes, sur notre commande. Malheureusement, l'importateur qui ne connaît que très superficiellement le matériel qu'il revend, n'apporta pas le même soin à la transmettre en Amérique et négligea certains points importants pour nous. Quand nous reçûmes l'adaptateur (6 mois plus tard!) il n'était pas conforme et ce qui est grave, l'importateur s'avéra incapable de le transformer — que faire ? Refuser: c'est très compliqué (administrativement). Le retard était con-

(suite page 31)

L'ENREGISTREMENT MAGNETIQUE

Les principes de l'enregistrement magnétique ont été découverts vers la fin du siècle dernier par le physicien danois Poulsen. Bien qu'antérieure à l'invention du phonographe, cette découverte est restée à peu près ignorée pendant très longtemps, jusqu'à ce que l'utilisation courante du tube électronique ait permis d'obtenir une amplification importante des signaux très faibles qui étaient enregistrés, sous forme de variations magnétiques, sur un fil d'acier de faible diamètre.

La mauvaise qualité de reproduction fournie par les premiers enregistreurs magnétiques, ainsi que leur coût élevé, ont constitué pendant longtemps un autre obstacle important à la diffusion de ce procédé, qui était considéré davantage comme une curiosité que comme un moyen pratique. A la suite des énormes progrès de l'électronique, on est parvenu à construire des appareils, permettant l'enregistrement magnétique des sons, qui sont nettement supérieurs aux procédés d'enregistrement sur disques.

Avant d'entrer dans le détail des techniques de base de l'enregistrement magnétique, il convient d'étudier les propriétés magnétiques de quelques substances et de développer ce que nous avons déjà dit à ce propos précédemment.

LES CORPS FERROMAGNETIQUES

Introduisons un corps dans un champ d'induction magnétique; selon sa nature, son comportement sera différent en effet:

a) Les substances «diamagnétiques» provoqueront une faible déviation des lignes d'induction vers l'extérieur (figure 1-A). Elles sont repoussées par le champ vers les régions où celui-ci est le plus faible. Elles ne présentent pas d'hystérésis.

b) Les corps «paramagnétiques» provoqueront, au contraire, une faible déviation en sens inverse, c'est-à-dire vers eux (figure 1-B). Ils sont attirés vers les régions où le champ a la plus forte valeur. Ils ne présentent pas d'hystérésis.

c) Les corps «ferromagnétiques», qui sont ceux qui présentent le plus grand intérêt pratique dans cette étude, produiront une forte déviation des lignes d'induction du champ magnétique qui se concentre vers eux (figure 2). Ils sont attirés avec force vers les régions où le champ est le plus intense. Ils présentent le phénomène d'hystérésis; leur perméabilité est très grande.

Les substances ferromagnétiques peuvent se subdiviser en deux catégories: les corps ferromagnétiques **doux** et les corps ferromagnétiques **durs**. Dans les premiers, l'animation induite par un champ d'induction magnétique externe disparaît quand celui-ci cesse. Les substances ferromagnétiques «dures» se comportent d'une manière très différente, que nous allons étudier ci-dessous.

Supposons que nous introduisons un tel corps dans une bobine parcourue par un courant dont on peut régler manuellement l'intensité. Les lignes d'induction vont se concentrer dans ce corps d'autant plus fortement que les propriétés magnétiques de cette substance sont plus marquées. En termes scientifiques usuels, on dit que la densité du flux magnétique augmente avec l'augmentation de la perméabilité magnétique du corps examiné.

Maintenant, faisons varier l'intensité du courant passant dans la bobine de manière que l'excitation magnétique qu'elle produit varie linéairement de 0 à une valeur $+H$. Dans un tel cas, l'aimantation induite dans le corps varie suivant la ligne en trait discontinu (figure 3). On remarquera que la variation de l'induction magnétique B n'est pas linéaire et qu'en outre, au delà d'une certaine valeur de H , B n'augmente plus (en effet, la ligne en trait discontinu a tendance à devenir parallèle à l'axe des abscisses).

Si nous diminuons maintenant l'intensité du courant passant dans la bobine de telle sorte que l'excitation magnétique varie linéairement de $+H$ à 0, on devrait s'attendre à trouver une diminution de la valeur de B suivant, en sens inverse, la ligne en trait discontinu parcourue précédemment. Il n'en est rien, on constate en effet que, pour les substances ferromagnétiques «dures», B diminue plus lentement que prévu et suit la ligne passant par le point de **magnétisme rémanent** ou **aimantation rémanente**. En d'autres termes, quand le champ inducteur H s'annule, le champ induit B garde une valeur permanente B_r . Ceci est le phénomène que l'on désigne sous le nom de **persistance magnétique** et qui est fondamental en ce qui concerne l'enregistrement magnétique.

Si nous augmentons H dans le sens inverse, jusqu'à la valeur $-H_c$ (force coercitive), après quoi il change de sens et augmente en sens inverse. Dans ce cas également, passé une certaine valeur $-H$, B n'augmente plus. Maintenant, si nous fermons le cycle en augmentant

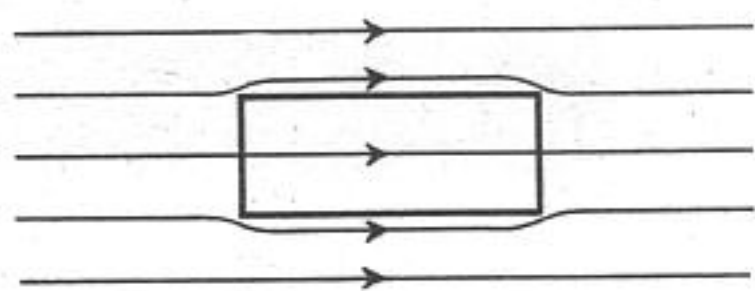


Fig. 1-A - Déviation vers l'extérieur des lignes d'induction magnétique, provoquée par la présence d'une substance diamagnétique, c'est-à-dire réfractaire à l'énergie magnétique.

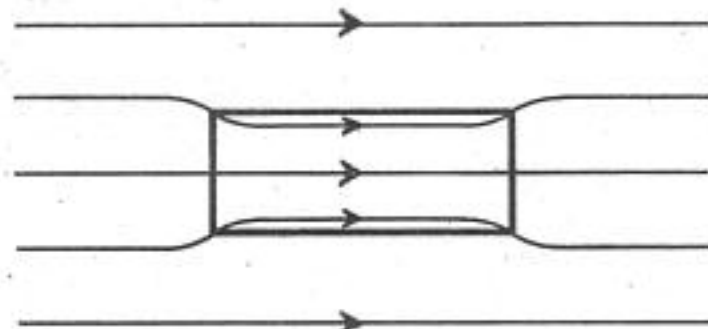


Fig. 1-B - Faible déviation vers l'intérieur des lignes d'induction magnétique, provoquée par la présence d'un corps paramagnétique.

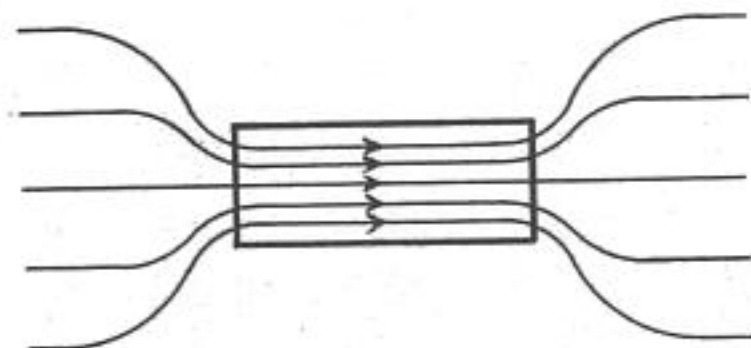


Fig. 2 - Concentration des lignes d'induction dans un corps ferromagnétique. La forte perméabilité de la substance contraint toutes les lignes à la traverser.

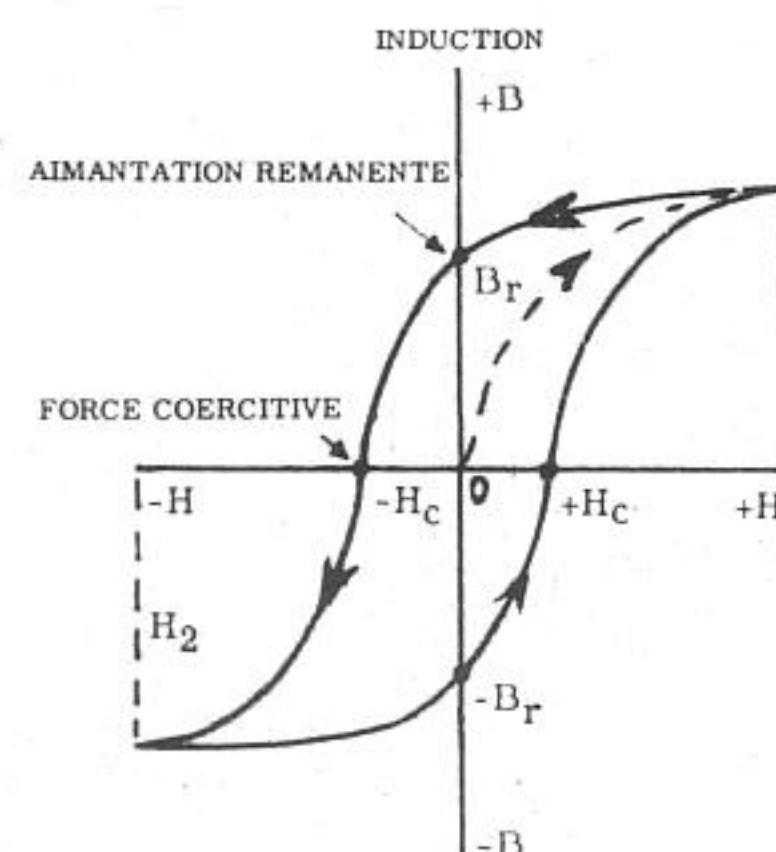


Fig. 3 - Cycle d'hystérésis pendant l'aimantation et la désaimantation. Sur l'axe horizontal sont portées les valeurs de l'excitation magnétique (H), et sur l'axe vertical l'intensité de l'aimantation (induction magnétique B).

linéairement l'excitation magnétique de $-H$ à $+H$, B suivra la courbe indiquée sur la figure, en passant par les points $-B_r$ (magnétisme rémanent négatif) et $+H$ (force coercitive).

Ce cycle, appelé **cycle d'hystérésis**, est un phénomène fondamental en ce qui concerne l'enregistrement magnétique des sons car, comme nous le verrons, c'est l'aimantation rémanente qui est utilisée pour l'enregistrement et la reproduction, tandis que la force coercitive sert à l'effacement.

L'ENREGISTREMENT

Sous peu, nous nous occuperons d'une manière détaillée des rubans magnétiques, c'est-à-dire du support utilisé pour l'enregistrement; disons dès à présent, qu'ils sont constitués par un ruban en matière plastique (polyester, mylar, etc.) servant de support, recouvert d'une mince couche d'oxyde de fer. L'oxyde de fer est une substance qui, lorsqu'elle est introduite dans un champ d'induction magnétique, se comporte de la manière étudiée plus haut à propos des corps ferromagnétiques «durs».

La tête magnétique d'enregistrement comprend essentiellement une bobine enroulée sur un circuit magnétique pourvu d'un petit entrefer (figure 4). Supposons qu'une telle bobine soit parcourue par un courant continu; il se produira un champ d'induction magnétique tel que, si l'on dispose un ruban magnétique devant cet entrefer, l'aimantation de celui-ci se fera suivant les lignes fléchées.

On peut en déduire que les lignes d'induction magnétique parcourent tout le circuit magnétique de la tête, puis, en face de l'entrefer, s'ouvrent pour pénétrer dans l'oxyde de fer recouvrant le ruban.

On comprendra facilement que si nous faisons défiler le ruban devant la tête, pendant que la bobine est parcourue par un courant continu, le ruban s'aimantera uniformément sur toute sa surface en regard de l'entrefer (phénomène de l'aimantation rémanente). Au fur et à mesure qu'une portion du ruban s'approche de l'entrefer, l'excitation magnétique dans lequel il est

plongé augmente d'intensité jusqu'à une certaine valeur; l'aimantation suit donc la première branche de la courbe d'hystérésis de la figure 3 (ligne en trait discontinu).

Par suite du défilement, la portion de ruban considérée ci-dessus, s'éloigne ensuite et l'excitation magnétique affectant cette zone va en diminuant de sa valeur maximale à 0; le champ induit permanent est égal à $+B_r$. Cela se produit évidemment pour toutes les petites portions de ruban passant devant l'entrefer: on obtient donc, en définitive — comme nous l'avons dit plus haut — une aimantation constante du ruban égale à $+B_r$.

Supposons maintenant que la bobine de la tête d'enregistrement, au lieu d'être parcourue par un courant continu, le soit par un courant alternatif ou, mieux encore, par un courant de modulation basse fréquence. Dans ce cas, l'excitation magnétique va varier en intensité et en fréquence au rythme des signaux BF. Ses variations reproduiront fidèlement le son que l'on veut enregistrer. Le champ d'induction magnétique induit sur le ruban lors de son défilement devant l'entrefer, sera proportionnel à l'excitation et — par suite du phénomène d'aimantation rémanente — sera fixé d'une manière permanente sur le ruban. En effet, pour toute valeur instantanée du courant qui passe dans la bobine il se produit, sur l'étroite zone de ruban qui passe à cet instant devant l'entrefer, une aimantation rémanente ($+B_r$ ou $-B_r$, selon que l'alternance est positive ou négative) qui lui est proportionnelle.

La polarisation ou prémagnétisation - Pour réaliser des enregistrements fidèles des signaux BF appliqués à la tête, divers facteurs doivent être pris en considération.

Regardons la courbe du cycle d'hystérésis de la figure 3: nous pouvons remarquer que son allure générale n'est pas linéaire. C'est pour montrer cela d'une manière explicite que nous avons volontairement figuré un cycle correspondant à des intensités limites $+H$ et $-H$, c'est-à-dire telles que pour une augmentation plus forte de H , B ne varie plus. Par contre, si nous considérons des valeurs plus faibles de l'excitation magnétique, on obtient un cycle d'hystérésis du type de

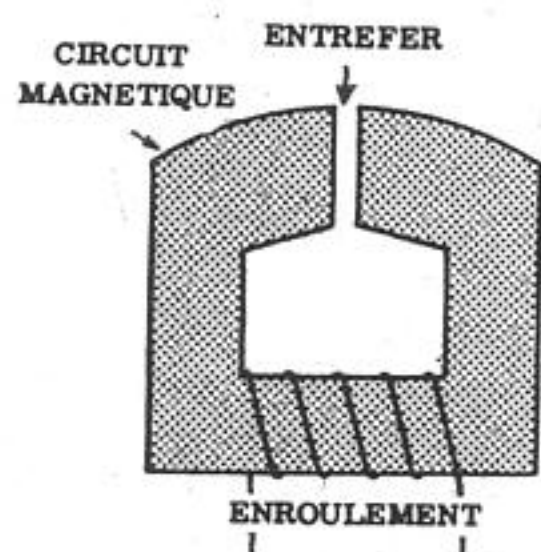


Fig. 4 - Structure simplifiée d'une tête pour enregistrement magnétique. L'entrefer a été représenté très fortement agrandi.

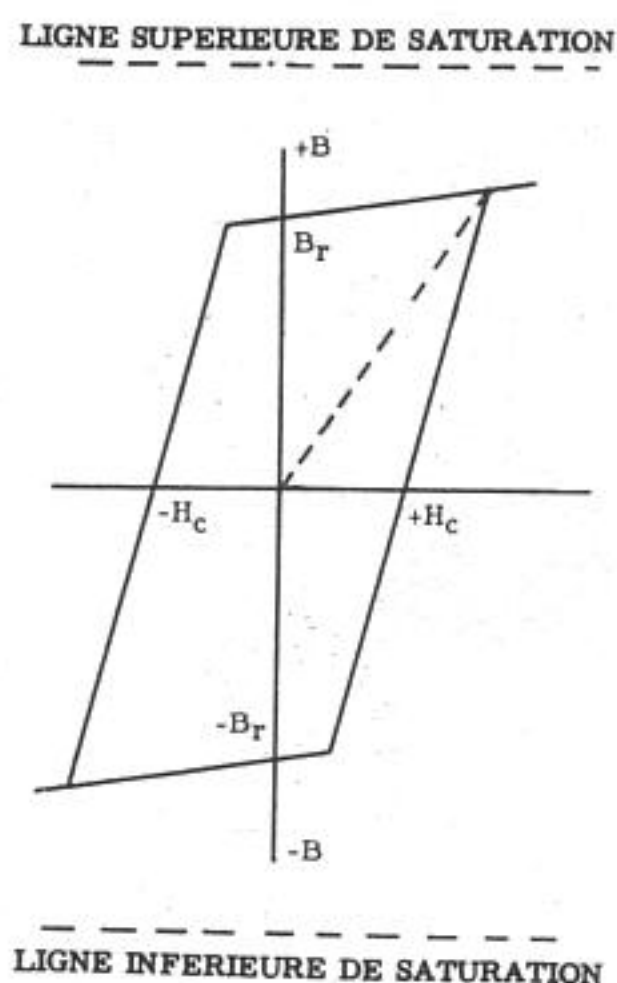


Fig. 5 - Partie rectiligne du cycle d'hystérésis, très loin des limites de saturation.

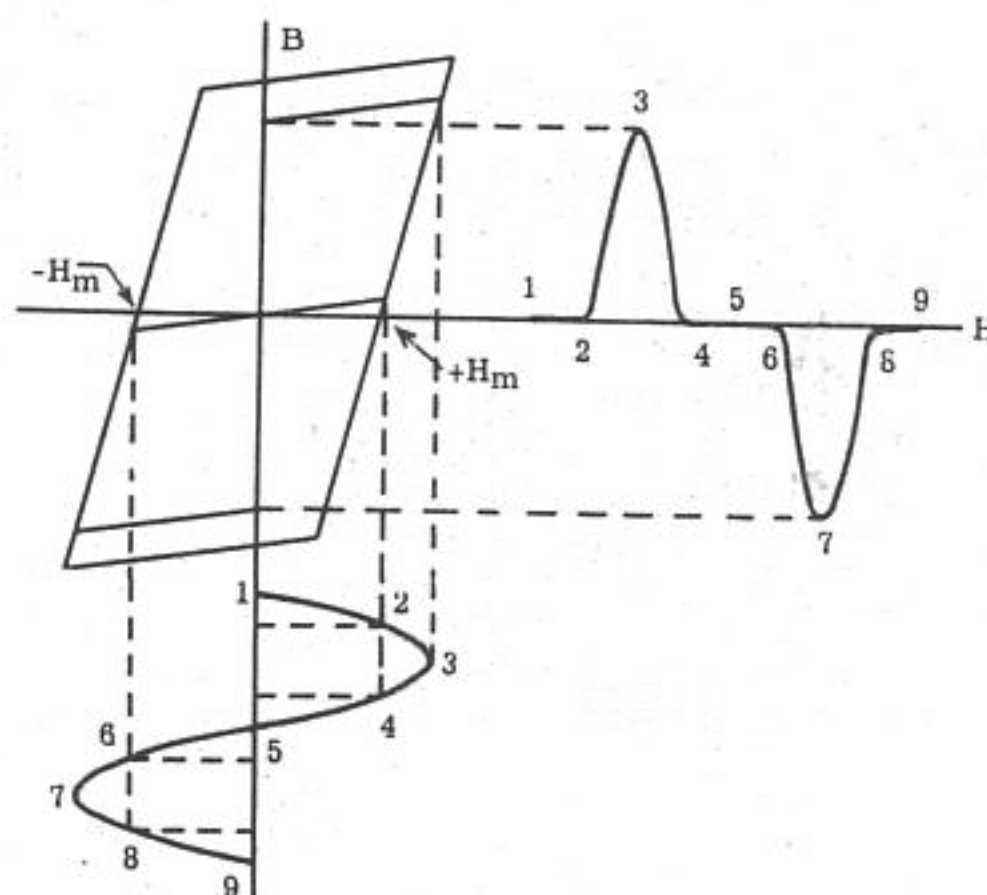


Fig. 6 - Distorsion de la forme d'un signal enregistré sans polarisation supersonique.

celui représenté sur la figure 5. Celui-ci — comme on le voit — permet d'obtenir une meilleure linéarité puisque comme cela est indispensable pour un enregistrement fidèle, le champ d'induction et le magnétisme rémanent sont proportionnels à l'excitation.

Il faut également tenir compte d'une autre source possible de distorsions, plus difficile à éliminer. Si, en ce qui concerne le phénomène de non linéarité il suffit, pour l'annuler, de maintenir le signal BF envoyé dans la bobine de la tête au dessous d'une certaine valeur limite, par contre, pour éliminer la source de distorsions dont nous allons parler, il faut utiliser une **tension de polarisation**.

Le cycle d'hystérésis, représenté sur la figure 5, est valable pour des valeurs de $+H$ et de $-H$ maintenues dans des limites données. Par contre, si l'on descend au dessous d'une certaine valeur critique, H_m , la rémanence magnétique ne se produit plus, ce qui veut dire que dans ce cas l'aimantation rémanente est nulle. Ainsi donc, la partie du signal qui détermine une excitation magnétique comprise entre $-H_m$ et $+H_m$ ne sera pas enregistrée sur le ruban (voir figure 6). On devine aisément que pour des valeurs supérieures à H_m le signal sera enregistré, mais qu'il sera très fortement déformé car, dans cette portion de la courbe, le magnétisme rémanent ne sera pas proportionnel à l'induction. En résumé, il faut donc :

a) faire en sorte que le signal BF soit maintenu dans des limites telles qu'en aucun cas on ne dépasse la valeur $\pm H$;

b) ne pas travailler en des points où l'excitation est inférieure à un certain minimum.

Tandis que pour le paragraphe a) la solution est facile, on ne voit pas immédiatement une solution possible en ce qui concerne b), puisque — de quelque manière qu'on agisse sur l'amplitude du signal BF — comme ce sont des tensions alternatives qui sont en cause, nous aurons toujours un point où la tension s'approchera de la valeur zéro.

Pour résoudre ce problème, supposons que nous appliquions à la tête d'enregistrement, outre le signal BF de modulation, une autre tension à fréquence ultra-

sonore du type de celle représentée sur la figure 7-A. Cette tension (dite de polarisation ou de prémagnétisation) ne produit aucune perturbation lors de la reproduction, car étant d'une fréquence supérieure à la limite d'audibilité, elle ne donne aucune sensation auditive. Si nous faisons la somme du signal BF et de la tension à fréquence ultra-sonore (signal de la figure 7-B superposé à celui de la figure 7-A), nous obtenons le signal de la figure 7-C. En procédant ainsi, nous avons transposé les signaux BF dans une portion du cycle d'hystérésis sensiblement linéaire. Naturellement pour arriver à un tel résultat il faut déterminer avec soin l'amplitude de la tension de polarisation pour éviter de dépasser la valeur de l'excitation maximum et, dans le même temps, de ne pas descendre au dessous de la valeur minimale. On comprend donc que le niveau d'enregistrement soit très critique, en effet si le signal BF a une trop forte amplitude, on « module » la fréquence de polarisation d'une façon excessive et l'on risque de dépasser les limites permises.

Avec ce système, les deux signaux BF, supérieur et inférieur, sont lus en même temps — lors de la reproduction — ce qui entraîne une annulation par compensation des distorsions provoquées par une éventuelle non linéarité de la partie de la courbe d'hystérésis choisie pour l'enregistrement. Cela est, dans une certaine mesure, comparable à ce qui se passe dans un amplificateur « push-pull » en classe B qui donne une distorsion plus faible qu'un étage amplificateur à un seul tube, par le fait que l'on a deux distorsions complémentaires qui s'annulent réciproquement.

La tête de lecture est du même type que celle d'enregistrement et c'est d'ailleurs pourquoi, dans la plupart des cas, la même tête remplit les deux fonctions. Par contre, une tête séparée est utilisée, de la façon, que nous verrons plus loin, pour l'effacement des enregistrements.

LA LECTURE

Pour comprendre comment s'opère la lecture, il convient de rappeler quelques notions fondamentales de l'électromagnétisme.

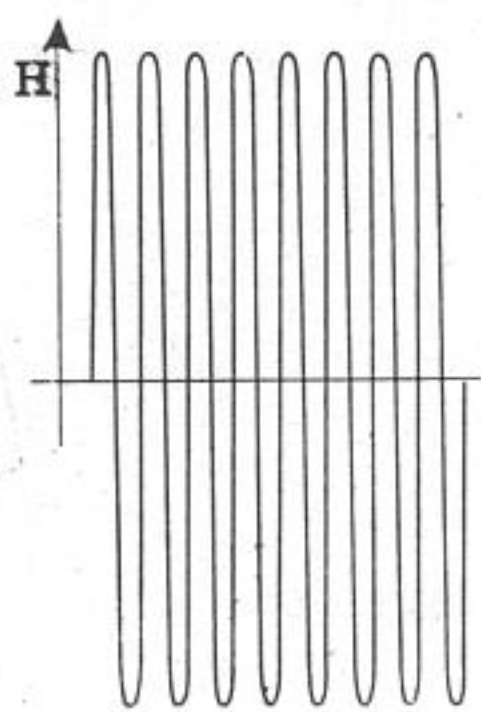


Fig. 7-A - Tension alternative de polarisation à fréquence et amplitude constantes.

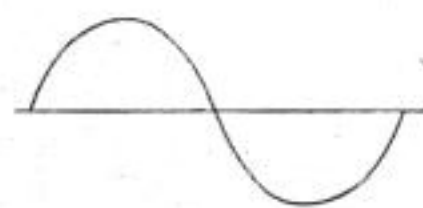


Fig. 7-B - Signal Basse Fréquence à enregistrer.

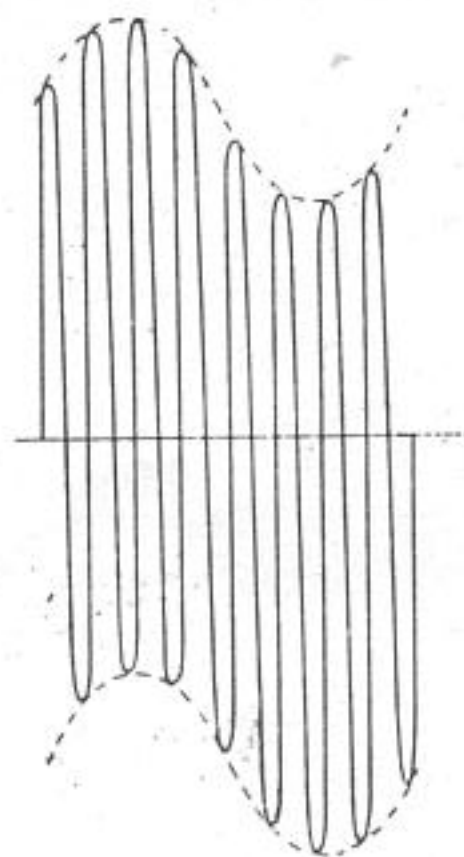


Fig. 7-C - Superposition des deux signaux.

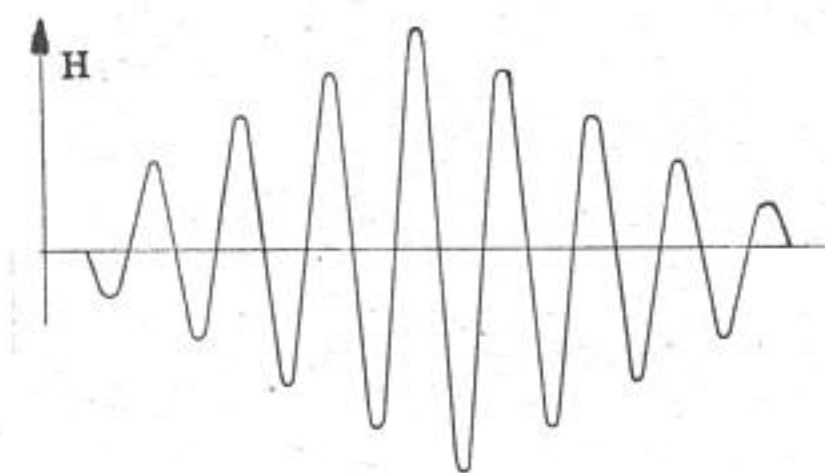


Fig. 8 - Courbe d'amplitude de l'excitation magnétique auquel chaque portion du ruban est soumise pendant son passage devant la tête.

Si l'on place une bobine dans un champ d'induction magnétique constant, aucun courant n'y passe à l'exception d'une impulsion initiale. Par contre, si le champ est variable, il se développe dans la bobine un courant proportionnel à la vitesse de variation du flux magnétique. Ainsi, lorsqu'un ruban magnétique enregistré (c'est-à-dire porteur d'une aimantation, d'un champ d'induction magnétique variable) défile devant la tête, il induit dans l'enroulement de celle-ci un courant qui suit fidèlement les variations du champ enregistré sur le ruban. Naturellement, pour obtenir une reproduction fidèle, il faut que le défilement se fasse à la même vitesse que lors de l'enregistrement.

Le faible courant induit dans la bobine de la tête de lecture est envoyé à un pré-amplificateur à tubes ou à transistors, puis à un amplificateur de puissance et à un haut-parleur. Ce que nous venons de décrire est le cycle complet enregistrement-reproduction; il nous faut considérer, maintenant, une autre fonction que doivent remplir les enregistreurs magnétiques sur ruban, à savoir: l'effacement.

L'EFFACEMENT

Une des caractéristiques qui font préférer très souvent le procédé d'enregistrement magnétique sur ruban à l'enregistrement sur disques, réside dans la possibilité que l'on a d'effacer un enregistrement sur un ruban pour le remplacer par un autre, et cela autant de fois qu'on le veut.

Pour expliquer ce qui précède, considérons à nouveau le cycle d'hystérésis: nous constatons que l'aimantation rémanente peut être totalement annulée en appliquant une excitation magnétique égale à la force coercitive. Plus précisément, comme on peut le voir sur la figure 3, il faudra appliquer une excitation $-H_c$ pour éliminer l'aimantation rémanente $\pm B_r$, ou une excitation $+H_c$ pour annuler $-B_r$.

Imaginons que nous fassions défiler un ruban magnétique devant une tête d'enregistrement dont la bobine est parcourue par un courant alternatif de fréquence assez élevée (50 kHz, par exemple) et examinons ce

qui se passe dans une petite portion du ruban lorsqu'il s'approche de l'entrefer, passe devant et s'en éloigne.

Quand la portion de ruban considérée entre dans la zone d'action de l'excitation magnétique produite par la bobine, il commence à intercepter une partie des lignes d'induction. Etant donné qu'au début — la distance étant encore grande — il ne capte qu'une faible partie de ces lignes, le cycle d'hystérésis est très réduit; par la suite alors qu'il se rapproche de l'entrefer, l'amplitude de ce cycle devient de plus en plus grande et atteint sa valeur maximale lorsque la portion de ruban considérée passe devant l'entrefer. Après ce passage, le cycle d'hystérésis diminue progressivement avec l'éloignement et devient nul.

L'intensité de l'excitation magnétique à laquelle est soumis le ruban depuis son entrée dans la zone d'influence de la tête, jusqu'à sa sortie, est représentée sur la figure 8. Le phénomène important à retenir est celui-ci: le magnétisme rémanent qui, à chaque instant, est présent sur la portion de ruban considérée est proportionnel à l'amplitude des cycles d'hystérésis successifs, donc à celle de l'excitation magnétique. De ce fait, l'aimantation rémanente augmente pendant que le ruban s'approche de l'entrefer et diminue, jusqu'à devenir nulle, lorsqu'il s'en éloigne.

Par contre, si la bobine était parcourue par un courant alternatif BF l'aimantation rémanente ne serait pas annulée car, les cycles sont relativement longs (fréquence plus basse) et en conséquence — la vitesse de défilement du ruban restant la même — le phénomène de la rémanence magnétique peut se manifester, de façon proportionnelle à la valeur instantanée de la tension basse fréquence à enregistrer.

L'exemple concerne l'utilisation d'un ruban, non encore enregistré, soumis à une fréquence assez élevée (ultra-sonore) Dans ce cas, le résultat pratiquement obtenu est que le ruban, soumis à une excitation magnétique d'une fréquence aussi élevée, reste vierge, c'est-à-dire non aimanté, même après son passage devant la tête d'enregistrement.

Supposons, maintenant, que nous appliquions le même processus à une portion de ruban déjà enregistré.

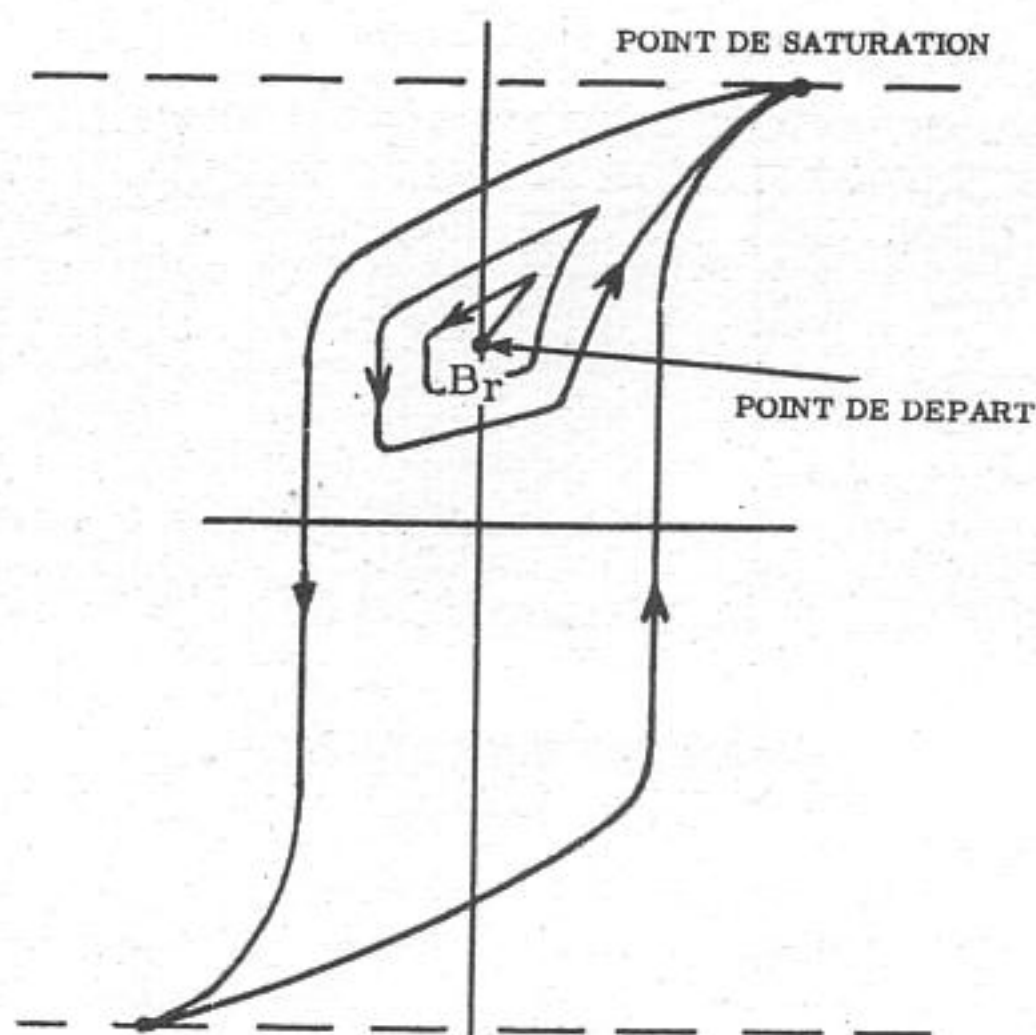


Fig. 9 - Première partie du processus d'effacement (l'excitation augmente).

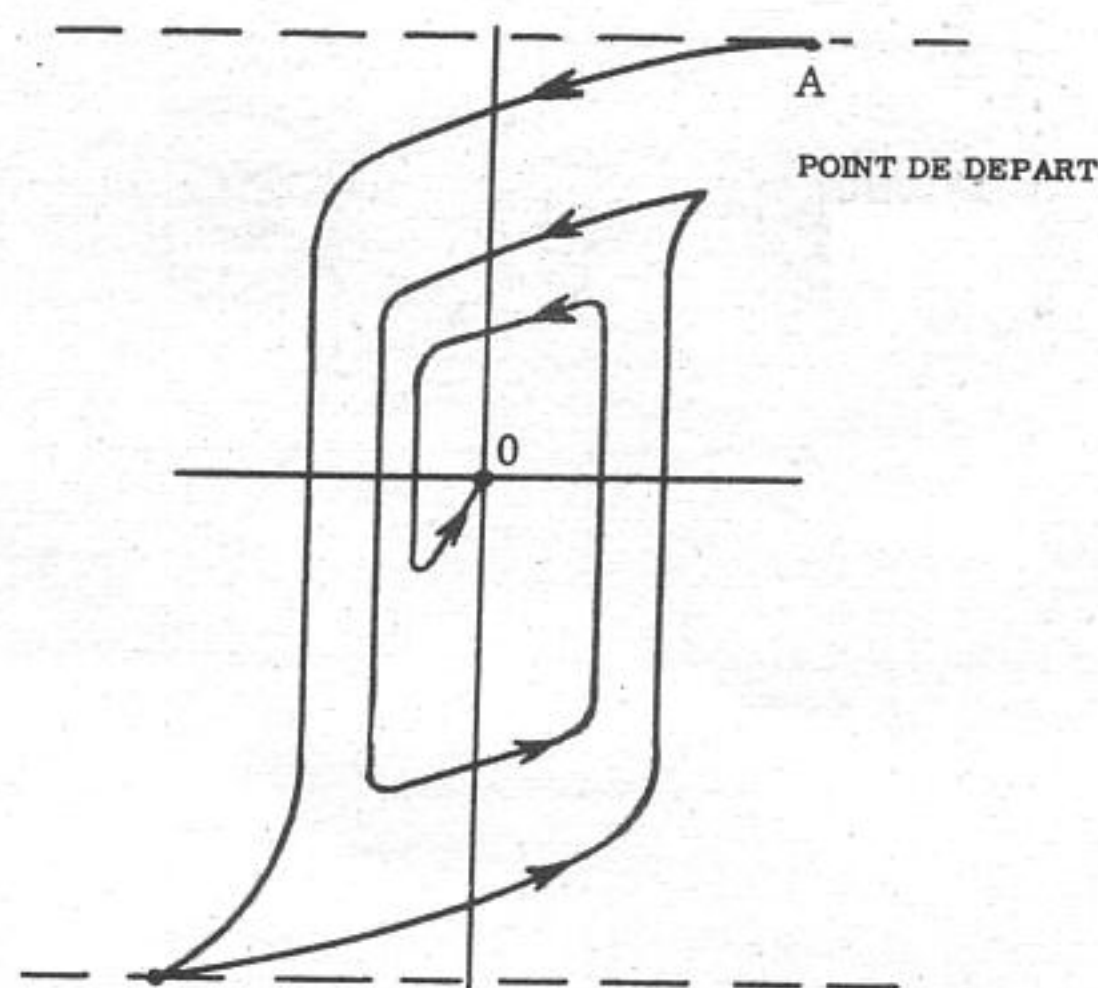


Fig. 10 - Deuxième partie du processus d'effacement (l'excitation décroît).

c'est-à-dire aimanté au moyen de signaux BF. Il présente un certain magnétisme rémanent B_r . Si l'excitation magnétique alternative produite par les tensions à haute fréquence, dont nous avons parlé plus haut, est d'intensité suffisante pour dépasser le niveau de saturation de ruban, les cycles d'hystérésis toujours croissants qui se développent à partir de B_r (voir figure 9) atteignent rapidement le niveau de saturation supérieur (voir la figure) tandis qu'ils continuent à s'étendre vers le bas. Quand l'excitation alternative aura atteint son intensité maximale, on obtiendra un cycle d'hystérésis d'amplitude maximum centré autour du point O. A partir de ce moment, l'excitation alternative commencera à décroître d'intensité (figure 10) et, conséquence de ce qui a été dit plus haut, on parviendra à l'annulation totale du magnétisme rémanent, d'où disparition des signaux MF précédemment enregistrés sur le ruban, c'est-à-dire effacement.

Généralement, répétons-le, la tête d'effacement est séparée et précède, dans l'ordre de passage du ruban, la tête de lecture et d'enregistrement. C'est ainsi que lorsque les commandes du magnétophone sont placées sur la position «enregistrement», une tension à fréquence ultra-sonore est envoyée dans la tête d'effacement, avant tout enregistrement, on pourvoit ainsi à la suppression de tous signaux ayant pu être enregistrés, antérieurement, sur ce ruban.

Nous avons vu jusqu'à présent comment on pouvait, du point de vue théorique, réaliser l'enregistrement et la reproduction des sons au moyen d'un ruban magnétique. Il nous faut étudier maintenant comment on peut construire pratiquement un appareil susceptible d'accomplir ces fonctions. Les parties essentielles d'un enregistreur magnétique, ou magnétophone, sont les suivantes:

- 1) Le ruban magnétique;
- 2) La partie mécanique;
- 3) Les têtes;
- 4) La partie électronique.

Étudions séparément ces éléments, en considérant leurs aspects caractéristiques qui restent sensiblement immuables dans toutes les réalisations pratiques.

LES RUBANS MAGNETIQUES

Comme nous l'avons déjà exposé plus haut, les rubans sont essentiellement constitués par un support en matière plastique sur lequel on a déposé une mince couche d'oxyde de fer. Les qualités à exiger d'un ruban sont très nombreuses si l'on veut obtenir de bons enregistrements.

Il faut avant tout un support plastique d'excellente fabrication. Ce support (ruban) doit être suffisamment flexible pour s'adapter parfaitement aux têtes magnétiques pouvoir être entraîné sans dommage par les différentes poulies constituant le système d'entraînement mécanique. En outre, il doit être aussi mince que possible pour permettre, avec des bobines de dimensions données, une plus grande durée d'enregistrement.

D'autre part, le ruban doit être suffisamment solide pour résister à la traction à laquelle le soumet le système de défilement, ainsi qu'aux secousses éventuelles qui peuvent se produire par suite de fausses manoeuvres. Autre qualité importante, les rubans doivent être insensibles aux variations de température et d'humidité.

Il est évident, qu'en dehors des exigences purement mécaniques que nous venons d'énumérer, les rubans magnétiques doivent posséder certaines qualités électriques toutes aussi importantes. L'oxyde de fer étant déposé sur le support plastique sous forme de petits grains, il faut que les dimensions de ceux-ci ne soient pas supérieures à un micron (millième de millimètre), ceci tant pour des raisons électriques, que nous verrons plus loin, que pour obtenir un ruban parfaitement lisse, afin de réduire au minimum l'usure des têtes.

Les dimensions des grains d'oxyde de fer déterminent la fréquence maximale d'enregistrement — à vitesse de défilement égale — car, chaque grain forme un petit aimant élémentaire dans lequel il ne peut y avoir d'aimantation d'intensité différente; c'est donc de la finesse des grains que dépend la qualité, la fidélité d'une reproduction. D'autres caractéristiques importantes concernent la sensibilité, l'aimantation rémanente et la force coercitive.

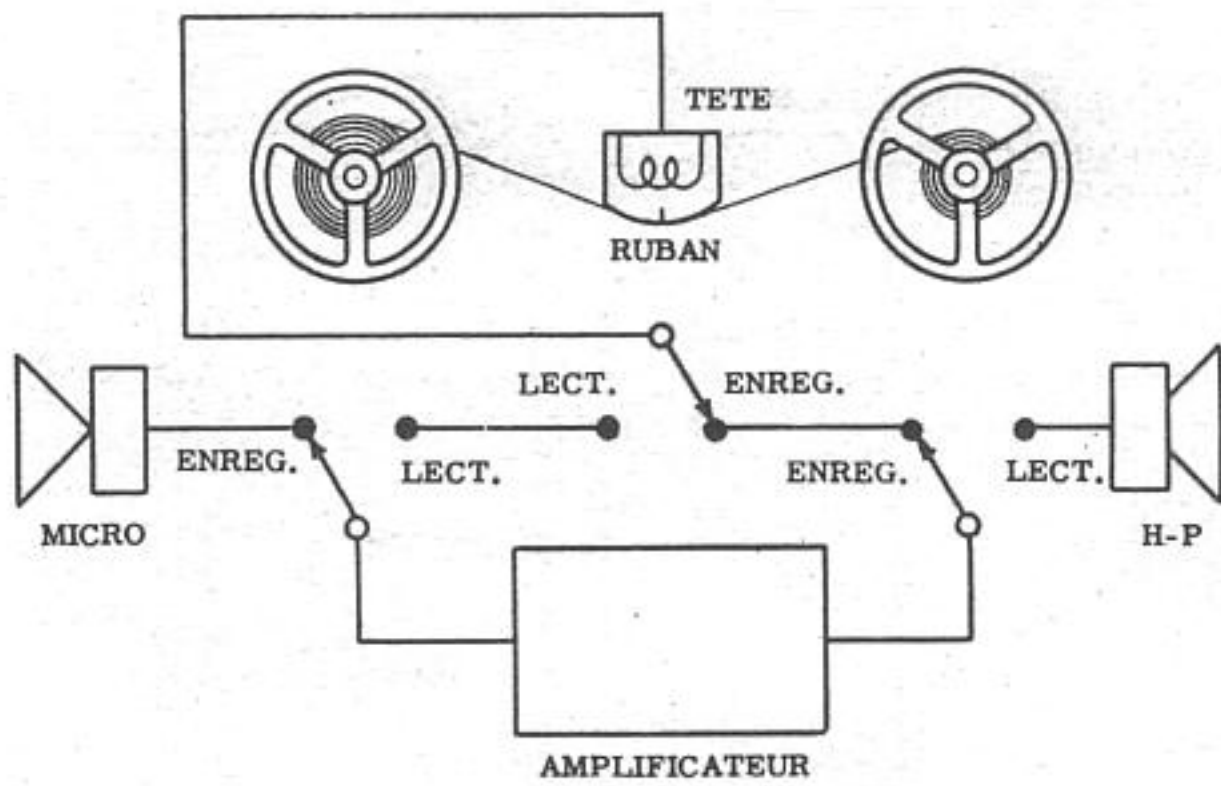


Fig. 11 - Schéma de commutation de la tête unique du microphone et du haut-parleur pour l'enregistrement et la lecture (reproduction).

La fabrication du ruban magnétique est une opération extrêmement délicate et difficile si l'on veut obtenir, comme il se doit, un produit présentant toutes les qualités requises. Elle fait l'objet, aujourd'hui, d'une industrie spécialisée disposant de moyens très importants, principalement dans le domaine de la chimie.

LA PARTIE MECANIQUE

Le mécanisme de défilement du ruban devant la tête est actionné par un ou plusieurs petits moteurs. Au départ, le ruban magnétique est entièrement enroulé sur une seule bobine et, en cours d'enregistrement ou de lecture, après passage devant la tête il s'enroule sur une seconde bobine.

Pour obtenir une reproduction parfaite des sons enregistrés, il est indispensable que la vitesse de défilement soit toujours rigoureusement constante, ceci pour éviter toute différence, même légère, entre la vitesse d'enregistrement et celle de reproduction. Cette régularité est assurée au moyen d'un galet tournant à vitesse constante, couplé à l'axe du moteur d'entraînement; le ruban magnétique est pressé contre ce galet par une poulie caoutchoutée.

Puisque le ruban défile à une vitesse constante et qu'il se déroule d'une bobine pour s'enrouler sur l'autre, il est évident que la vitesse de rotation de la première ira toujours en augmentant, tandis que celle de la seconde ira sans cesse en diminuant ceci en raison de la variation du diamètre de l'enroulement du ruban sur l'une ou l'autre des bobines. Il est donc indispensable de prévoir un dispositif à friction qui entraîne les bobines à la vitesse voulue, pour obtenir un enroulement régulier du ruban. En outre, comme tout magnétophone est muni d'une touche permettant l'arrêt immédiat du défilement du ruban, il faut également un système de freinage bloquant instantanément les deux bobines, pour éviter que celles-ci continuant à tourner par inertie, ne provoquent un enchevêtrement des spires du ruban.

Les magnétophones comportent généralement deux autres commandes permettant l'enroulement rapide des bobines dans un sens ou dans l'autre. Ce défilement

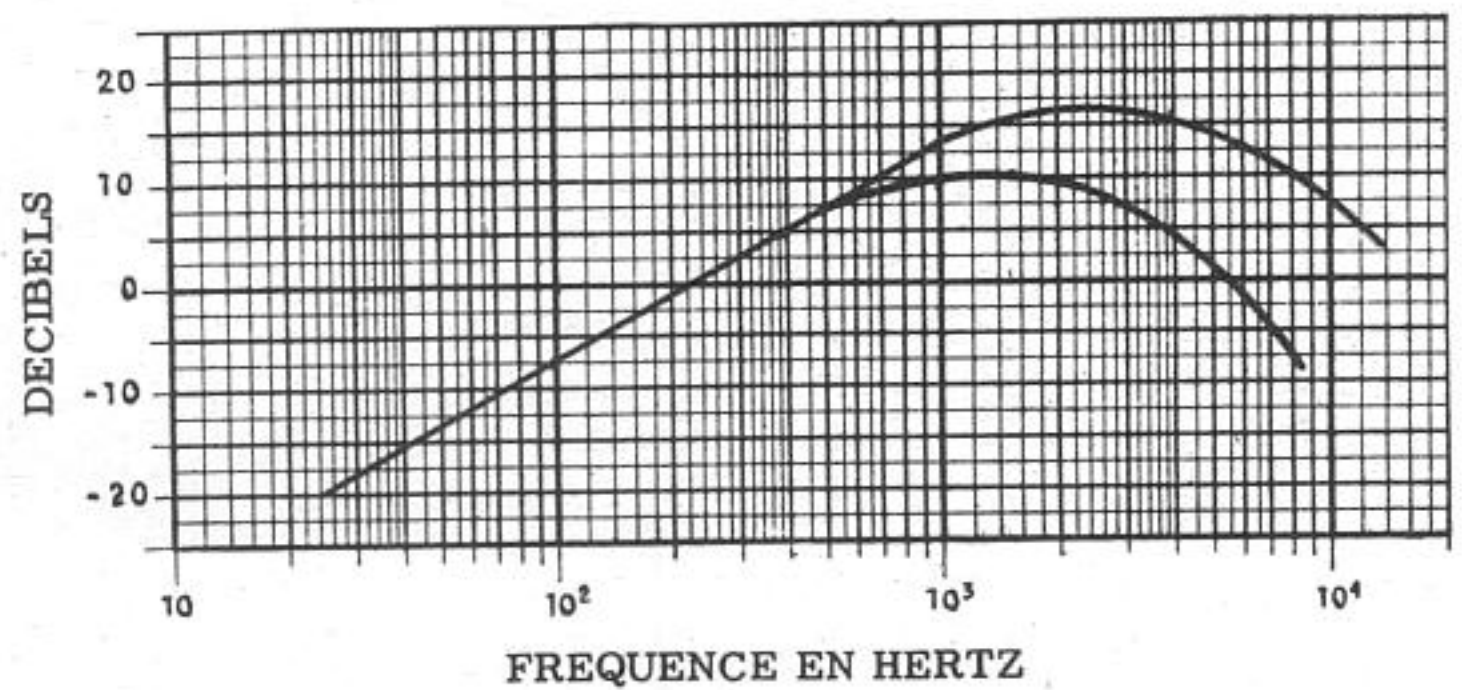


Fig. 12 - Courbe de réponse d'une tête magnétique pour deux vitesses de défilement. La courbe supérieure a été relevée à la vitesse de 19 cm/sec. celle inférieure à 9,5 cm/sec. La plus forte vitesse donne la courbe la plus étendue.

à grande vitesse est extrêmement utile lorsque l'on veut faire passer un enregistrement précédent se trouvant sur une portion du ruban éloignée de celle qui se trouvait présentement devant la tête. Pour l'enroulement rapide, un dispositif à friction transmet une rotation continue à grande vitesse à la bobine sur laquelle doit s'enrouler le ruban, tandis que celui-ci s'écarte des têtes afin d'éviter l'usure qui serait importante.

VITESSE DE DEFILEMENT

La qualité de la reproduction, et, en particulier, la limite supérieure des fréquences pouvant être enregistrées, dépend — en dehors de la qualité du ruban, des têtes et de l'amplificateur — de la vitesse de défilement. En effet, si une vitesse réduite permet d'augmenter la durée de l'enregistrement, elle présente, par contre, l'inconvénient de limiter très rapidement, du côté des fréquences élevées, la bande des fréquences sonores pouvant être enregistrées et reproduites. Ce phénomène peut s'expliquer, d'une part, par ce que nous avons dit à propos de l'effacement par une tension à fréquence ultra-sonore et, d'autre part, en se rappelant que les dimensions des grains et de la fente des têtes magnétiques sont encore trop grandes pour permettre, aux faibles vitesses de défilement, l'enregistrement de signaux à variations très rapides, tels que ceux produits précisément par les fréquences acoustiques les plus élevées.

Les vitesses de défilement les plus courantes sont, actuellement:

a) 76,2 cm/sec et 38 cm/sec, pour les magnétophones professionnels des studios d'enregistrement ou de Radio-diffusion, ainsi que pour certains appareils à haute fidélité.

b) 19 cm/sec, pour les magnétophones semi-professionnels permettant d'obtenir une fidélité de reproduction presque parfait.

c) 9,5 cm/sec et 4,75 cm/sec pour les magnétophones de moins bonne qualité.

En général, les magnétophones du commerce permettent de faire défiler le ruban à trois vitesses dif-

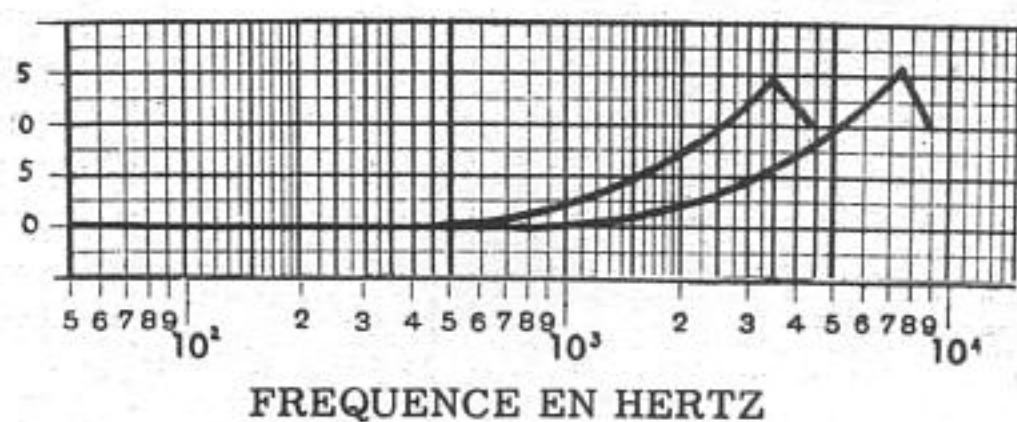


Fig. 13 - Courbe de pré-compensation destinée à améliorer la réponse aux fréquences élevées. La première à gauche se rapporte à la vitesse de 9,5 cm/sec; l'autre, à droite, à la vitesse de 19 cm/sec.

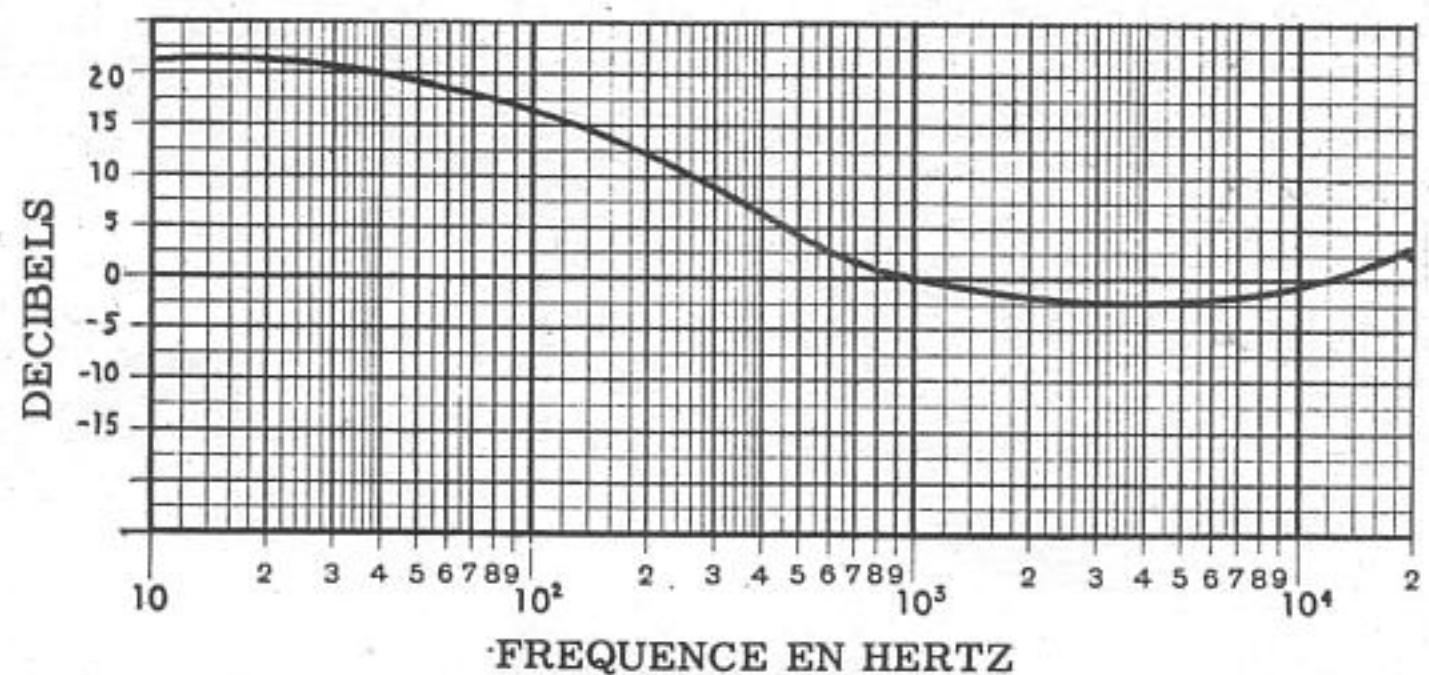


Fig. 14 - Courbe de réponse de l'amplificateur de lecture. Comme on peut le remarquer on réalise une forte post-compensation des fréquences basses et une beaucoup plus faible des fréquences élevées, déjà préaccentuées lors de l'enregistrement.

férentes, au gré de l'opérateur: 19, 9,5 ou 4,75 cm/sec. La première — qui permet l'enregistrement d'une bande de fréquences s'étendant jusqu'à 12 kHz — est généralement employée pour l'enregistrement de la grande musique; la seconde — passant jusqu'à 7 kHz environ sert pour l'enregistrement de la musique légère et la troisième, enfin, — permettant d'atteindre 4 à 5 kHz —, est réservée à l'enregistrement de la parole.

LA PARTIE ELECTRONIQUE

Nous avons déjà étudié très sommairement la tête magnétique. Précisons encore qu'une seule tête étant généralement employée aussi bien pour l'enregistrement que pour la reproduction, il est nécessaire de prévoir une commutation permettant de modifier les différents circuits électriques selon le schéma synoptique de la figure 11. Ce commutateur est couplé à la commande mécanique assurant le passage de la position «enregistrement» à la position «reproduction» ou «lecture».

En ce qui concerne la partie électronique proprement dite, il faut tout d'abord considérer que la réponse de la tête magnétique n'est nullement linéaire en fréquences. La courbe de réponse, sans le dispositif de compensation que nous décrirons plus loin, est du type de celle représentée sur la figure 12 (pour deux vitesses de défilement). On voit qu'il faut relever l'amplification aux fréquences basses et élevées. A cet effet, lors de l'enregistrement on introduit une «pré-compensation» ou «pré-accentuation» des fréquences élevées; elle consiste à amplifier plus fortement l'extrémité supérieure de la bande de fréquences pour compenser les pertes et augmenter le rapport signal bruit. Cette compensation qui se fait, répétons-le de l'enregistrement, est analogue à la pré-accentuation dont nous avons parlé lors de notre étude sur la modulation de fréquence.

La courbe d'amplification requise est celle de la figure 13. On voit que la suramplification des fréquences élevées est très importante, puisqu'elle atteint 15 dB, et l'on pourrait craindre une surmodulation importante. Or, il n'en est rien, en pratique, car l'amplitude

de ces fréquences est généralement assez réduite et se trouve être encore diminuée du fait des pertes inévitables se produisant dans le circuit.

La «post-compensation», qui consiste en une plus forte amplification des fréquences basses, par contre, prend place lors de la lecture, c'est-à-dire au moment de la reproduction. En effet, on ne peut pas relever les fréquences basses pendant l'enregistrement, car on risquerait une surcharge génératrice de distorsions. La courbe de post-compensation est représentée sur la figure 14.

Dans le magnétophone de petites dimensions, on n'introduit généralement pas de post-compensation, elle serait inutile en raison du faible diamètre du haut-parleur et de la petitesse du transformateur de sortie qui ne permettent pas la reproduction correcte des fréquences les plus basses.

EFFACEMENT ET PREMAGNETISATION

Nous avons expliqué le rôle joué par les tensions d'effacement et de prémagnétisation, sans toutefois nous étendre sur le choix de la fréquence de ces tensions alternatives. Bien que ce problème soit du ressort du constructeur de magnétophones, il nous paraît utile d'en dire quelques mots.

Rappelons que la tension d'effacement ou de désaimantation, doit être de fréquence ultra-sonore, c'est-à-dire absolument inaudible pour l'oreille humaine. Elle doit permettre d'obtenir un nombre très élevé de désaimantations complètes (cycles d'hystérésis) dans le but d'éliminer toutes les traces résiduelles d'enregistrements antérieurs. Toutefois, sa fréquence doit rester dans les limites imposées par les pertes inévitables se produisant, par suite des courants parasites dans le circuit magnétique et l'entrefer de la tête d'effacement (ces pertes augmentent avec la fréquence du courant). Une fréquence de 35 kHz satisfait à ces exigences, mais elle est loin d'être normalisée et l'on peut, en étudiant divers modèles de magnétophones du commerce, constater des différences importantes selon la vitesse de défilement, le type de la tête utilisée ou les préférences du constructeur.

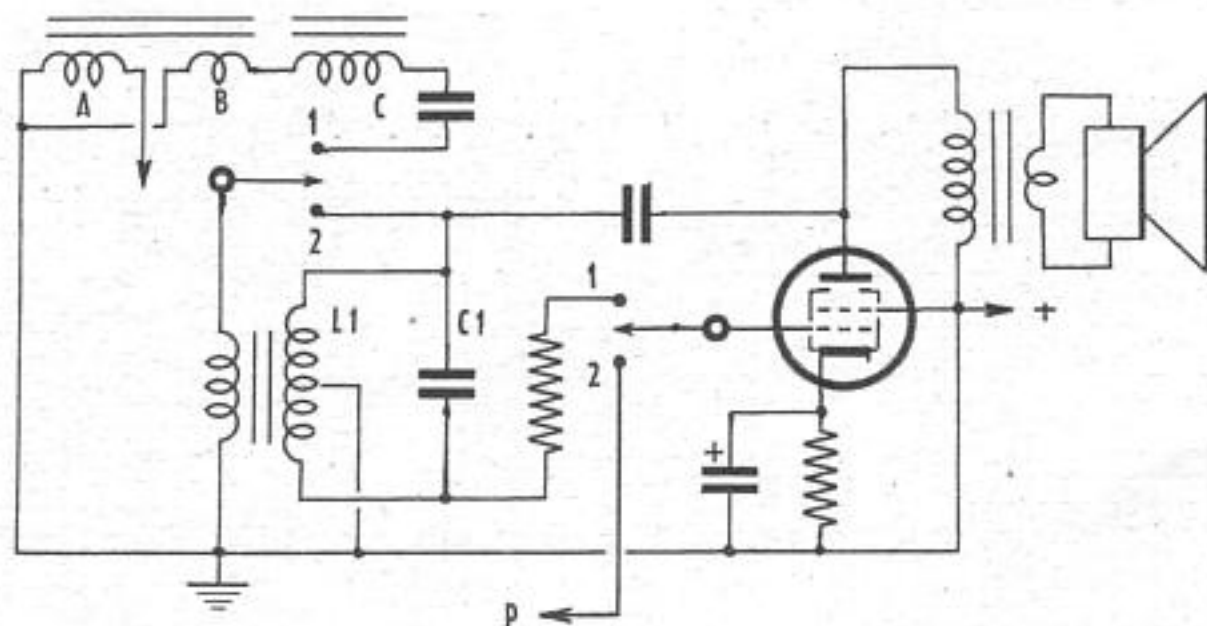


Fig. 15 - Utilisation d'un tube unique, soit comme étage final de puissance BF pour l'écoute (commutateur en position 2), soit comme oscillateur pour la production d'une tension alternative supersonique à amplitude constante pendant l'enregistrement (position 1). Dans ce dernier cas, B et C sont les enroulements de la tête d'enregistrement, tandis que L1 et C1 constituent le circuit oscillant. Pour la lecture, P est relié à la sortie du préamplificateur.

Par contre, la fréquence du courant de prémagnétisation doit être choisie de telle sorte qu'elle soit la plus élevée possible vis à vis de la plus haute fréquence acoustique à enregistrer. Cela est absolument nécessaire pour ne pas introduire des distorsions de non linéarité. En pratique, une fréquence égale à 5 fois la fréquence sonore maximale enregistrable est suffisante. Etant donné que cette fréquence acoustique maximale est en général de 10 kHz, la fréquence de prémagnétisation pourra être de l'ordre de 50 kHz. Les pertes dues aux courants parasites et à l'entrefer ont, dans ce cas, moins d'importance, car le niveau du signal de prémagnétisation est beaucoup moins élevé que celui nécessaire à l'effacement. L'oscillateur produisant ces tensions doit être soigneusement étudié pour éviter, autant que possible, la production de fréquences harmoniques, principalement celles de rangs pairs, qui introduiraient un bruit de fond important lors de la lecture du ruban. Un oscillateur sinusoïdal push-pull, qui, comme on le sait, élimine complètement les harmoniques d'ordre pair, permet de résoudre parfaitement ce problème. Un tel montage, assez onéreux, n'est employé que dans les magnétophones professionnels; dans les magnétophones d'amateur c'est en effet le tube amplificateur BF final qui est également utilisé comme oscillateur HF à l'enregistrement. La figure 15, donne le schéma d'un tel étage mixte avec les commutations nécessaires pour passer d'une utilisation à l'autre.

L'INDICATEUR DE NIVEAU

Comme nous l'avons dit plus haut, le niveau du signal BF appliqué à la tête d'enregistrement est assez critique. En effet, si le signal est trop faible, on évite, il est vrai, la distorsion, mais le rapport signal/bruit de l'enregistrement devient moins bon; le bruit ou le souffle produit par l'amplificateur, la tête ou le ruban lui-même, reste pratiquement constant quel que soit le niveau du signal, donc si ce dernier est d'amplitude trop faible, le bruit parasite prend une importance exagérée. Inversement, si l'on augmente le niveau du signal au delà d'une certaine limite, nous avons vu que

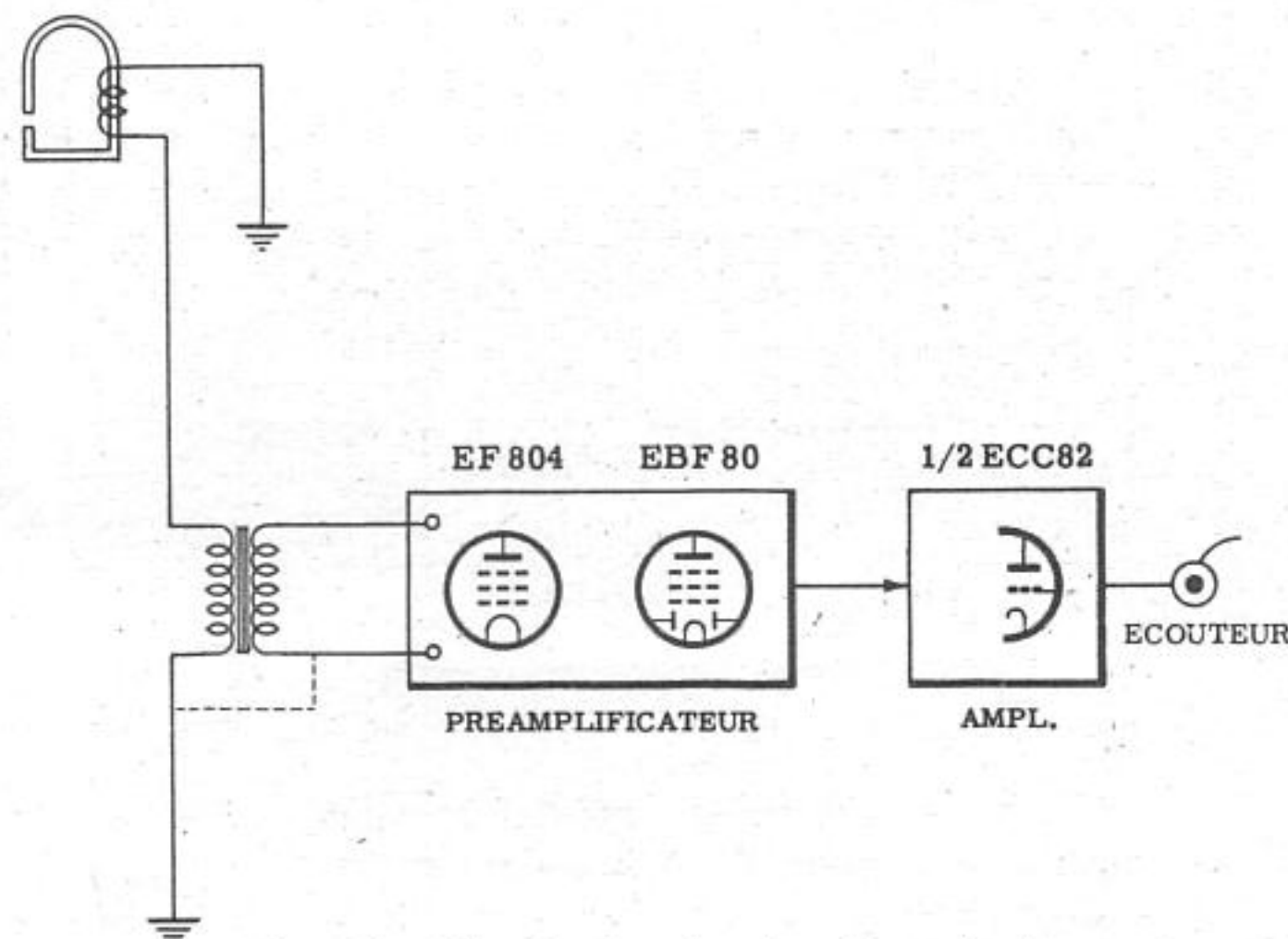


Fig. 16 - Distribution des fonctions des lampes dans un petit magnétophone pendant la reproduction.

l'on risque de surmoduler. Dans ce cas, le champ d'induction trop intense provoquerait des distorsions par saturation.

Pour permettre de régler convenablement le niveau du signal lors de l'enregistrement, presque tous les magnétophones comportent un indicateur de modulation, qui peut être, soit un galvanomètre, comme dans les magnétophones destinés aux usages professionnels, soit un simple indicateur électronique, du type «œil magique», utilisé dans les récepteurs comme indicateur d'accord.

La tension BF est prélevée à la sortie d'un étage amplificateur de puissance dont le circuit d'entrée comporte un potentiomètre de réglage du volume sonore, et après redressement est appliquée à l'indicateur de modulation. L'amplitude du signal appliqué à la tête d'enregistrement est indiquée par une plus ou moins grande ouverture du secteur lumineux.

ENREGISTREMENT MULTIPISTES

Primitivement, la hauteur, ou la largeur, de la bande magnétique nécessaire à un enregistrement avait été normalisée à 6,25 mm; on trouva, par la suite, que les divers perfectionnements intervenus permettaient de faire des enregistrements forts convenables sur moins de la moitié de cette hauteur. De là naquit l'idée, aujourd'hui couramment mise en pratique, d'enregistrer sur un ruban normal une piste en haut et une piste en bas, sur toute la longueur du ruban. Les deux pistes, de 2,25 mm de large, sont séparées par un espace de l'ordre de 1,35 mm. Pour passer d'une piste à l'autre, on peut soit déplacer la tête, soit retourner le ruban. En disposant deux têtes, superposées l'une sur l'autre et fonctionnant simultanément, on a des enregistrements stéréophoniques, c'est-à-dire donnant au son une «troisième dimension» ou «relief».

Enfin, nous devons signaler la méthode d'enregistrement de quatre pistes sur un même ruban. Celles-ci passent deux dans un sens et deux dans l'autre sens de défilement; elles peuvent être soit mitoyennes (il suffit de retourner le ruban une seule fois pour lire les quatre pistes), soit alternées, une dans un sens,

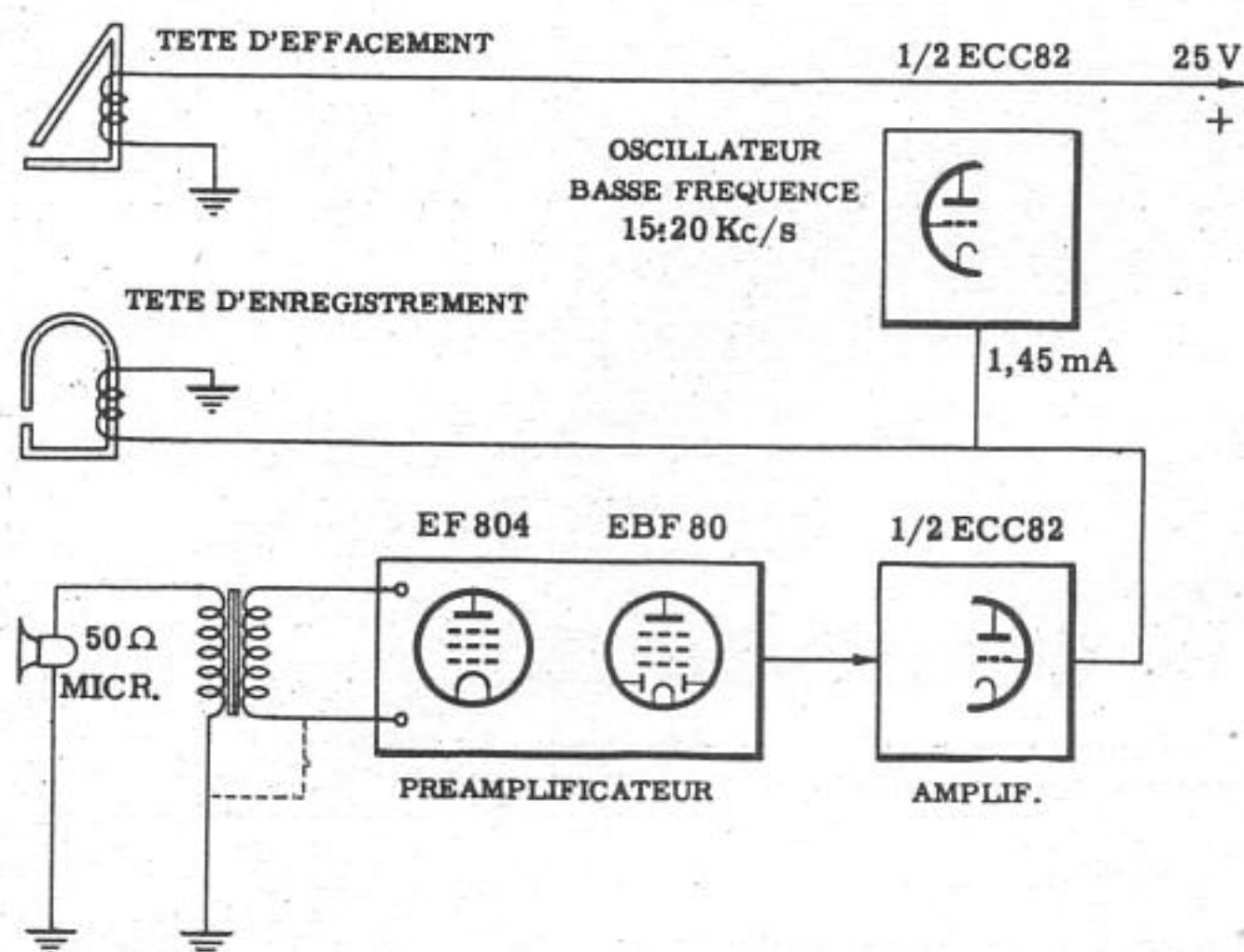


Fig. 17 - Emploi des lampes dans le magnétophone de la figure 16 pendant l'enregistrement.

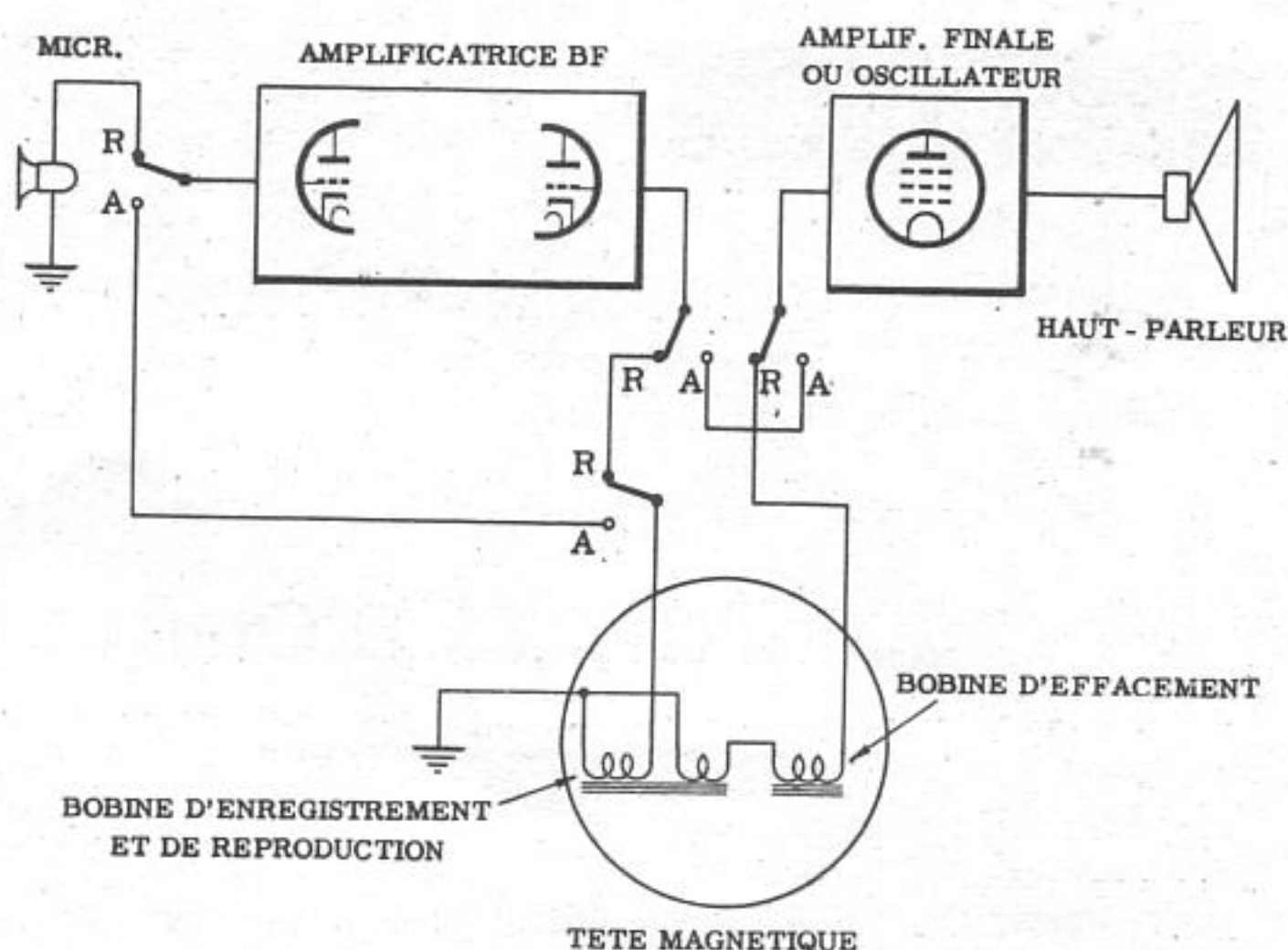


Fig. 18 - Schéma à blocs de l'ensemble électronique d'un petit magnétophone commercial.

l'autre dans l'autre sens, etc... (il faut, alors, retourner deux fois le ruban). Evidemment, avec la technique des quatre pistes, la durée d'enregistrement pour une longueur de ruban est le double de celle réalisée avec deux pistes; nous indiquerons, par exemple, qu'avec une vitesse de défilement de 9,5 cm/sec et 180 mètres de ruban, on obtient une durée totale de fonctionnement de quatre heures trente, en utilisant une seule des quatre pistes à la fois.

L'AMPLIFICATION

Aussi bien pendant l'enregistrement, qu'au cours de la reproduction, il faut que les faibles tensions BF issues du microphone ou de la tête de lecture soient suffisamment amplifiées pour atteindre l'amplitude nécessaire au fonctionnement correct de la tête d'enregistrement ou pour actionner le haut-parleur.

Etant donné que l'étage amplificateur de puissance n'est utile que pendant la reproduction, pour alimenter le haut-parleur, (la tête magnétique d'enregistrement demandant une très faible puissance), le tube amplificateur final est généralement utilisé comme oscillateur supersonique pendant la période d'enregistrement, comme nous l'avons expliqué plus haut. Par contre, le préamplificateur est toujours employé, aussi bien pour l'enregistrement que pour la lecture. Il s'ajoute parfois un étage préamplificateur supplémentaire spécialement prévu pour l'utilisation d'un microphone peu sensible. En effet, les tensions BF délivrées par un microphone sont généralement très faibles comparées à celles pouvant être obtenues à partir d'un récepteur de radio ou d'un tourne-disques. Signalons, à ce propos, que, pour enregistrer sur magnétophone les émissions de radio, on peut prendre la modulation directement sur le secondaire du transformateur BF de sortie, c'est-à-dire aux bornes de la bobine mobile du haut-parleur.

Voir à propos de l'amplification et de sa commutation, les figures 16, 17, 18.

AVANTAGES DE L'ENREGISTREMENT MAGNETIQUE

Une des supériorités importantes, en même temps que la plus évidente, de l'enregistrement magnétique

sur les autres méthodes est constituée par la possibilité d'effacer et d'enregistrer immédiatement un nombre illimité de fois sur un même ruban.

Un deuxième avantage est la meilleure conservation des enregistrements magnétiques comparés à ceux réalisés par des moyens mécaniques. Tandis que ces derniers peuvent être altérés par les poussières, l'usure des sillons, les rayures de tout ordre, le ruban est virtuellement exempt de ces inconvénients. En outre, il peut facilement être réparé, par collage, en cas de cassure. Les réalisateurs de programmes radio utilisent largement cette possibilité (découpage facile) pour réaliser des montages phonographiques et des programmes entiers à partir de sources sonores différentes. L'enregistrement magnétique se conserve indéfiniment dans le temps si l'on prend soin de conserver les rubans dans des boîtes blindées magnétiquement.

Un troisième avantage du ruban réside dans la possibilité de réaliser des enregistrements ininterrompus de grande durée, cela permet de conserver dans leur intégralité, sans coupures, des programmes entiers non divisibles (opéras, conférences...). De plus, l'enregistrement magnétique peut être écouté immédiatement dès la fin de la prise de son, sans aucune autre opération complémentaire, et il ne nécessite pas, comme pour la gravure sur disques, des appareils coûteux et délicats. Cela permet de réaliser des enregistreurs légers et peu encombrants, pouvant être transportés facilement par un seul opérateur, ce qui est particulièrement utile pour les reportage, les conférences... La radio, la presse, se servent journellement de cet auxiliaire indispensable qui a, dans bien des cas, remplacé la sténographie. Dans certaines conditions, l'enregistrement magnétique d'une conversation, directe ou téléphonique, est considérée comme un témoignage juridiquement valable. Les disques phonographiques eux-mêmes sont gravés par les sons préalablement enregistrés sur bande magnétique: le contrôle rapide de l'enregistrement magnétique permet de recommencer immédiatement un passage non satisfaisant, sans être obligé d'attendre les quelques heures nécessaires au pressage du premier disque.

Leçon n° 89

FORMES D'ONDES NON SINUSOIDALES

Les tensions alternatives dont nous nous sommes occupés jusqu'à présent, étaient toutes du type sinusoïdal. Ceci aussi bien pour les très basses fréquences (la tension du secteur à 50 Hz, par exemple), que pour les fréquences très élevées. Nous avons vu comment les inductances, les capacités, les circuits amplificateurs à tubes et à transistors et en général, tous les circuits électroniques, se comportent en présence de ces tensions, et uniquement en présence de celles-ci.

Il convient de noter que, si en ce qui concerne la tension du secteur et les oscillations HF utilisées en radiodiffusion, il s'agit toujours de signaux sinusoïdaux, par contre, dans le cas des BF, c'est-à-dire des signaux électriques qui représentent fidèlement les ondes sonores, on n'a que très rarement affaire à des formes d'onde parfaitement sinusoïdales.

Considérons la tension issue d'un microphone en fonction des différents sons qui peuvent agir sur lui:

- 1) les bruits sont constitués par une succession anarchique d'ondes de forme et de fréquence très diverses, dont l'allure est parfaitement irrégulière;
- 2) les sons émis par la voix humaine présentent une certaine régularité, mais ils sont toujours constitués par des formes d'onde extrêmement complexes;
- 3) les notes émises par un instrument de musique, par contre, produisent des tensions qui peuvent déjà être classées parmi les formes d'ondes périodiques.

Par forme d'onde **périodique**, on entend une succession d'ondes qui, bien que n'étant pas en général sinusoïdales, présentent une certaine régularité dans le temps; c'est ainsi qu'à intervalles de temps égaux (à la période de l'onde en question), elles retrouvent une allure identique à celle du cycle précédent. On obtient ainsi une succession régulière de cycles qui, bien que étant parfois de formes très complexes, sont tous égaux entre eux.

Si nous prenons le signal provenant du son d'un violon — signal représenté sur la **figure 1** — nous voyons qu'un cycle entier, qui va du point A au point B, donne une forme d'onde très différente d'une onde sinusoïdale que nous connaissons bien. Toutefois, ces cycles se répètent les uns à la suite des autres et sont tous égaux entre eux; c'est précisément cette caractéristique qui transforme un son en une note musicale.

On comprendra donc que, pour juger de la qualité d'un amplificateur BF, il ne suffit pas d'étudier uniquement son comportement en signaux sinusoïdaux, mais

également de tenir compte du fait que les sons musicaux peuvent avoir des formes d'onde extrêmement variées qui ne doivent pas être altérées, c'est-à-dire affectées de «distorsions», lors de leur passage dans l'amplificateur.

Mais l'étude des formes d'onde non sinusoïdales n'est pas seulement importante en ce qui concerne la reproduction des fréquences acoustiques. Elles prennent une importance toujours plus grande dans tous les domaines de l'électronique où l'on rencontre très souvent des formes d'onde d'allure géométrique, telles que celles représentées sur les **figures 2** (A-B et C). La figure 2-A représente une onde carrée et rectangulaire, en B une onde en «dents de scie» et une onde triangulaire, en C une onde trapézoïdale et une onde exponentielle. Les formes représentées sur ces figures sont idéales et, dans la pratique, il n'est pas toujours indispensable d'obtenir des signaux aussi parfaits que ceux-ci.

Les formes d'onde géométriques que nous venons d'énumérer ne sont pas produites par des sons, comme celles dont nous parlions au début de cet exposé; elles sont obtenues au moyen de circuits électroniques spéciaux.

COMPOSITION DES ONDES NON SINUSOIDALES

Toutes les études faites dans les leçons précédentes se rapportaient à des signaux du type sinusoïdal. Etant donné que chaque type de forme d'onde se comporte d'une manière différente lors de son passage dans un circuit électronique, on pourrait penser que, pour chaque type, il soit nécessaire de donner une nouvelle théorie des circuits électroniques.

Ceci peut être évité en appliquant le **théorème de Fourier** qui est fondamental pour l'étude des formes d'onde en électronique.

Si nous additionnons plusieurs signaux sinusoïdaux — d'amplitude, de fréquence et de phase différentes — on obtient un signal qui, bien que n'étant plus sinusoïdal, n'en reste pas moins toujours périodique, c'est-à-dire se répétant en des cycles constants. Nous pouvons, alors, nous demander s'il n'est pas possible de faire l'opération inverse, c'est-à-dire, étant donné un signal quelconque périodique non sinusoïdal, de le décomposer en un certain nombre de signaux sinusoïdaux — ayant des amplitudes, des fréquences et des différences — de telle sorte que si l'on ajoute ces signaux entre-eux, il donnent pour résultat le signal de départ.

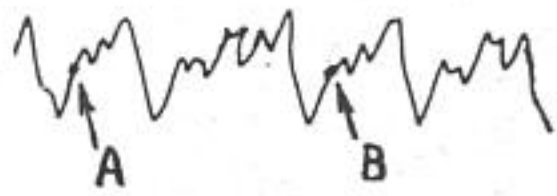


Fig. 1 - Forme d'onde d'un son émis par un violon.

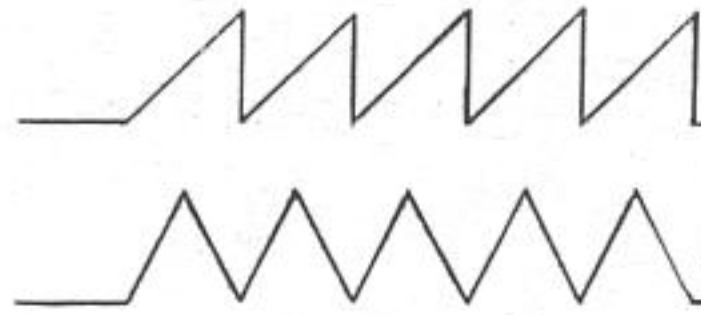


Fig. 2-B - Onde en dents de scie (en haut), triangulaire (en bas).

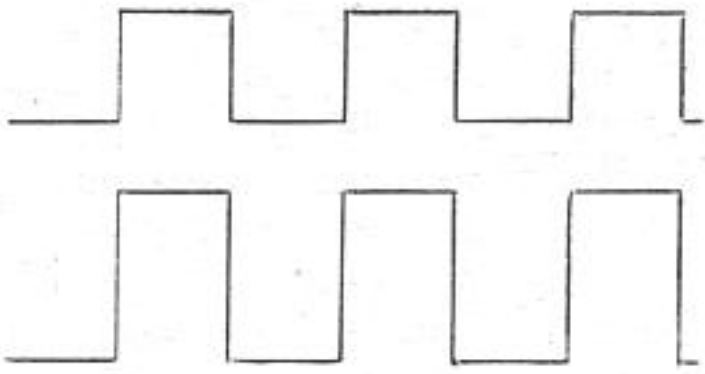


Fig. 2-A - Onde carrée (en haut) et rectangulaire (en bas).

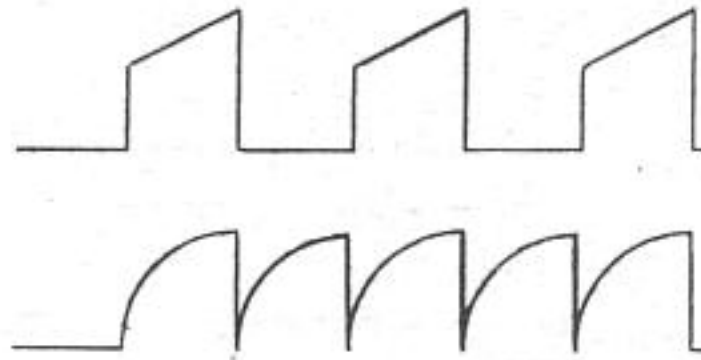


Fig. 2-C - Onde trapézoïdale (en haut), exponentielle (en bas).

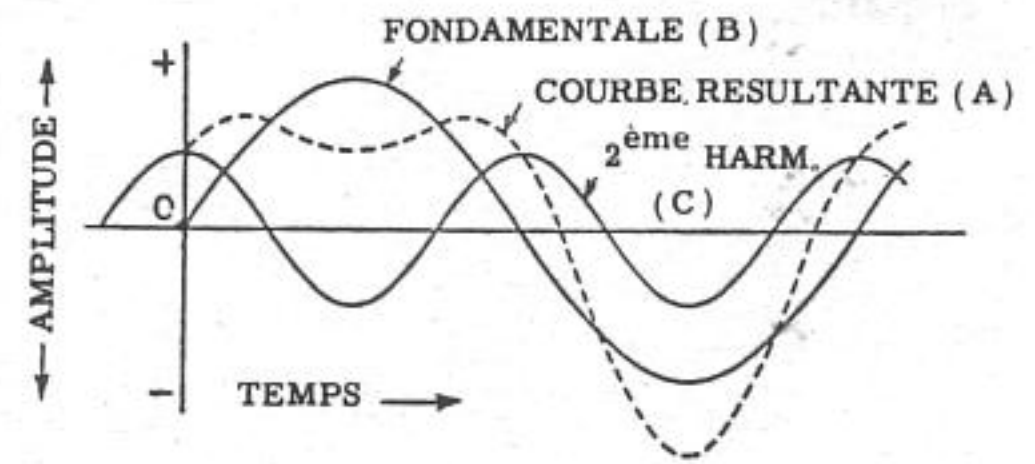


Fig. 3 - Signal périodique (A) formé par la superposition d'une fréquence fondamentale (B) et de la seconde harmonique de cette fréquence (C). Cette forme d'onde peut avoir une allure différente si l'on fait varier la relation de phase des deux signaux superposés.

Le théorème de Fourier répond précisément à cette question, il énonce que: un signal de forme quelconque, pourvu qu'il soit périodique, peut toujours être décomposé en un certain nombre de signaux sinusoïdaux. Les fréquences de ces signaux simples sont: la même que celle du signal d'origine (fréquence fondamentale), la fréquence double (harmonique 2), la fréquence triple (harmonique 3) et ainsi de suite.

Certaines formes d'onde périodiques peuvent se décomposer en un petit nombre d'harmoniques seulement. Par exemple, la figure 3 représente un signal périodique (A) qui peut être décomposé en deux signaux sinusoïdaux seulement (B) et (C) qui sont respectivement la première et la seconde fréquence harmonique. Dans ce cas, les harmoniques supérieures au second ordre n'existent pas.

Par contre il faut recourir très souvent à un nombre très élevé d'harmoniques pour pouvoir représenter exactement un signal donné. Dans certains cas, le nombre des harmoniques qu'il faut considérer est infini. Nous verrons, par la suite, quelques exemples de ces différents types de signaux.

Dans ce dernier cas, toutefois, on peut limiter le nombre des harmoniques utiles en tenant compte du fait que plus l'ordre de l'harmonique est élevé, plus faible est son amplitude et que, par conséquent, son importance diminue, ce qui permet souvent de négliger complètement les harmoniques d'ordre très élevé.

Ainsi, les fréquences des harmoniques composant un signal périodique quelconque peuvent être facilement déterminées en multipliant la fréquence fondamentale par 1, par 2, par 3, et ainsi de suite. Par contre, il est beaucoup moins facile de calculer les amplitudes et les phases de ces harmoniques et, sauf cas particuliers, il faut recourir à des calculs très compliqués que nous laisserons de côté dans cet exposé.

Mais ce n'est pas tout, pour représenter convenablement une onde non sinusoïdale, il faut encore tenir compte de ce qu'on appelle la **composante continue**. En effet, après avoir reconstitué — par le théorème de Fourier — la forme exacte de l'onde originale, il faut

remarquer que celle-ci peut être, soit centrée sur l'axe représentant la tension 0, soit décalée dans le sens positif ou dans le sens négatif. L'amplitude de ce décalage représente justement la composante continue du signal. Par exemple, sur la figure 4, nous voyons en A une onde dont la composante continue est nulle, tandis qu'en B, cette même onde a une composante continue égale à V_c .

Pour étudier le comportement d'une onde périodique non sinusoïdale lors de son passage dans un circuit électronique quelconque, il suffit de la décomposer en ses diverses harmoniques, d'étudier le comportement de chacune d'entre elles puis de recomposer le signal à la sortie.

Ceci est valable aussi bien en ce qui concerne les signaux BF (ou fréquences acoustiques) que les différentes formes d'onde de type géométrique représentées sur la figure 2.

Par exemple, si nous faisons l'analyse de la forme d'onde représentée sur la figure 1 (son du violon), nous obtenons un spectre d'harmoniques du genre de celui de la figure 5. On peut voir que, dans cet exemple, la fréquence fondamentale est de 440 Hz, tandis que les fréquences harmoniques s'étendent théoriquement à l'infini, en pratique jusqu'à 15 000 Hz. Si nous voulons amplifier fidèlement le son de ce violon, il ne suffit donc pas de réaliser un montage laissant passer seulement la fréquence 440 Hz (fréquence fondamentale), mais il faut construire un amplificateur dont la bande passante s'étend au moins jusqu'à 15 000 Hz, du côté des fréquences élevées. Un amplificateur ayant une bande passante plus étroite produirait des distorsions, par défaut d'amplification des harmoniques supérieures, et le signal de sortie n'aurait pas exactement la même forme que le signal d'entrée (distorsion de forme).

Tandis que la hauteur d'un son musical est déterminée par sa fréquence fondamentale, le **timbre** est donné par les différentes harmoniques supérieures. Par exemple, si nous jouons la même note sur un violon et un piano, la fréquence fondamentale est identique, mais, malgré cela, nous distinguons facilement les deux

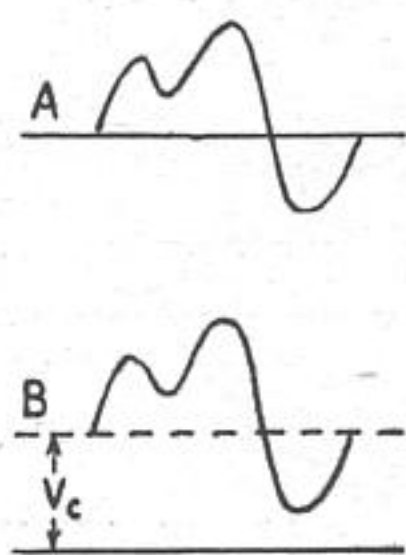


Fig. 4 - (A) Forme d'onde sans composante continue. (B) la même avec composante continue. Comme on le voit, la forme ne change pas.

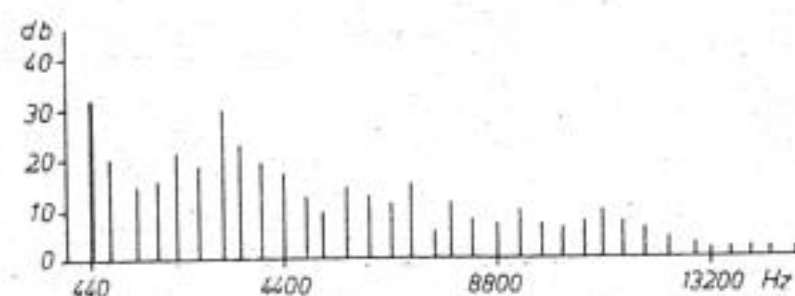


Fig. 5 - Spectrogramme de la note de violon de la figure 1. Les lignes verticales représentent les amplitudes relatives des diverses harmoniques dont la fréquence est indiquée sur l'axe horizontal. La fondamentale est de 440 Hz.

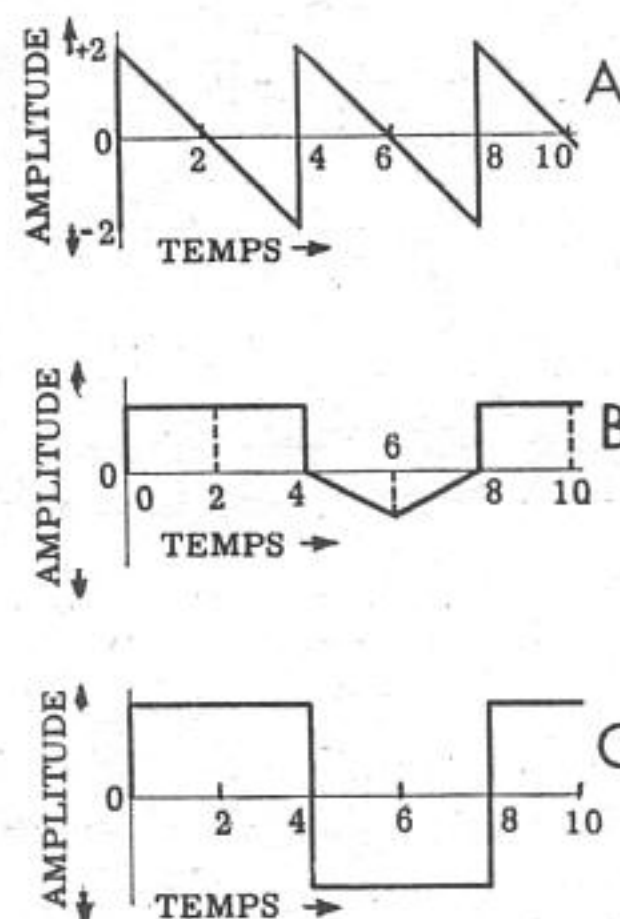


Fig. 6 - Symétrie par rapport à l'axe zéro (A); symétrie « quart d'onde » (B) et « demi-onde » (C).

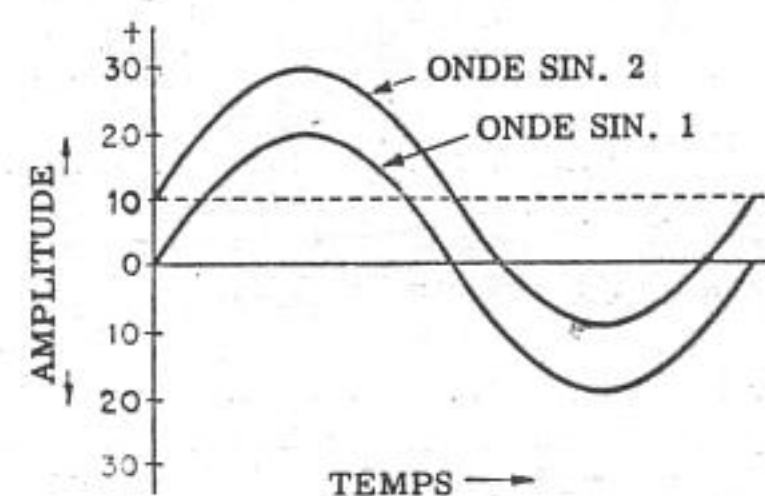


Fig. 7 - Influence de la composante continue sur la symétrie, par rapport à l'axe zéro, d'un signal sinusoïdal. L'onde 2 est identique à l'onde 1, mais elle n'est plus symétrique par rapport à l'axe zéro.

instruments. Ceci résulte du fait que, bien que les harmoniques aient les mêmes fréquences dans les deux cas, ils ont des amplitudes et des phases différentes et leur nombre est également différent. Ainsi, en éliminant les harmoniques supérieures d'un son musical, on le prive de son caractère propre et les sons émis par différents instruments ont tendance à devenir semblables entre eux, c'est-à-dire à prendre le même timbre.

Ceci nous permet donc d'entrevoir la possibilité de produire électroniquement les sons caractéristiques de n'importe quel genre d'instrument de musique, en mélangeant convenablement des signaux sinusoïdaux produits par des oscillateurs dont les fréquences sont toutes des multiples d'une fréquence fondamentale unique.

Ce sujet intéressant, celui de la musique électronique, sera développé au cours d'une leçon ultérieure, mais nous voulons, dès à présent, faire remarquer que la conception d'appareils électroniques, susceptibles de produire des sons musicaux, est entièrement basée sur les procédés de l'analyse harmonique des formes d'onde.

SYMETRIE DE L'ONDE

Pour calculer les amplitudes des harmoniques successif d'une forme d'onde, plusieurs méthodes peuvent être employées. Bien que ces calculs soient généralement assez compliqués, on peut dans quelques cas, en étudiant la forme d'onde à analyser, trouver des éléments nous permettant d'apprécier l'amplitude des harmoniques et, tout particulièrement, de mettre en relief l'absence de certains d'entre eux.

Quand une onde périodique a la même forme au dessus et en dessous de l'axe 0, on dit qu'elle est **symétrique** par rapport à l'axe zéro. Le signal de la figure 6-A est un exemple d'onde symétrique par rapport à l'axe 0. En effet, l'amplitude est +2 à l'instant $t=0$ et devient nulle à l'instant $t=2$. Puis elle descend à -2 pour $t=4$. La partie positive de cette forme d'onde est identique à la partie négative; on a donc une **symétrie** par rapport à l'axe zéro.

Un signal périodique présente une symétrie du type

« quart d'onde », quand les deux quarts d'onde successifs, pendant chaque demi-cycle, sont symétriques. La figure 6-B représente une onde de ce type. Le premier demi-cycle dure depuis l'origine jusqu'au temps $t=4$. Si, du centre de ce demi-cycle, on trace une perpendiculaire (en pointillé sur la figure), les deux quarts d'onde sont symétriques l'un par rapport à l'autre. De même, si nous considérons le demi-cycle s'étendant de l'instant $t=4$ à l'instant $t=8$, et si nous traçons une perpendiculaire au point 6, on obtient encore une division en deux quarts d'onde symétriques.

Une forme d'onde présente une symétrie du type « demi-onde », quand l'alternance (ou demi-onde) positive est symétrique à l'alternance négative par rapport à l'axe zéro. La figure 6-C donne un exemple de symétrie demi-onde. La demi-onde, ou alternance positive de zéro à 4 est exactement semblable à l'alternance négative de 4 à 8, excepté le changement de polarité.

Tandis que ce dernier signal a également une symétrie du type quart d'onde, celui de la figure B n'a pas une symétrie du type demi-onde, car l'alternance positive est différente de l'alternance négative.

EFFET DE LA SYMETRIE SUR LES HARMONIQUES

Si une forme d'onde présente une symétrie donnée, on trouve que, tant la composante continue qu'un certain nombre de fréquences harmoniques, peuvent être éliminées de son analyse.

L'effet produit par une symétrie par rapport à l'axe zéro est représenté sur la figure 7, qui montre deux ondes sinusoïdales. L'onde 1 est symétrique par rapport à l'axe zéro. L'onde 2 a exactement la même forme mais se trouve être décalée de dix volts au-dessus de l'onde 1. Elle n'est donc pas symétrique par rapport à l'axe zéro.

Si nous ajoutons une tension de 10 volts à l'onde 1, les deux ondes coïncident; donc l'onde 2 est égale à la somme de la tension alternative de l'onde 1 et de la tension continue de 10 volts. On ne change pas la forme d'une onde en y ajoutant une composante con-

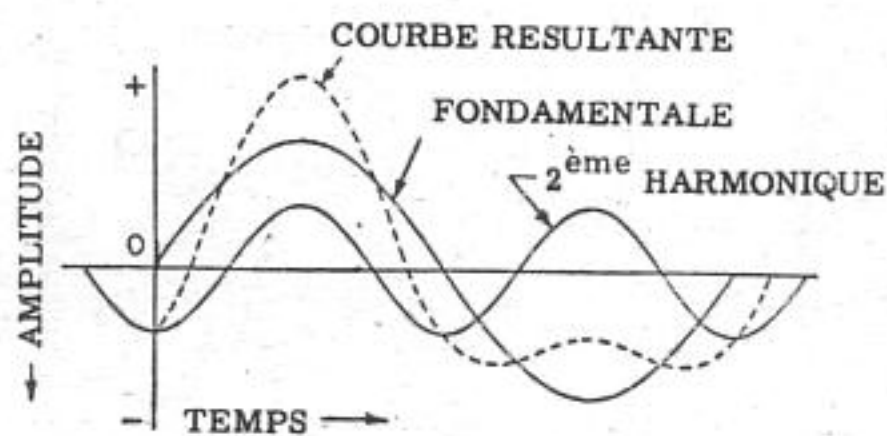


Fig. 8 - Effet des harmoniques paires sur la symétrie: on notera que la courbe résultante n'a plus la symétrie « demi-onde ». La même phénomène se produit pour n'importe quelle harmonique paire.

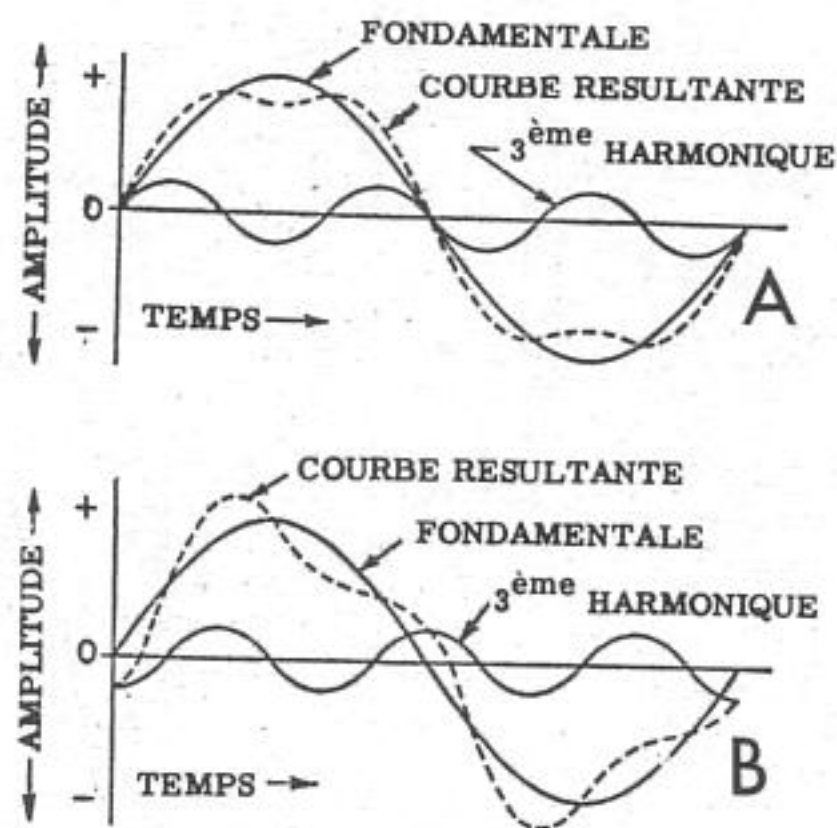


Fig. 9 - Effet des harmoniques impaires sur la symétrie d'une onde. En (A) les deux signaux ne sont pas déphasés tandis qu'en (B) il existe un déphasage de 30° .

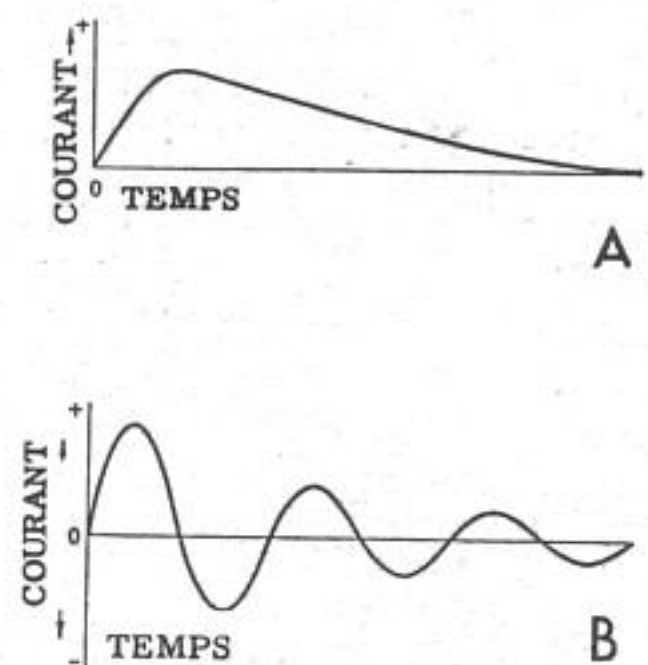


Fig. 10 - Exemple de formes d'onde apériodiques: une simple alternance (A) et une onde amortie (B).

tinue. De ce qui précède, il est clair que, lorsqu'une forme d'onde est symétrique par rapport à l'axe zéro, sa composante continue est égale à zéro. L'onde 2 est symétrique par rapport à l'axe formé par la ligne en pointillé partant du point +10 volts.

Une forme d'onde symétrique par rapport à un axe indiquant une tension différente de zéro, a une composante continue égale à cette tension.

Étudions, maintenant, l'effet des harmoniques d'ordre pair sur la symétrie d'une forme d'onde. La figure 8 représente la courbe résultante obtenue en superposant à la fondamentale son harmonique 2; la forme d'onde résultante n'a plus la symétrie du type «demi-onde». Ceci se produit également lorsqu'à la fondamentale on ajoute la quatrième, la sixième, ou n'importe quelle autre harmonique paire. Nous pouvons donc en conclure que la présence d'harmoniques paires détermine une absence de symétrie du type demi-onde. Ceci se produit indépendamment de la phase des tensions qui s'ajoutent.

Par contre, si nous étudions la somme de la fondamentale et de l'harmonique 3, il nous faut considérer deux cas. Si les deux tensions sont en phase (figure 9-A), la résultante présente une symétrie totale, aussi bien demi-onde que quart d'onde. Au contraire, s'il y a un déphasage entre les deux tensions (comme sur la figure 9-B, où ce déphasage est de 30°), la symétrie demi-onde persiste, mais il n'y a plus de symétrie quart d'onde.

Nous pouvons donc conclure que:

1) une forme d'onde symétrique par rapport à l'axe zéro n'a pas de composante continue. Si elle est symétrique par rapport à un autre axe horizontal, la composante continue est égale à la tension indiquée par la hauteur de cet axe.

2) une forme d'onde qui présente une symétrie «demi-onde» dénote l'absence tant de la composante continue que des harmoniques de rangs pairs.

3) une forme d'onde qui présente aussi bien une symétrie demi-onde qu'une symétrie quart d'onde, n'a ni composante continue, ni harmoniques paires, et les

harmoniques impaires sont toutes en phase (elles ont toutes une amplitude nulle à l'instant $t = 0$).

4) une forme d'onde qui présente une symétrie demi-onde par rapport à un axe horizontal différent de l'axe zéro, a une composante continue égale à la tension indiquée par la hauteur de cet axe et n'a pas d'harmoniques paires.

METHODES D'ANALYSE DES ONDES NON SINUSOIDALES

Les concepts de réactance et de fréquence ne peuvent pas être appliqués directement aux ondes non sinusoïdales, comme nous l'avons fait précédemment pour les ondes sinusoïdales. Dans les cas d'ondes sinusoïdales, le courant passant dans une inductance ou une capacité, a une intensité égale au quotient de la tension appliquée par la réactance de l'élément considéré. En effet, nous savons que la réactance inductive est égale à $2\pi fL$, et la réactance capacitive à $1/2\pi fC$; dans ces expressions, la fréquence f est celle d'une tension parfaitement sinusoïdale. Si la tension alternative appliquée n'est pas sinusoïdale, ces formules perdent toute valeur et, l'intensité du courant traversant ces éléments ne peut plus être calculée en divisant la tension par la réactance.

Ainsi, pour déterminer les conditions qui s'établissent dans un circuit lorsque celui-ci est soumis à des tensions sinusoïdales, il faut recourir à d'autres méthodes. L'étude des idées de base nécessaires à la compréhension des formes d'onde non sinusoïdales, peut se faire selon deux méthodes différentes.

Dans l'une d'elles, nous avons déjà vu que l'on décompose l'onde en une série de composantes sinusoïdales, de fréquences différentes, la somme de ces séries d'ondes étant équivalente à l'onde non sinusoïdale. Cette méthode permet de conserver la notion d'impédance standard obtenue, en fonction de la fréquence, au moyen de la formule citée plus haut, puisque l'onde non sinusoïdale a été réduite en une somme d'ondes sinusoïdales.

L'autre méthode fait appel à la notion de réponse

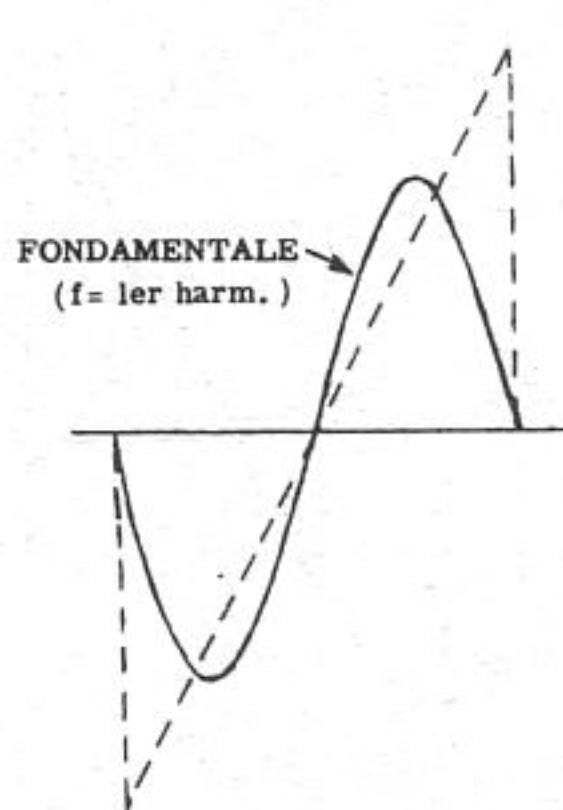


Fig. 11-A - Forme d'onde sinusoïdale fondamentale.

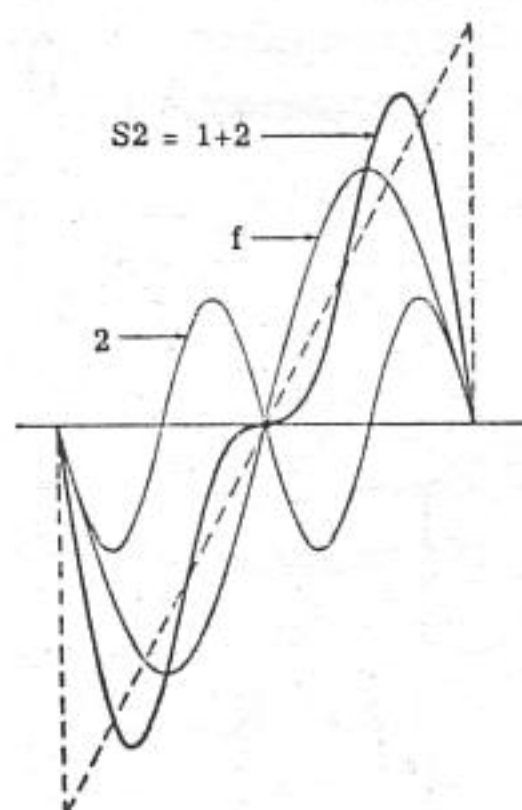


Fig. 11-B - Superposition de la deuxième harmonique.

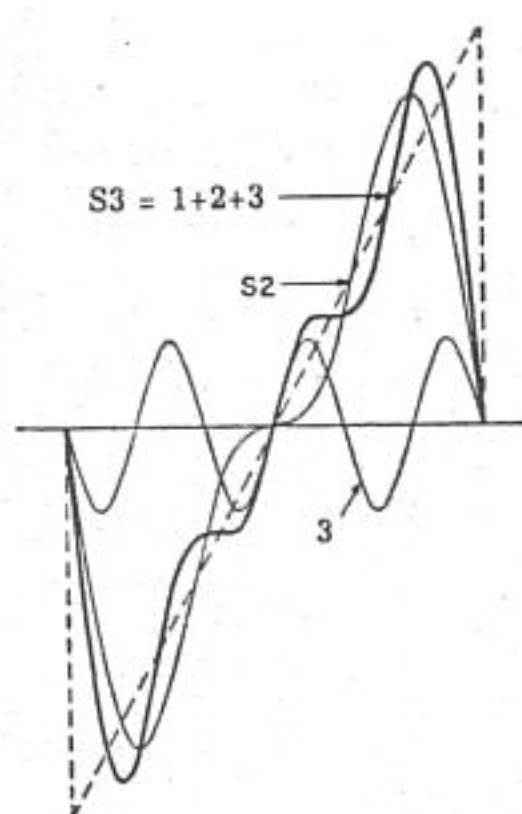


Fig. 11-C - Superposition de la troisième harmonique.

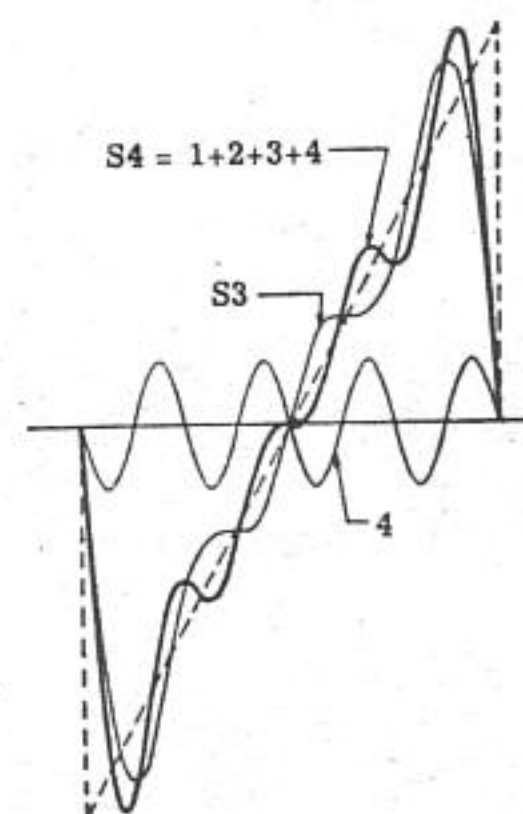


Fig. 11-D - Superposition de la quatrième harmonique.

aux signaux transitoires. Un **transitoire** est une onde non sinusoïdale qui se produit momentanément quand les conditions électriques d'un circuit varient. Par exemple, lorsqu'on ouvre ou qu'on ferme un interrupteur dans un circuit, il se produit une forme d'onde non sinusoïdale qui est appelée «transitoire». La méthode de la réponse aux transitoires permet d'obtenir des relations entre les courants et les tensions qui peuvent être appliquées directement aux ondes non sinusoïdales.

Il découle de ce qui précède que, outre les ondes périodiques, il existe un autre type d'onde non sinusoïdale, appelé onde apériodique, qui se produit à des intervalles irréguliers, parfois même une seule fois: ceci est justement le cas des transitoires. La **figure 10** représente deux exemples d'ondes apériodiques. L'amplitude de l'onde, mesurée dans le sens vertical (sur l'axe Y) est tracée en fonction du temps, mesuré dans le sens horizontal (sur l'axe X.)

L'axe horizontal (axe de temps) est généralement gradué en microsecondes, plutôt qu'en secondes. On utilise cette très petite unité parce que beaucoup de transitoires ne se produisent que pendant un temps très bref. L'axe Y est normalement gradué en unités de tension et de courant.

COMPOSITION D'UNE ONDE EN DENTS DE SCIE

Il résulte donc que n'importe quelle onde non sinusoïdale, qui se produit périodiquement, peut être construite en combinant une onde sinusoïdale de fréquence fondamentale avec d'autres ondes sinusoïdales ayant des fréquences harmoniques et, si nécessaire, en ajoutant une composante continue de valeur convenable. Chacune des différentes tensions sinusoïdales correspondant aux fréquences harmoniques de la fondamentale doivent avoir une phase et une amplitude déterminées. L'onde en dents de scie est construite en additionnant à une fondamentale sinusoïdale (**figure 11-A**) un certain nombre de fréquences harmoniques.

La somme de la fondamentale avec sa seconde harmonique est représentée sur la **figure 11-B**. La courbe

résultante, **S2**, commence déjà à ressembler davantage à la dent de scie que la fondamentale seule (courbe 1). Les crêtes de la courbe **S2** sont repoussées vers les côtés. La **figure 11-C** représente la courbe résultante, **S3**, obtenue en ajoutant la troisième harmonique à la fondamentale et à la seconde. Dans ce cas, les crêtes ont été encore repoussées davantage vers les côtés, et la forme générale commence à ressembler à une dent de scie.

Si nous continuons nos combinaisons, nous voyons que de la **figure 11-D** à la **figure 11-H**, les différentes formes d'onde sont obtenues en ajoutant chaque fois une harmonique de rang supérieur (d'amplitude toujours plus faible), ceci ressort d'ailleurs clairement des figures elles-mêmes. La courbe de la **figure 11-H**, qui contient les harmoniques jusqu'à la septième, est très voisine de la dent de scie (représentée en pointillé) et l'on comprend facilement que si l'on ajoutait d'autres harmoniques supérieures, on s'en rapprocherait toujours davantage. La reproduction exacte d'une dent de scie ne pourrait être obtenue qu'en combinant un nombre infini d'harmoniques (dont les amplitudes seraient naturellement décroissantes et tendraient vers zéro).

COMPOSITION D'UNE ONDE RECTANGULAIRE

Un autre type d'onde, couramment utilisée dans les circuits électroniques, est l'onde rectangulaire (représentée sur la **figure 2**). Cette onde est composée d'une fréquence fondamentale et d'un nombre infini de fréquences harmoniques. La forme d'onde en question présente la particularité suivante: les harmoniques paires (2ème, 4ème, 6ème...) sont d'amplitude égale à zéro, elles n'existent pas. Seules les harmoniques impaires (1ère, 3ème, 5ème...) sont contenues dans une onde rectangulaire.

La **figure 12-A** représente la courbe résultante, **S3**, obtenue en combinant la fondamentale et la troisième harmonique. Pour chaque cycle de la courbe 1 on a trois cycles de la courbe 3. La courbe résultante, **S3**, commence à se rapprocher d'une onde rectangulaire (courbe en pointillé). Dans la **figure 12-B**, on a ajouté

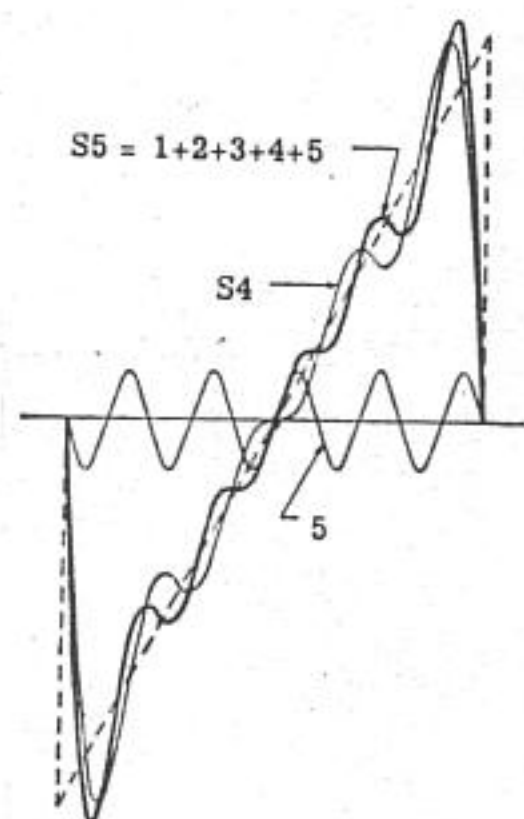


Fig. 11-E - Adjonction de la cinquième harmonique.

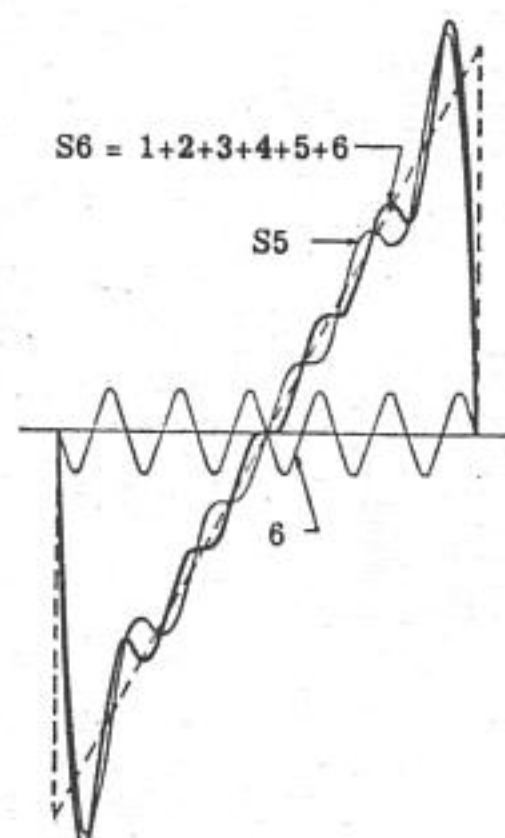


Fig. 11-F - Adjonction de la sixième harmonique.

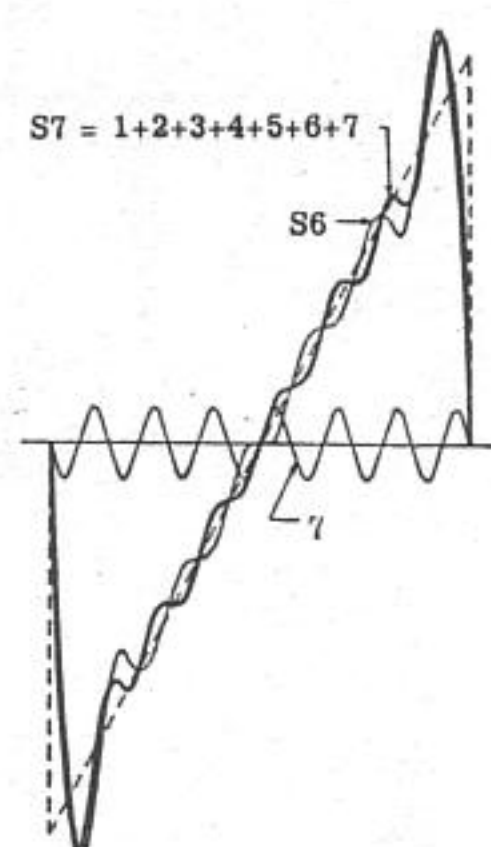


Fig. 11-G - Adjonction de la septième harmonique.

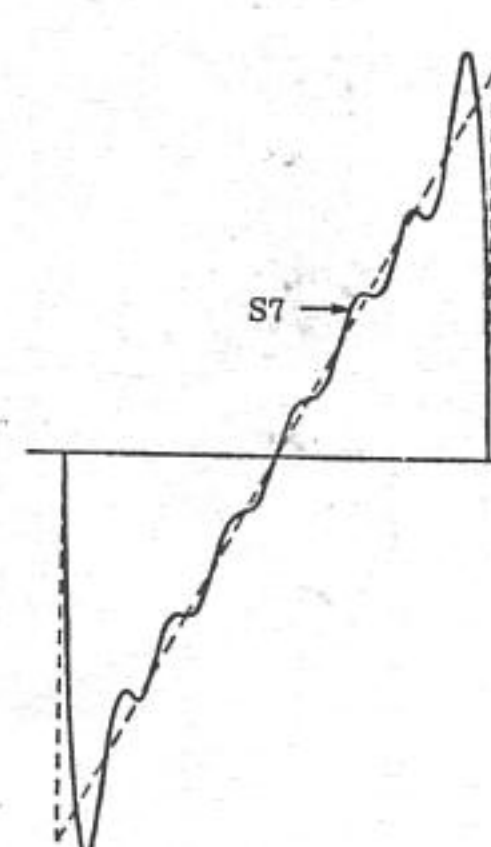


Fig. 11-H - Forme résultante de la dent de scie.

la 5ème harmonique à la fondamentale et à la troisième, ce qui nous donne encore une meilleure approximation. En C on a ajouté la septième harmonique. Là encore, plus on augmente le nombre des harmoniques ajoutées à la fondamentale, plus on se rapproche de la courbe idéale. Le nombre des harmoniques nécessaires pour obtenir une onde parfaitement rectangulaire devrait être infini, toutefois, étant donné que l'importance des harmoniques décroît lorsque leur rang augmente, on peut construire une onde rectangulaire se rapprochant sensiblement de la forme idéale en ne prenant que les dix premières harmoniques impaires.

Autres formes d'ondes - En combinant ensemble des ondes sinusoïdales d'amplitude, de fréquence et de phase convenable, on peut parvenir à produire n'importe quel type de forme d'onde nécessaire en Electronique.

EFFET DE LA BANDE PASSANTE SUR LES ONDES NON SINUSOIDALES

Lorsqu'on applique à l'entrée d'un circuit un signal non sinusoïdal, le nombre des harmoniques recueillis à la sortie dépend de la largeur de la bande passante de ce circuit. Nous savons qu'on appelle «bande passante» d'un circuit, la gamme des fréquences que le circuit considéré laisse passer pratiquement sans atténuation. Par exemple, étudions l'effet qu'un circuit dont la bande passante s'étend jusqu'à 3 kHz (du côté des fréquences élevées) peut avoir sur un signal rectangulaire dont la fréquence fondamentale est 1 000 Hz. Etant donné que le circuit en question ne peut transmettre que des fréquences inférieures à 3 000 Hz, nous retrouverons à la sortie la fondamentale et l'harmonique 3. Les harmoniques plus élevés seront très fortement atténués ou manqueront complètement.

C'est ainsi que dans ce cas, alors qu'une tension de forme rectangulaire a été appliquée à l'entrée du circuit, on recueille à sa sortie une tension de forme différente, fortement déformée, semblable à celle représentée sur la figure 13-A.

Si la largeur de la bande passante du circuit était

portée à 7 kHz, le signal recueilli à la sortie comporterait le septième harmonique de la fondamentale et sa forme d'onde serait celle illustrée sur la figure 13-B. La distorsion du signal, bien qu'encore assez importante, est moins grande que celle introduite par le circuit à bande étroite de 3 kHz.

Si nous continuons à augmenter la largeur de la bande passante du circuit, — en particulier si nous étendons cette gamme vers les fréquences élevées — il passera un plus grand nombre d'harmoniques de la fondamentale et la forme du signal de sortie se rapprochera davantage de celle du signal appliqué à l'entrée. Une parfaite reproduction du signal d'entrée exigerait que le circuit ait une bande passante illimitée, ce qui est pratiquement impossible à obtenir, car tous les circuits, de quelque type qu'ils soient, ont inévitablement une limite à leur bande passante.

La largeur de la bande passante nécessaire pour transmettre correctement une forme d'onde non sinusoïdale dépend de deux facteurs principaux: primo, de l'importance des harmoniques dans leurs relations réciproques et, secundo, de la fonction que cette forme d'onde doit remplir dans le circuit.

Etant donné que l'amplitude des harmoniques diminue lorsque leur rang s'élève, il est évident que les harmoniques les plus élevées auront une influence beaucoup moins importante que celle dont la fréquence se rapproche de la fondamentale. C'est ainsi, par exemple, que la dixième harmonique a un effet beaucoup moins accentué que la seconde, en ce qui concerne la forme du signal; de même la centième harmonique est infiniment moins importante que la dixième, et ainsi de suite.

Il apparaît donc que l'on peut obtenir une bonne reproduction de la forme d'onde en ne gardant qu'un nombre déterminé d'harmoniques de la fondamentale. L'effet des harmoniques d'ordre supérieur dépend de la composition de l'onde. Pour certaines formes d'onde, l'amplitude des harmoniques les plus élevées peut décroître très rapidement et, dans ce cas, il suffit d'une bande passante relativement étroite pour obtenir une bonne reproduction du signal. Par contre, pour d'au-

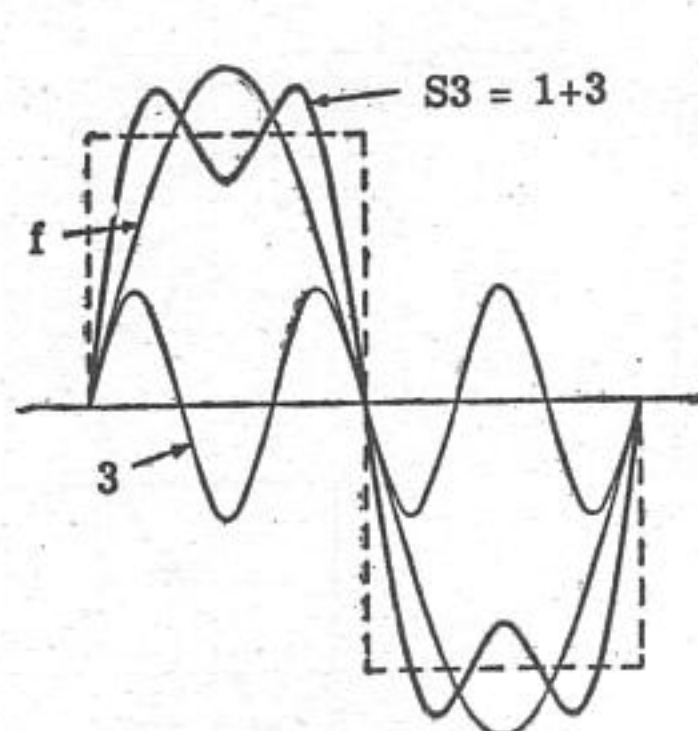


Fig. 12-A - Analyse de la composition d'une onde carrée. Superposition de la troisième harmonique à la fondamentale.

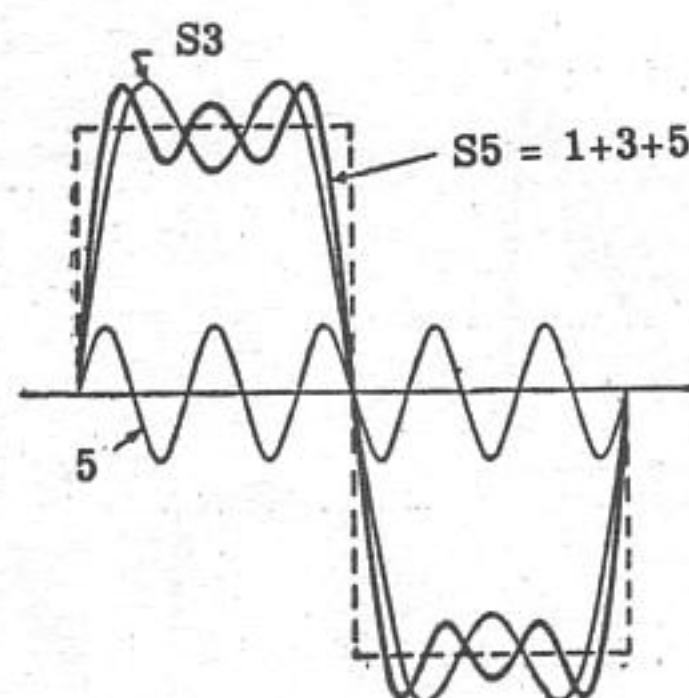


Fig. 12-B - Adjonction de la cinquième harmonique à la forme d'onde de la figure 12-A. La résultante se rapproche de la forme carrée.

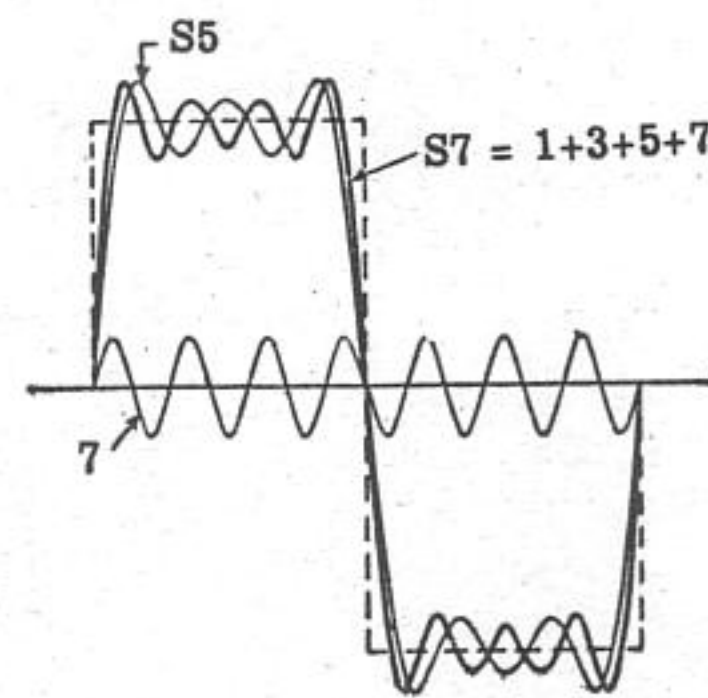


Fig. 12-C - Avec l'adjonction de la septième harmonique, la courbe résultante se rapproche encore davantage de la forme carrée.

tres formes d'onde, l'amplitude des harmoniques supérieures ne décroît que très lentement et, pour obtenir une reproduction convenable du signal d'entrée, il faut alors un circuit à bande passante très large.

La largeur minimale de la bande passante requise dépend, en outre, de la fonction que le signal non sinusoïdal doit accomplir après son passage dans le circuit. En effet, lorsque la forme d'onde du signal peut être sensiblement altérée sans compromettre pour cela le bon fonctionnement de l'appareil tout entier, on peut se contenter d'une bande passante plus réduite. Par contre, si cette forme d'onde doit être nécessairement reproduite avec une très grande précision, il est indispensable que le circuit ait une bande passante beaucoup plus large.

BANDE PASSANTE POUR IMPULSION

Une **impulsion** a été définie comme étant une brusque augmentation suivie d'une chute rapide, d'une tension ou d'un courant. Les ondes carrées et rectangulaires (figure 2-A) sont des exemples d'impulsions; elles sont couramment utilisées dans de nombreux appareils électroniques, particulièrement dans les radars, en télévision, dans les instruments de mesure, etc...

Le **temps de montée** d'une impulsion, t_r , est l'intervalle de temps nécessaire pour qu'une impulsion passe de 10 à 90 % de son amplitude (figure 14). La **durée** de l'impulsion, t_d , est l'intervalle de temps pendant lequel l'impulsion reste à sa valeur maximale. Le **temps de descente**, t_f , est le temps nécessaire pour que l'impulsion voie son amplitude tomber du maximum à zéro. Ces différents temps t_r , t_d , et t_f , sont les «paramètres» qui servent à individualiser, avec la valeur de l'amplitude, un type d'impulsion déterminé. A ce sujet, rappelons que l'on désigne sous le nom de «paramètres» les grandeurs ou les propriétés caractéristiques qui se maintiennent constantes pendant l'étude d'un phénomène donné. La partie de l'impulsion qui correspond au temps t_r , c'est-à-dire au temps de montée, s'appelle **front avant**; la partie correspondant au

temps t_f , temps de descente, est le **front arrière** de l'impulsion.

EFFET DES HARMONIQUES SUR LES TEMPS DE MONTEE ET DE DESCENTE

Dans la composition d'une onde rectangulaire, plus on ajoute d'harmoniques d'ordre supérieur, plus brefs deviennent les temps de montée et de descente. Ce phénomène se constate aisément sur les courbes des figures 12-A, B et C. Par exemple, en C, la courbe S_7 a un temps de montée plus court que celui de la courbe S_5 . En B, on constate également que la courbe S_5 a un temps de montée plus court que S_3 . En ajoutant d'autres harmoniques d'ordre supérieur à la courbe S_7 , nous pourrions obtenir d'autres courbes dont les temps de montée et de descente seraient encore plus courts. On voit donc que la forme de l'impulsion pendant le temps de montée et le temps de descente, c'est-à-dire la pente de ses fronts avant et arrière, dépend essentiellement de la limite supérieure de la bande passante du circuit dans lequel on fait passer l'impulsion. Si ce circuit amplifie mal les fréquences élevées, les harmoniques d'ordre supérieur sont très mal transmis (ou disparaissent complètement) et, en conséquence, les temps de montée et de descente s'allongent considérablement. On peut observer ce phénomène sur la figure 14-C.

La figure 14-A représente un signal rectangulaire ayant des temps de montée et de descente finis. Les circuits réels modifient la forme de cette impulsion et, s'ils ont une bonne réponse aux fréquences les plus élevées, les angles de l'impulsion ne sont que légèrement arrondis (figure 14-B); les temps de montée et de descente ne sont pas très altérés, dans ce cas. Par contre, si le circuit amplifie mal les fréquences élevées, comme en C, les angles s'arrondissent considérablement, et les temps de montée et de descente s'allongent.

La règle suivante permet de déterminer quelle doit être la limite supérieure de la bande passante d'un circuit pour reproduire correctement une impulsion dont le temps de montée est t_r :



Fig. 13-A - Modification de la forme d'une onde carrée produite par l'atténuation des fréquences les plus élevées.



Fig. 13-B - En élargissant la bande passante, la forme d'onde de sortie s'améliore.

$$f_H = \frac{1}{2 t_r} \text{ Hz}$$

dans laquelle, t_r est exprimé en secondes. La fréquence f_H est appelée «réponse aux fréquences élevées» ou «limite supérieure de la bande passante». Cette formule s'applique, également, au front arrière de l'impulsion ayant un temps de descente égal à t_f .

Supposons que nous devions transmettre une impulsion ayant un temps de montée de 0,5 microseconde, comme on en trouve dans les radars. La bande passante du circuit recevant cette impulsion devra s'étendre jusqu'à la fréquence de:

$$f_H = \frac{1}{2 t_r} = \frac{1}{2 (0,5 \times 10^{-6})} = 10^6 \text{ Hz}$$

soit $f_H = 1 \times 10^6 \text{ Hz} = 1 \text{ MHz}$.

La limite supérieure de la bande passante d'un tel circuit devra donc être de 1 MHz pour reproduire correctement le front avant d'une impulsion dont le temps de montée est de 0,5 microseconde.

EFFET DES HARMONIQUES SUR LA DUREE D'UNE IMPULSION

La durée d'une impulsion, t_d , dépend de la réponse du circuit aux fréquences basses. La figure 15 représente une onde rectangulaire transmise par un circuit ayant une réponse insuffisante aux fréquences basses. On remarque que les parties horizontales du signal sont fortement incurvées et que la courbe n'est pas rectiligne pendant la durée de l'impulsion. Pour obtenir une bonne reproduction de la forme d'onde il est donc essentiel d'avoir une bonne réponse, tant aux fréquences basses, qu'aux fréquences élevées. La limite inférieure de fréquence que le circuit doit laisser passer pour reproduire une impulsion peut se calculer au moyen de la formule:

$$f_L = \frac{1}{T_f} \text{ Hz}$$

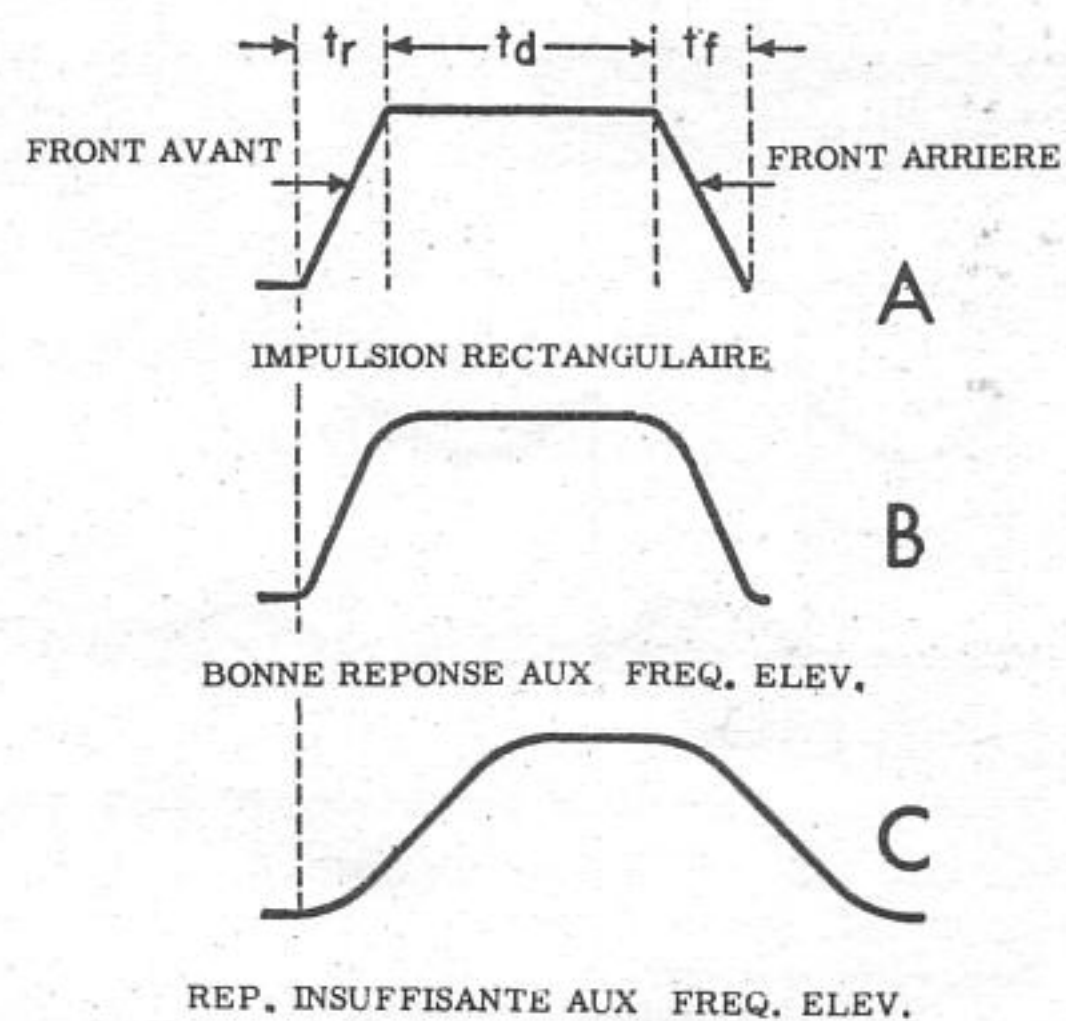


Fig. 14 - Composition d'une onde carrée (A) et effet de la courbe de réponse en fréquence sur la forme (B et C).

dans laquelle f_L est exprimée en Hz et T_f est la période fondamentale, c'est-à-dire la durée d'une impulsion exprimée en secondes. En tenant compte du fait que l'inverse de la période fondamentale est la fréquence fondamentale, la formule peut s'écrire:

$$f_L = f_1$$

dans laquelle, f_1 est la fréquence fondamentale de l'impulsion. Quand la limite inférieure de la bande passante d'un circuit est égale à la fréquence de l'impulsion, on obtient une réponse correcte; c'est ainsi qu'une impulsion dont la fréquence fondamentale est 1 000 Hz, nécessite, pour ne pas subir de distorsions, une limite inférieure de la bande passante de 1 000 Hz.

BANDE PASSANTE POUR SIGNAUX EN DENTS DE SCIE

Les règles établies ci-dessus pour les impulsions carrées ou rectangulaires, peuvent être étendues aux autres types d'ondes non sinusoïdales. Le principe fondamental est le suivant: la réponse aux fréquences élevées affecte la partie de la forme d'onde qui varie le plus rapidement (en amplitude), c'est-à-dire celle qui tend à être verticale; la réponse aux fréquences basses, par contre, affecte la partie de la forme d'onde se rapprochant de l'horizontale (c'est-à-dire celle où l'amplitude ne varie pas, ou varie très lentement dans le temps).

Ces règles peuvent être appliquées pour déterminer les effets des limites de la réponse aux fréquences basses et élevées sur une forme d'onde en dents de scie.

Le phénomène est représenté sur la figure 16.

Dans une dent de scie, la tension instantanée augmente progressivement jusqu'à atteindre la valeur maximale, puis décroît brusquement jusqu'à zéro. De ce qui précède, on peut déduire que la réponse aux fréquences basses affectera la partie ascendante de l'onde, tandis que la réponse aux fréquences élevées affectera

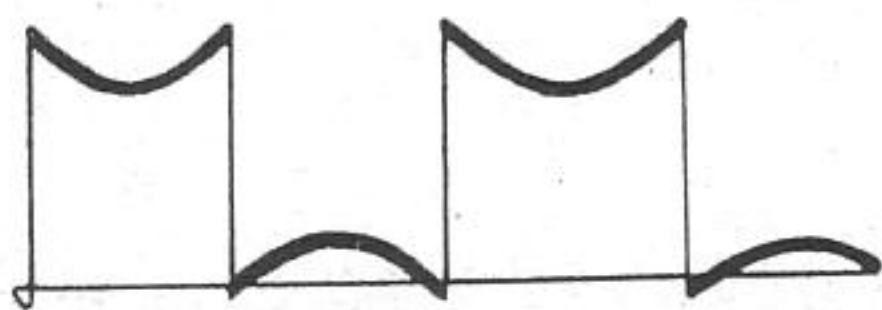
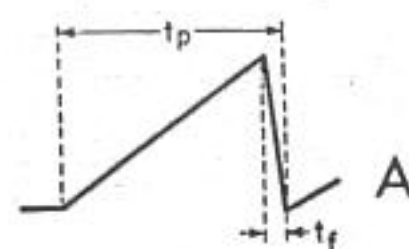


Fig. 15 - Forme d'onde d'un signal carré après son passage dans un circuit atténuant les fréquences basses.



A - Signal en dent de scie introduit dans le signal.



B - Forme résultant d'une réponse échéante aux basses fréquences.



C - Forme résultant d'une réponse échéante aux hautes fréquences.

Fig. 16 - Influence de la réponse en fréquence sur un signal en dent de scie (A). En (B), atténuation des fréquences basses, en (C) atténuation des fréquences élevées.

la partie descendante. La figure 16-B représente une telle tension en dents de scie après son passage dans un circuit atténuant les fréquences basses; on obtient cette forme d'onde en soustrayant de la forme idéale, la première la seconde la troisième harmonique. Par contre, si le circuit atténue les fréquences élevées, on obtiendra l'onde représentée sur la figure 16-C, dans laquelle on voit que la suppression des harmoniques supérieures produit une déformation de la partie descendante.

La largeur de la bande passante d'un circuit destiné à la transmission d'une tension en dents de scie doit être suffisante pour permettre, du côté des BF, le passage sans atténuation de la fondamentale et, du côté des fréquences élevées, le passage dans les mêmes conditions d'une fréquence égale à $1/2 t_f$, dans laquelle t_f est le temps de descente du signal. Ces limites sont donc les mêmes que celles trouvées précédemment pour les impulsions.

Calculons la bande passante nécessaire pour transmettre une tension en dents de scie ayant une période fondamentale $T_f = 1.000$ microsecondes, et un temps de descente $t_f = 5$ microsecondes.

La limite du côté des fréquences basses est donnée par :

$$f_L = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{1.000 \times 10^{-6}} = 1.000 \text{ Hz}$$

tandis que la limite du côté des fréquences élevées doit être de :

$$f_H = \frac{1}{2 t_f} = \frac{1}{10 \times 10^{-6}} = 100 \text{ kHz}$$

La largeur de la bande passante devra donc être égale à $f_H - f_L$, soit 99 kHz.

TRANSFORMATION DES FORMES D'ONDE

Nous venons de voir que les circuits utilisés pour amplifier ou pour transmettre des signaux non sinusoïdaux, et particulièrement les formes d'onde ayant

une allure du type géométrique, devaient satisfaire à certaines conditions concernant la largeur de leur bande passante.

Toutefois, les limites de celle-ci peuvent être plus restreintes, dans certains cas, lorsqu'il importe peu que le signal de sortie soit absolument identique à celui d'entrée, c'est-à-dire lorsqu'une certaine distorsion est tolérable.

Dans d'autres cas, on fait volontairement passer des impulsions dans des circuits qui en modifient les caractéristiques; en effet, il arrive fréquemment en électronique, que des signaux périodiques ayant une forme donnée, doivent être transformés en des signaux de formes différentes.

Jusqu'à présent, nous n'avons considéré que les réponses des circuits RLC (résistance, inductance, capacité) auxquels étaient appliquées des tensions positives ou négatives constantes, maintenues pendant un temps assez long, comparé à la constante de temps de ces circuits. Au contraire, si nous appliquons des signaux dont la période caractéristique est plus courte que la constante de temps du circuit, on peut obtenir une transformation importante entre le signal d'entrée et celui de sortie, tant en ce qui concerne la forme même du signal, que son amplitude.

Supposons que nous appliquons un signal de forme carrée à un circuit dont la constante de temps est égale au double de la période du signal. Dans un tel cas, au cours de l'alternance positive, la tension de sortie augmente progressivement d'un minimum à une certaine valeur qui ne peut pas atteindre l'amplitude du signal appliqué, puisque la constante de temps est trop longue. En effet, alors que la tension continue à croître dans le circuit, l'alternance négative survient et le signal de sortie commence à diminuer d'amplitude. Mais là encore, la tension ne pourra pas atteindre sa valeur négative maximale, toujours en raison de la forte constante de temps.

On conçoit donc qu'en choisissant convenablement la constante de temps du circuit, on puisse agir sur l'amplitude du signal de sortie.

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 88 et 89

- N. 1 — Quelle est la différence entre les corps ferromagnétiques durs et les corps ferromagnétiques doux?
- N. 2 — Dans l'enregistrement magnétique, qu'entend-on par polarisation?
- N. 3 — Comment se fait l'enregistrement magnétique?
- N. 4 — Existe-t-il une différence entre une tête d'enregistrement et une tête de lecture pour bandes magnétiques?
- N. 5 — Comment peut-on effacer un enregistrement magnétique?
- N. 6 — Dans un magnétophone à ruban, quels sont les éléments qui déterminent la qualité de l'enregistrement?
- N. 7 — Pour quelle raison obtient-on une meilleure reproduction des fréquences élevées en augmentant la vitesse de défilement du ruban?
- N. 8 — Comment corrige-t-on la non linéarité de la courbe de réponse d'une tête d'enregistrement magnétique?
- N. 9 — Quelle est la fréquence généralement adoptée pour la tension de prémagnétisation et pour celle d'effacement?
- N. 10 — Quelle est la fonction de l'indicateur de niveau de modulation?
- N. 11 — Comment réussit-on à décomposer un signal périodique ayant une forme d'onde de type quelconque?
- N. 12 — Quels sont les différents types de symétrie que peut présenter une forme d'onde périodique?
- N. 13 — Les formules donnant la réactance inductive et la réactance capacitive sont-elles valables dans le cas d'un signal périodique quelconque traversant l'inductance ou le condensateur?
- N. 14 — Quelles sont les deux méthodes principales permettant de prévoir le comportement d'une forme d'onde non sinusoïdale à son passage dans un circuit électronique quelconque?
- N. 15 — Quels sont les types de formes d'ondes géométriques les plus utilisées en Electronique?
- N. 16 — Quels sont les harmoniques qui manquent dans une onde carrée ou rectangulaire?
- N. 17 — Comment définir le « temps de durée », le « temps de montée » et le « temps de descente » d'une impulsion?
- N. 18 — Quels sont les effets produits sur une impulsion par un circuit ayant une mauvaise réponse aux fréquences élevées?
- N. 19 — Quels sont les effets produits sur une impulsion par un circuit ayant une mauvaise réponse aux fréquences basses?

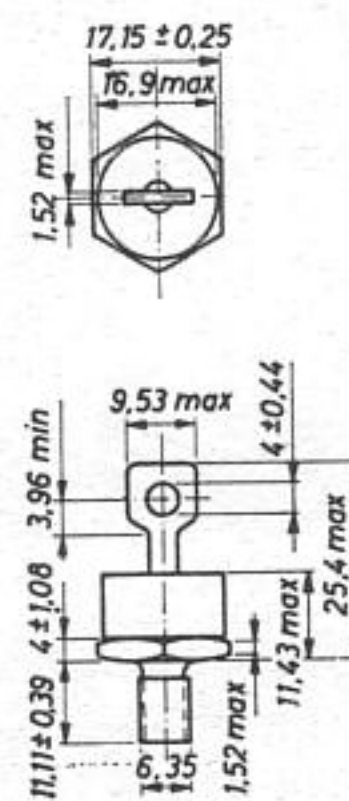
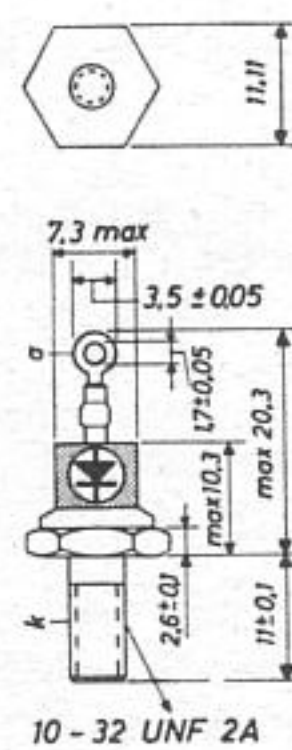
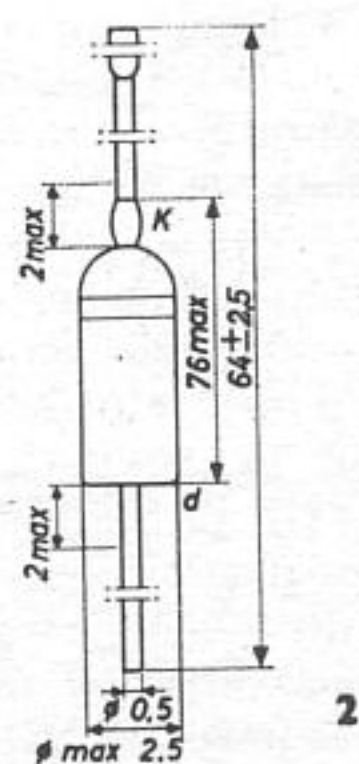
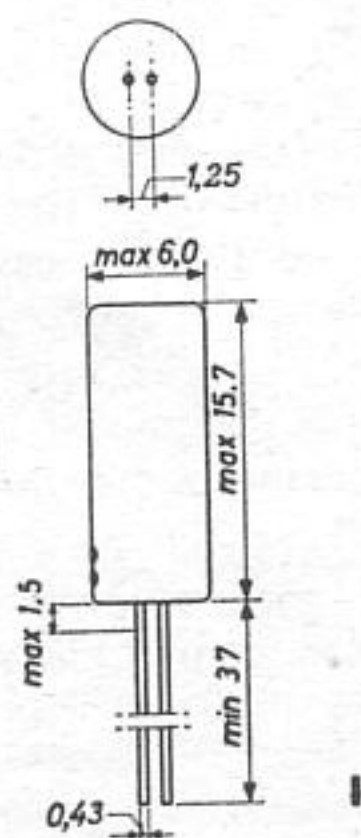
REPONSES aux QUESTIONS de la p. 691

- N. 1 — Au circuit normal avec cathode à la masse, car l'émetteur joue le rôle d'une cathode.
- N. 2 — A un transistor du type n-p-n. En effet, en raison des courants qui passent pendant la fabrication, dans la base du type p il se forme, en face des deux points de contact, deux zones de type n.
- N. 3 — Parce que dans un transistor à pointe de contact, le facteur « alfa » est plus grand que l'unité.
- N. 4 — C'est un transistor possédant deux sorties de base: l'une a la même fonction que celle d'un transistor triode, l'autre permet d'appliquer une tension limitant la zone parcourue par le courant, réduisant ainsi la capacité et le temps de transit.
- N. 5 — Parce que, contrairement à ce qui se passe dans un tube, les variations de courant dans le circuit collecteur sont produites par des variations du courant de la base.
- N. 6 — Parce que les impédances et les résistances du circuit sont beaucoup plus faibles que celle que l'on rencontre couramment avec les tubes. En utilisant des condensateurs de plus forte capacité on obtient les constantes de temps nécessaires.
- N. 7 — Pour améliorer la réponse en fréquence et pour augmenter la stabilité (insensibilité aux variations de température).
- N. 8 — Dans les cas où il faut adapter les impédances entre deux étages successifs.
- N. 9 — Parce que la masse métallique de la pince absorbe la plus grande partie de la chaleur du fer à souder, l'empêchant ainsi de pénétrer dans le transistor et de l'endommager. (effet de shunt calorifique).
- N. 10 — Parce que certains défauts, tels que oscillations parasites, bruit de fond, instabilité, etc... ne se manifestent que lorsque la température est élevée.
- N. 11 — Dans le montage avec émetteur à la masse on a l'amplification maximale, une impédance d'entrée faible, une impédance de sortie assez élevée et un déphasage de 180° du signal. Le montage avec base à la masse donne une amplification de courant légèrement inférieure à l'unité, l'impédance d'entrée est très faible et celle de sortie très élevée, en outre, il ne se produit pas de déphasage du signal. Dans le montage avec collecteur à la masse est élevée et celle de sortie est basse, il ne produit pas de déphasage du signal.
- N. 12 — Ce doit être un transformateur abaisseur. Ceci concerne naturellement le montage avec émetteur à la masse car, dans ce cas, l'impédance de sortie de l'étage précédent est élevée, tandis que l'impédance d'entrée de l'étage suivant est basse.
- N. 13 — Parce qu'en procédant ainsi, les variations de la résistance interne, sous l'effet des changements de température, deviennent négligeables par rapport à la résistance totale du circuit de l'émetteur.
- N. 14 — Parce qu'en raison de la faible impédance d'entrée du transistor qui suit le transformateur, on ne peut pas brancher entre la base et la masse un circuit accordé dont l'impédance est théoriquement infinie à la fréquence de résonance.
- N. 15 — Un ou deux, selon que pour réaliser l'oscillateur local on utilise la réaction entre l'émetteur et la base du premier transistor, ou qu'on utilise, au contraire, un transistor oscillateur séparé. Dans le second cas on obtient une plus grande stabilité.

TABLEAU 83 - CARACTERISTIQUES des DIODES ZENER « La Radiotechnique ».

DIODES ZENER POUR COURANTS FAIBLES

TYPES	Tension de ZENER V_z pour $I_z = 1$ mA			VALEURS A NE PAS DÉPASSER		Cotes (voir fig.)	REMARQUES
	min	moy	max	I_z max (mA)	P_c max à 45 °C (mW)		
BZY 56	4,4	4,7	5	50	230	2	Miniatures 4,7 à 9 V, tolé- rance $\pm 5\%$ de la tension de ZENER nominale.
BZY 57	4,8	5,1	5,4	50	230	2	
BZY 58	5,3	5,6	6	50	230	2	
BZY 59	5,8	6,2	6,6	50	230	2	
BZY 60	6,4	6,8	7,2	50	230	2	
BZY 61	7,1	7,5	7,9	50	230	2	
BZY 62	7,7	8,2	8,7	50	230	2	
BZY 63	8,6	9,1	9,6	50	230	2	Miniatures Tolérance $\pm 15\%$ environ sur la tension de ZENER nominale.
BZY 64	3,3	4,3	5	50	230	2	
BZY 65	4,4	5,1	6	50	230	2	
BZY 66	5,3	6,2	7,2	50	230	2	
BZY 67	6,4	7,5	8,7	50	230	2	
BZY 68	7,7	9,1	10,6	50	230	2	
BZY 69	9,4	12	15	50	230	2	
BZZ 10	5,3	6	6,6	50	230	2	Miniatures 6 à 8 V, pour circuits de logiques machi- nes à calculer, tolérance à $\pm 10\%$ environ.
BZZ 11	5,8	6,5	7,2	50	230	2	
BZZ 12	6,4	7,2	7,9	50	230	2	
BZZ 13	7,1	8	8,7	50	230	2	
OAZ 200	4,4	4,7	5	100	260	1	Stabilisateurs de tension pour courants faibles Tolérance de 5 % environ sur la tension de ZENER nom.
OAZ 201	4,8	5,1	5,4	100	260	1	
OAZ 202	5,3	5,6	6	100	260	1	
OAZ 203	5,8	6,2	6,6	100	260	1	
OAZ 204	6,4	6,8	7,2	100	260	1	
OAZ 205	7,1	7,5	7,9	100	260	1	
OAZ 206	7,7	8,2	8,7	100	260	1	
OAZ 207	8,6	9,1	9,6	100	260	1	Même série que OAZ 200 à 207, mais tolérance sur la tension ZENER de 15 % environ au lieu de 5 %.
OAZ 208	3,3	4,3	5	100	260	1	
OAZ 209	4,4	5,1	6	100	260	1	
OAZ 210	5,3	6,2	7,2	100	260	1	
OAZ 211	6,4	7,5	8,7	100	260	1	
OAZ 212	7,7	9,1	10,6	100	260	1	
OAZ 213	9,4	12	15	100	260	1	



DIODES ZENER

DE PUISSANCE

POUR COURANTS MOYENS

TYPES	Tension de ZENER V_Z pour $I_Z = 20 \text{ mA}$			VALEURS A NE PAS DÉPASSER		Cotes (voir fig.)	REMARQUES
	min	moy	max	$I_Z \text{ max}$ (mA)	$P_C \text{ max à } 45^\circ\text{C}$ (mW)		
BZY 74 (2)	5,3	6,2	7,2	500	1500	3	La tension de ZENER V_Z est donnée pour $I_Z = 20 \text{ mA}$. Pour d'autres valeurs de courant, voir les courbes du manuel technique RT. Voir aussi l'aire de fonctionnement autorisé.
BZY 75 (2)	6,4	7,5	8,7	500	1500	3	
BZY 76 (2)	7,7	9,1	10,6	500	1500	3	
BZZ 14 (1)	5,3	5,6	6	500	1500	3	
BZZ 15 (1)	5,8	6,2	6,6	500	1500	3	
BZZ 16 (1)	6,4	6,8	7,2	500	1500	3	
BZZ 17 (1)	7,1	7,5	7,9	500	1500	3	
BZZ 18 (1)	7,7	8,2	8,7	500	1500	3	
BZZ 19 (1)	8,6	9,1	9,6	500	1500	3	
BZZ 20 (1)	9,6	10,2	10,7	500	1500	3	
BZZ 21 (1)	10,4	11	11,6	500	1500	3	
BZZ 22 (1)	11,4	12	12,6	500	1500	3	
BZZ 23 (1)	12,4	13	14,1	500	1500	3	
BZZ 24 (1)	13,9	15	15,6	500	1500	3	
BZZ 25 (1)	15,4	16	17,1	500	1500	3	
BZZ 26 (1)	16,9	18	19,1	500	1500	3	
BZZ 27 (1)	18,9	20	21,2	500	1500	3	
BZZ 28 (1)	20,8	22	23,3	500	1500	3	
BZZ 29 (1)	22,7	24	25,9	500	1500	3	

(1) Tolérance 5 %

(2) Tolérance 15 %

DIODES ZENER

DE PUISSANCE

POUR COURANTS FORTS

TYPES	Tension de ZENER V_Z (V)			pour I_Z (A)	VALEURS A NE PAS DÉPASSER		Cotes (voir fig.)	REMARQUES
	min	moy	max		$I_Z \text{ max}$ (A)	$P_C \text{ max à } T_{r\theta}$ 65 °C (W)		
BZY 91 - C 10	9,4	10	10,6	2	100	75	4	Tolérance de $\pm 5 \%$ environ sur la tension de ZENER.
BZY 91 - C 11	10,4	11	11,6	2	100	75	4	
BZY 91 - C 12	11,4	12	12,6	2	100	75	4	
BZY 91 - C 13	12,4	13	14,1	2	100	75	4	
BZY 91 - C 15	13,9	15	15,6	2	100	75	4	
BZY 91 - C 16	15,4	16	17,1	2	100	75	4	
BZY 91 - C 18	16,9	18	19,1	2	100	75	4	
BZY 91 - C 20	18,9	20	21,2	1	100	75	4	
BZY 91 - C 22	20,8	22	23,3	1	100	75	4	
BZY 91 - C 24	22,7	24	25,9	1	100	75	4	
BZY 91 - C 27	25,1	27	28,9	1	100	75	4	
BZY 91 - C 30	28	30	32	1	100	75	4	
BZY 91 - C 33	31	33	35	1	100	75	4	
BZY 91 - C 36	34	36	38	1	100	75	4	
BZY 91 - C 39	37	39	41	0,5	100	75	4	
BZY 91 - C 43	40	43	45	0,5	100	75	4	
BZY 91 - C 47	44	47	50	0,5	100	75	4	
BZY 91 - C 51	48	51	54	0,5	100	75	4	
BZY 91 - C 56	53	56	60	0,5	100	75	4	
BZY 91 - C 62	58	62	66	0,5	100	75	4	
BZY 91 - C 68	64	68	72	0,5	100	75	4	
BZY 91 - C 75	71	75	79	0,5	100	75	4	

N. B. Sous le code BZY 91... ces diodes sont fournies avec la cathode réunie au boîtier ; sous le code BZY 91 R... elles sont fournies avec l'anode réunie au boîtier.

TABLEAU 84 - CARACTERISTIQUES des SEMICONDUCTEURS « Sesco ».

TRANSISTORS BASSE FRÉQUENCE

TYPE	NATURE	LIMITES ABSOLUES D'UTILISATION A 25° C					CARACTERISTIQUES MOYENNES A 25° C		
		Pc (m W)	VCB (V)	VCE (V)	Ic (mA)	Tj (° C)	h 21 E		f _α (MHz)
							Ic = 20 mA	Ic = 100 mA	
2 N 319	PNP. GE	240	30	20	200	85	33	30	2
2 N 320	PNP. GE	240	30	20	200	85	48	44	2,5
2 N 321	PNP. GE	240	30	20	200	85	80	70	3
2 N 322	PNP. GE	140	20	16	100	60	48		2
2 N 323	PNP. GE	140	20	16	100	60	70		2,5
2 N 324	PNP. GE	140	20	16	100	60	90		3
2 N 508	PNP. GE	140	20	16	100	60	125		3,5
2 N 524	PNP. GE	225	45	30	500	85	35	31	2
2 N 525 ★	PNP. GE	225	45	30	500	85	52	45	2,5
2 N 526 ★	PNP. GE	225	45	30	500	85	73	66	3
2 N 527 ★	PNP. GE	225	45	30	500	85	91	86	3,3

★ Existe en spécification MIL et CCT (FT 050 ; FT 036 ; FT 051)

TRANSISTORS MOYENNE FRÉQUENCE ET COMMUTATION

TYPE	NATURE	LIMITES ABSOLUES D'UTILISATION A 25° C					CARACTERISTIQUES MOYENNES A 25° C				
		Pc (m W)	VCB (V)	VCE (V)	Ic (mA)	Tj (° C)	h 21 E				f _α (MHz)
								Ic(mA)		Ic(mA)	
2 N 404	PNP. GE	150	25	24	100						4
2 N 404 A	PNP. GE	150	40	35	150						4
2 N 395	PNP. GE ●	150	30	15	200	85	60	10	> 10	200	4,5
2 N 396	PNP. GE ●	150	30	20	200	85	80	10	> 15	200	8
2 N 396 A ★	PNP. GE ●	200	30	20	200	85	> 30	10	> 15	200	5
2 N 397	PNP. GE ●	150	30	15	200	85	100	10	> 20	200	12
64 T 1	PNP. GE ●	150	30	20	200	85	85	10	> 32	200	8
65 T 1	PNP. GE ●	150	30	20	200	85	100	10	> 32	200	10
2 N 1305	PNP. GE	150	30		300		70	10	> 15	200	8
2 N 1307	PNP. GE	150	30		300		100	10	> 20	200	12
2 N 1309	PNP. GE	150	30		300		150	10	> 20	200	20
2 N 377	NPN. GE ●	150	25	20	200	100	40	30	> 20	200	6
2 N 388	NPN. GE ●	150	25	20	200	100	100	30	> 30	200	8
10 T 2	NPN. SI	150	30	30	25	165	18	10			20
11 T 2	NPN. SI	150	30	30	25	165	38	10			20
12 T 2	NPN. SI	150	30	30	25	165	130	10			20
2 N 337 ★★	NPN. SI ●	125	45	40	20	200	35	10			30
2 N 338 ★★	NPN. SI ●	125	45	40	20	200	75	10			45

★ Existe en spécification MIL et CCT (FT 033). ● Calculateur. ★★ Existe en spécification MIL.

TRANSISTORS DE MOYENNE PUISSANCE

TYPE	NATURE	LIMITES ABSOLUES D'UTILISATION A 25° C					CARACTERISTIQUES MOYENNES A 25° C		
		Pc (W)		VCB (V)	VCE (V)	Tj (° C)	h 21 E Ic = 0,2 A		f _α (MHz)
		25° boîtier	100° boîtier				minimum	maximum	
2 N 2196	NPN. SI ■	15	10	80	60	175	30 *	90 *	15
2 N 2197	NPN. SI ■	15	10	80	60	175	75 *	200 *	15

* Mesure ou impulsions

■ Structure Mesa

TRANSISTORS DE PUISSANCE

TYPE	NATURE	LIMITES ABSOLUES D'UTILISATION A 25° C						CARACTERISTIQUES MOYENNES A 25° C				
		Pc		V _{CB} (V)	V _{CE} (V)	I _c (A)	T _j (° C)	V _{CE sat} I _c :2A (V)	h 21 E			
		AILETTE	(W)						I _c (A)		I _c (A)	
146 T 1	PNP. GE	infinie	40	40	30*	3	85		0,5	42	1	30
147 T 1	PNP. GE	infinie	40	60	40*	3	85		0,5	42	1	30
2 N 441	PNP. GE	infinie	70	40	40	15	95		5	30	12	20
2 N 174	PNP. GE	infinie	70	80	55	15	95		5	38	12	20
2 N 1208	NPN. SI ■	infinie	85	60	60*	5	185		2	2	30	
2 N 1209	NPN. SI ■	infinie	85	45	45*	5	185		2	2	40	
2 N 1616	NPN. SI ■	infinie	85	60	60	5	185	0,5	2	2	45	
2 N 1618	NPN. SI ■	infinie	85	100	100	5	185	0,5	2	30		
2 N 1724	NPN. SI ■	infinie	100	120	80	5	175	< 1	2	> 20		
2 N 1724 A	NPN. SI ■	infinie	100	180	120	5	175	<				

■ Structure Mesa, commutation rapide

* Valeur maximum

TRANSISTORS A STRUCTURE PLANAR PASSIVEE

TYPE	NATURE	LIMITES ABSOLUES D'UTILISATION A 25° C						CARACTERISTIQUES MOYENNES A 25° C				
		Pc (m W)	V _{CB} (V)	V _{CE R*} (V)	I _c (mA)	T _j (° C)	h 21 E	V _{CE Sat}		F _t (MHz)		
								I _c (mA)	V			
2 N 696	NPN. SI	600	60	40		175	40	150	1,5 max	150		80
2 N 697	NPN. SI	600	60	40		175	80	150	1,5 max	150		100
2 N 698	NPN. SI	800	120	80		175	40	150	5 max	150		90
2 N 699	NPN. SI	600	120	80		175	80	150	5 max	150		120
2 N 1420	NPN. SI	600	60	30		175	100	150	1,5 max	150		
2 N 1420 A	NPN. SI	800	60	40		175	100 min	150	1,5 max	150		
2 N 1613	NPN. SI	800	75	50		200	80	150	1,5 max	150		100
2 N 1711	NPN. SI	800	75	50		200	200	150	1,5 max	150		
2 N 1889	NPN. SI	800	100	80		200	40 min	150	5 max	150		
2 N 1890	NPN. SI	800	100	80		200	40 min	150	5 max	150		
2 N 1893	NPN. SI	800	120	100		200	80	150	5 max	150		70
2 N 1990	NPN. SI	600	100			150	20 min	30	0,5 max	2		
2 N 2192 A	NPN. SI ■	800	60	40	1000	200	200	150	0,16	50		100
2 N 2193 A	NPN. SI ■	800	80	50	1000	200	80	150	0,16	150		100
2 N 2194 A	NPN. SI ■	800	60	40	1000	200	40	150	0,16	150		80
2 N 2195 A	NPN. SI ■	600	45	25	1000	200	40	150	0,16	150		80
2 N 706	NPN. SI ■	300	25	20		175	20 min	10	0,6 max	10		200
2 N 706 A	NPN. SI ■	300	25	20		175	40	10	0,6 max	10		200
2 N 708	NPN. SI ■ ●	360	40	20		200	70	10	0,4 max	10		300
2 N 753	NPN. SI ■	300	25	20		200	80	10	0,6 max	10		200
2 N 834	NPN. SI ■	300	40		200	175	25 min	10	0,25 max	10		350
2 N 914	NPN. SI ■ ●	360	40	20		200	75	10	0,7 max	200		300
2 N 918	NPN. SI ■	200	30	15		200	20 min	3	0,4 max	10		900

■ Couche épitaxiale. * R_{BE} = 10 Ω

● Dispositifs développés sous contrat S.T.T.A.

DIODES SOUS CARTOUCHE CÉRAMIQUE

TYPE	SUR CHARGE RESISTIVE A 25° C		I. dir. max. à 100 °C (mA)	Chute de tension directe pour l'intensité nominale (V)	Courant inverse à 25 °C (μA)
	U inverse de crête (V)	I. dir. max. (mA)			
SBA 5 L	1500	150	100	15	25
SBA 8 L	2400	150	80	24	25
SBA 10 L	3000	150	80	15	25
SBA 12 L	3600	150	80	18	25
SBA 16 L	4800	150	80	24	25
SBA 20 L	6000	65 à 75 °C		30	25

Equivalences US : SBA 5 L = 1 N 1133. SBA 8 L = 1 N 1137. SBA 12 L = 1 N 1140. SBA 16 L = 1 N 1142. SBA 20 L = 1 N 1143 A.

N region — Région N (d'un semi-conducteur où la densité des électrons est supérieure à celle de la cavité).

N scan — Voir « N display ».

N scope — Tube à écran d'un radar qui fournit une présentation visuelle de type N.

nsec — Abréviation de « nanosecond » (nanoseconde).

N shell — Couche N (la quatrième couche des électrons autour du noyau d'un atome).

NTC — Abréviation de « Negative temperature coefficient » (coefficient négatif de température).

N-terminal network — Réseau à N bornes.

N-terminal-pair network — Réseau à N couples de bornes.

Nth order harmonic distortion — Distortion de l'harmonique d'ordre n.

NTSC — Abréviation de « National Television System Committee ».

N-type conductivity — Conductivité de type N (conductivité par électrons dans un semi-conducteur).

N-type crystal rectifier — Cristal redresseur dans lequel le courant direct circule lorsque le semi-conducteur est négatif par rapport au métal.

N-type semiconductor — Semi-conducteur de type N (semi-conducteur extrinsèque dans lequel les électrons sont les porteurs principaux).

Nu — Lettre grecque qui s'emploie comme symbole de réluctance.

Nuclear — Nucléaire.

Nuclear absorption — Absorption d'énergie par la noyau d'un atome.

Nuclear battery — Batterie nucléaire.

Nuclear cell — Pile nucléaire.

Nuclear charge — Charge nucléaire.

Nuclear disintegration — Désintégration nucléaire.

Nuclear energy — Energie nucléaire.

Nuclear fission — Fission nucléaire.

Nuclear force — Force nucléaire.

Nuclear fuel — Combustible nucléaire.

Nuclear fusion — Fusion nucléaire.

Nuclear medicine — Médecine Nucléaire.

Nuclear paramagnetism — Paramagnétisme nucléaire.

Nuclear particle — Parcelle nucléaire.

Nuclear photodisintegration — Réaction nucléaire.

Nuclear physics — Physique nucléaire.

Nuclear pile — Pile nucléaire.

Nuclear power — Energie nucléaire.

Nuclear propulsion — Propulsion nucléaire.

Nuclear radiation — Radiation nucléaire.

Nuclear reaction — Réaction nucléaire.

Nuclear reactor — Réacteur nucléaire.

Nuclear spontaneous reaction — Réaction nucléaire spontanée.

Nuclear structure — Structure nucléaire.

Nuclear theory — Théorie nucléaire.

Nuclear weapon — Arme nucléaire.

Nucleogenesis — Nucléogénèse (la formation naturelle de nucléus).

Nucleon — Nucléon.

Nucleonics — Nucléonique.

Nucleon number — Nombre de masse.

Nucleus — Nucléus (partie centrale d'un atome).

Nuclidic mass — Masse atomique.

Nuisance area — Zone d'interférence.

Null — Valeur minimum ou zéro de courant électrique dans un circuit.

Null detection — Méthode pour faire des relèvements radiogoniométriques, dont la position de l'antenne s'altère jusqu'à trouver celle qui correspond à l'intensité minimum du signal reçu.

Null detector — Indicateur de zéro ou d'équilibre.

Nullity — Nullity annulation, zéro d'un signal gonio.

Null method — Méthode du zéro (méthode de mesure dont la lecture se réalise après que le circuit ait été équilibré, pour l'aiguille de l'instrument de lecture à zéro).

Nullode — Tube à gaz dépourvu d'électrode.

Null voltage — Tension zéro.

Number — Numéro; nombre.

Numbering — Numérotage. Numérotation.

Number of turns — Nombre des spires.

Number system — Système numérique.

Numerator — Numérateur.

Numeric — Numérique.

Numerical flags — Drapeaux numériques (de numérotation).

Numeric coding — Codification numérique. Indicatif numérique.

Nutating feed — Partie d'une antenne de radar qui produit une déflexion oscillante du faisceau dont un plan de polarisation reste fixe.

Nutation field — Diagramme de champ tridimensionnel d'une antenne directionnelle ou à faisceau, ayant un « nutating feed ».

nv — Abréviation de « Neutron flux » (flux de neutrons).

Nyquist criterion — Paramètre employé dans la théorie sur les servo-mécanismes.

Nyquist diagram — Diagramme de Nyquist (le diagramme par l'intermédiaire duquel on peut déterminer la stabilité d'un système de contrôle).

N zone — Région N (d'un semi-conducteur).

O

O — Nomenclature JAN pour « oscillators » (oscillateurs).

OA — Nomenclature JAN pour « operating assemblies ».

OB — Abréviation de « Outside broadcast ».

OBI — Abréviation de « Omnibearing indicator ».

Objective lens — Objectif (lentille).

Oblique anode — Anode oblique (d'un tube à rayons X).

Oblique electrode structure — Structure des électrodes obliques (d'un tube électronique).

Oblique-incidence structure — Emission d'une onde radio) d'incidence oblique.

Oboe — Système de radar de navigation, de portée limitée et qui fonctionne dans la gamme de fréquence entre 3150 et 3240 MHz.

OBS — Abréviation de « omnibearing selector ».

Observation — Observation.

Observatory — Observatoire.

Observe (to) — Observer.

Observed radio bearing — L'angle déterminé par la direction de la ligne de propagation de l'onde radio reçue et une ligne fixe arbitraire c'est-à-dire relèvement.

Observer — Observateur.

Obsolence free — Projetée de façon à n'être pas supplantée trop vite par suite des inventions ou innovations nouvelles.

Obsolete — En désuétude.

Obstacle — Obstacle, repère.

OC — Nomenclature AN pour « Group » (groupe).

Occlude (to) — Absorber.

Occluded gas — Gaz absorbé.

Occulting light — Phare intermittent (dont le signal est déterminé d'une période de lumière que suit une période obscure).

Ocean station — Station océanique.

Ocean station call sign — Signal d'appel d'une station océanique.

Oct — Abréviation de « Octal ».

Octal base — Support octal.

Octal glass-type tube — Tube en verre avec le support octal.

Octal socket — Support octal.

Octal system — Système arithmétique de numération de base huit.

Octal tube — Tube à culot octal.

Octantal component of error — Composant de l'erreur de relèvement qui varie en forme sinusoïdale de quatre fois (radar).

Octave — Octave (intervalle entre deux fréquences quelconques ayant la relation de 2 à 1).

Octave-band pressure level — Niveau de pression sonore pour une bande de fréquence correspondant à une octave spécifique.

Octave filter — Filtre d'octave (filtre passe-bande où la fréquence de coupe supérieure est le double de celle inférieure).

Octave pressure level — Voir « Octave-band pressure level ».

Octode — Octode (lampe à huit électrodes: une anode, une cathode, une grille de contrôle et cinq électrodes de plus sous forme de grilles).

Octuple-phantom circuit — Circuit fantôme octuple.

od — Abréviation de « outside diameter » (diamètre extérieur).

ODA — Abréviation de « Operation data analysis » (étude des données de fonctionnement).

ODAP — Abréviation de « Operation data analysis program » (programme d'étude des données de fonctionnement).

Odd — Impair.

Odd-even check — Contrôle qu'on réalise dans un calculateur, en réunissant un numéro à chaque mot pour vérifier si le total de ces mots est pair ou impair.

Odd-even nuclei — Noyau impair-pair (qui a un nombre impair de protons et pair de neutrons).

Odd harmonic — Harmonique d'ordre impair.

Odd-odd nuclei — Noyau impair-impair (qui a un nombre impair de protons et de neutrons).

Odograph — Odographe (dispositif électronique automatique qui trace la route d'un véhicule sur une carte).

Odoriferous homing — Radioalignement odoriférant (d'un sous-marin en immersion, par un avion équipé d'un dispositif électronique qui révèle l'air ionisé que les gaz de décharge du « schnorkel » produisent).

ODR — Abréviation de « Omnidirectional radio range ».

O electron — Electron O (ayant une orbite dans la cinquième couche des électrons qui entourent le noyau d'un atome).

Oersted — Unité de mesure de l'intensité d'un champ magnétique.

Off — Débranché, exclus, non compris.

Off center — Décentré.

Off-center diople — Dipôle excentrique (dipôle rotatif monté sur un réflecteur parabolique selon un certain angle par rapport à l'axe de rotation pour fournir un balayage conique).

Off-center display — Présentation (radar) décentrée.

Off-center plan display — Présentation panoramique (radar) décentrée.

Off-net station — Station qui ne fait pas partie d'un réseau.

Off period — Période d'interdiction (d'un tube électronique).

Off-position — Position de repos.

Off-scale — Hors d'échelle.

Offset — Déplacé, incliné, penchant. Décalage.

Offset angle — Angle d'inclinaison.

Offset center plan display — Présentation panoramique (radar) décentrée.

Offset course computer — Calculateur automatique de route.

Offset heads — Têtes (magnétiques) décalées (qui ne sont pas en ligne droite).

Offset ppi — présentation panoramique (radar) décentrée.

Offset stereophonic tape — Ruban stéréophonique enregistré avec de têtes décalées.

Offsetting — Compensation.

Off-station — Station océanique hors des limites de la surface assignée à elle.

Off-time — Temps de repos.

OFHC — Abréviation de « Oxygen-free high-conductivity copper ».

O guide — Ligne de transmission formée d'une structure cylindrique creuse.

Ohm — Unité de mesure de la résistance électrique.

Ohmage — Résistance.

Ohmic — Ohmique.

Ohmic contact — Contact ohmique (de deux matériaux entre lesquels le dévoltage est proportionnel au courant qui les traverse).

Ohmic drop — Chute ohmique (différence de potentiel due au c.c. qui traverse une résistance).

Ohmic loss — Perte ohmique.

Ohmic resistance — Résistance ohmique.

Ohmic value — Valeur ohmique (résistance en ohm qu'un composant ou circuit offre à l'écoulement d'un courant continu).

Ohmmeter — Ohmmètre (instrument pour mesurer la résistance en ohms).

Ohmmeter zero adjustment — Potentiomètre ou un autre moyen pour compenser la réduction de la tension fournie par la batterie d'un ohmmètre.

Ohm's law — Loi d'ohm (le courant qui traverse un circuit électrique est directement proportionnel à la tension, et inversement proportionnel à la résistance. $E=IR$; $I=E/R$; $R=E/I$).

Ohms per volt — Ohms par volt (titre de sensibilité pour les instruments de mesure, qu'on obtient en divisant la ré-

sistance en ohms de l'instrument d'une portée particulière par la valeur de tension de fond d'échelle de cette portée. La sensibilité de l'instrument augmente si la valeur d'ohms par volt en fait autant).

Oil blast circuit breaker — Interrupteur à jet d'huile.

Oil circuit breaker — Interrupteur à huile.

Oil-cooled transformer — Transformateur refroidi à huile.

Oil-cooled tube — Tube refroidi à huile.

Oiled cloth — Tissu traité avec l'huile de lin pour en augmenter le pouvoir isolant.

Oiled muslin — Mousseline (tissu de coton) traitée avec du vernis isolant.

Oiled paper — Papier traité avec l'huile de lin ou du vernis afin d'améliorer les propriétés isolantes.

Oil-filled cable — Câble dont le blindage d'isolation est imprégné d'huile.

Oil-immersed, forced oil-cooled — Transformateur dont le noyau et les enroulements sont immergés dans l'huile et la réfrigération est obtenue par circulation forcée de l'huile.

Oil immersed self-cooled transformer — Transformateur immergé dans l'huile, réfrigéré au moyen de la circulation naturelle.

Oil-immersed transformer — Transformateur immergé dans l'huile.

Oil-immersed tube — Tube (à rayons x) immergé dans l'huile.

Oil-immersed water-cooled transformer — Transformateur immergé dans l'huile, réfrigéré au moyen de la circulation de l'eau.

Oil switch — Interrupteur à l'huile.

Oil transformer — Transformateur à bain d'huile.

Okonite — Caoutchouc isolant pour conducteurs.

Omega (Ω) (u) — Lettre grecque employée comme symbole pour: ohm (majuscule) vitesse angulaire = $2\pi f'$ (minuscule).

Omegatron — Spectromètre de masse miniature qui peut être fixé à un tube électronique et employé pour détecter les gaz restants après avoir réalisé le vide.

Omni-antenna — Antenne omnidirectionnelle.

Omnibearing — Omnidirectionnel.

Omnibearing converter — Convertisseur omnidirectionnel (dispositif électronique qui combine un signal omnidirectionnel avec les informations de route de l'avion pour fournir les signaux nécessaires pour commander l'aiguille d'un radio-indicateur magnétique).

Omnibearing-distance facility — Radiophare omnidirectionnel muni de dispositifs pour la mesure de la distance.

Omnibearing-distance navigation — Système de navigation radio à coordonnées polaires par radiophare omnidirectionnel et dispositif pour la mesure de la distance.

Omnibearing indicator — Indicateur omnidirectionnel.

Omnibearing line — Un axe particulier issu d'un radiophare omnidirectionnel.

Omnibearing selector — Instrument sélecteur de route.

Omnibus bar — Barre omnibus d'un avion (ligne générale de retour ou masse).

Omnidirectional — Omnidirectionnel, qui reçoit et transmet dans toutes les directions.

Omnidirectional antenna — Antenne omnidirectionnelle (antenne qui possède un diagramme de rayonnement circulaire).

Omnidirectional beacon — Radiophare omnidirectionnel (qui rayonne dans toutes les directions).

Omnidirectional hydrophone — Hydrophone omnidirectionnel.

Omnidirectional microphone — Microphone omnidirectionnel (dont la réponse est pratiquement indépendante de la direction d'incidence des ondes sonores).

Omnidirectional radio range — Radioalignement omnidirectionnel.

Omnidirectional range — Portée omnidirectionnelle.

Omnidirectional range station — Station de radioalignement omnidirectionnelle.

Omnidirectional antenna — Antenne omnidirectionnelle.

Omnidistance — Distance égale entre plusieurs points et un foyer.

Omnigraph — Omnigraphe (dispositif qui sert à la conversion en signaux acoustiques des signaux en code Morse imprimés sur une bande perforée).

Omnirange — Aide radio à la navigation aérienne qui crée un nombre infini d'axes dans l'espace sur un plan horizontal de 360°.

On — Inséré. En service.

Onboard guidance system — Système automatique de contrôle de vol d'un véhicule spatial sans pilote, auquel il envoie des signaux de guidage.

On-course signal — Signal radio continu qui indique que l'avion qui les capte suit la route désirée.

Ondograph — Onde-graphe (instrument qui révèle graphiquement la forme d'onde d'une tension alternative).

Ondometer — Ondemètre ou fréquencesmètre.

Ondoscope — Ondoscope (tube à gaz employé comme indicateur d'ondes radio à fréquence élevée).

One-address instruction — Instruction de programmation d'un ordinateur numérique qui réalise explicitement une seule opération.

One-cycle — Une seule période, un Hz.

One-cycle multivibrator — Multivibrateur monostable.

One-dial control — Commande unique à cadran.

One-fluid cell — Pile ayant le même électrolyte en contact avec les deux électrodes.

One-hour rating of the motor — Puissance par heure du moteur.

One-line data reduction — Elaboration des informations, dans un ordinateur, à mesure que ces dernières sont reçues.

One-many function switch — Commutateur ayant un certain nombre d'entrées et de sorties, où on peut exciter chaque fois une seule entrée et chaque entrée produit une certaine combinaison de sortie.

One-plus-one instruction — Instruction (dans un ordinateur) à deux expressions.

One-port — Une auto-impédance.

One-shot — Monostable.

One-shot multivibrator — Multivibrateur monostable.

**L'AGENT TECHNIQUE ELECTRONICIEN de
LABORATOIRE dans un CENTRE de RECHERCHE**

(voir page 4)

sidérable et ne pouvait souffrir d'être prolongé d'en-
core autant.

Nous avons préféré étudier les schémas des appareils
et leur fonctionnement. En quinze jours, nous avons
modifié les codes qui n'étaient pas conformes et même
apporté quelques perfectionnements supplémentaires,
tels une Remise à Zéro automatique à la mise sous ten-
sion, et le Retour Chariot automatique de l'imprimante
à la fin d'un certain cycle.

Venez voir: voilà la carte imprimée que nous avons
réalisée et ajoutée dans l'appareil, elle est assez sem-
blable à celle du conducteur.

— C'est remarquable. Vous fabriquez donc des cartes
à circuits imprimés ?

— Eh oui ! Nous avons été amenés à les réaliser ici,
nous-mêmes, pour les mêmes raisons de délai et de
quantités réduites.

— J'aurais cru que c'était très difficile.

— Non, pas vraiment. Il nous faut des plaques iso-
lantes, d'un mètre carré environ, recouvertes de cui-
vre. Elles sont découpées aux dimensions nécessaires
à l'aide d'une scie à ruban. Puis le circuit électrique
est dessiné à l'aide de bandes de scotch, sur une feuille
de « Kodatrace » à l'échelle 1 de même format que l'on
photographie alors (nous avons notre propre labo pho-
to très bien équipé). Puis on applique ensuite le négatif
sur la plaque découpée, enduite de « Résifax ». On ob-
tient un positif sur la plaque isolante cuivrée elle mê-
me.

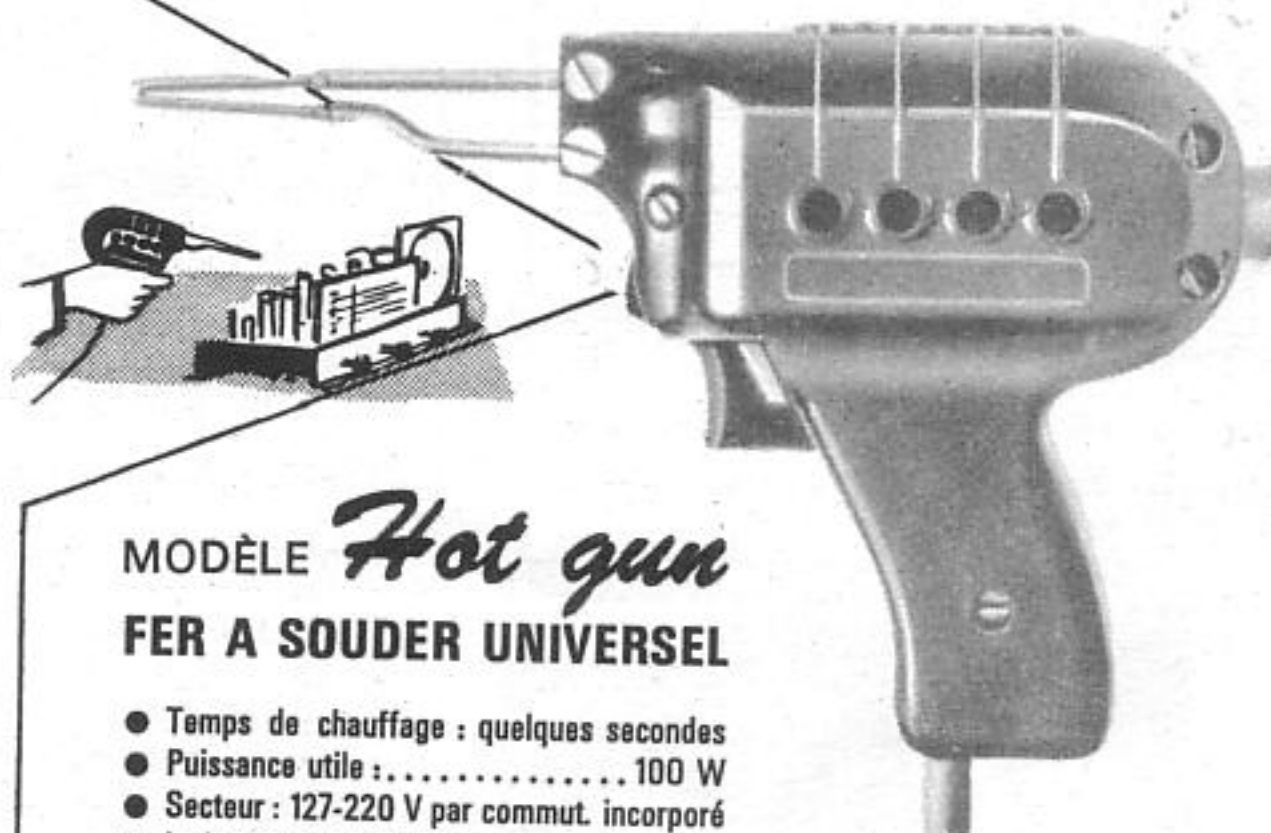
On l'attaque à l'acide (perchlorure de fer) pour éli-
miner l'excédent de cuivre; il ne reste que le dessin du
circuit. On perce alors les trous de fixation des divers
éléments, condensateurs, résistances, transistors, que l'on
positionne avant de passer le tout dans notre bain de
soudure. Tout le montage que nous avons conçu pour
ces différentes étapes est entièrement automatique et a
été réalisé pour nous, par nous. Une carte com-
mencée le matin est complètement terminée avant la
fin de la journée et notre spécialiste « maison » peut
poursuivre simultanément un autre travail pendant le
trempage, ou le séchage.

— Voilà, en effet, qui me semble un exemple de réa-
lisation passionnante pour un jeune agent technique,
actif et dynamique. Ils ne doivent pas s'ennuyer sou-
vent chez vous ?

— Je ne le pense pas, d'autant que nous avons plu-
sieurs études « en chantier », d'importance et d'urgence
différentes, afin d'être toujours occupés même lorsque
des difficultés imprévues d'approvisionnement de ma-
tériel par exemple - stoppent l'une d'entre elles.

suite dans le prochain Numéro.

DE BONNES SOUDURES EXIGENT
le FER A SOUDER **Superflash**



MODÈLE *Hot gun*
FER A SOUDER UNIVERSEL

- Temps de chauffage : quelques secondes
- Puissance utile : 100 W
- Secteur : 127-220 V par commut. incorporé
- Isolement : 5.000 V en essais de pointe
1.500 V en continu
- Interchangeabilité de la panne
- Eclairage puissant de la zone à souder
- Fonctionnement normal intermittent : plu-
sieurs dizaines de milliers d'opérations.

- FORME RATIONNELLE
- COLORIS FONCTIONNEL
- MATIÈRE : MÉLAMINE
- SÉCURITÉ ABSOLUE

★ Chaque pistolet est livré en coffret plastique avec bobine de
soudure et pinceau métallique pour nettoyage de la panne.

DOCUMENTATION GRATUITE SUR SIMPLE DEMANDE A
SUPERTONE 98, RUE PAUL-VAILLANT-COUTURIER
LEVALLOIS (SEINE) ● TÉL. PER. 22-52

REMISE spéciale AUX LECTEURS SE
RECOMMANDANT DE "VOTRE CARRIÈRE"...

Agence PUBLITEC 1246

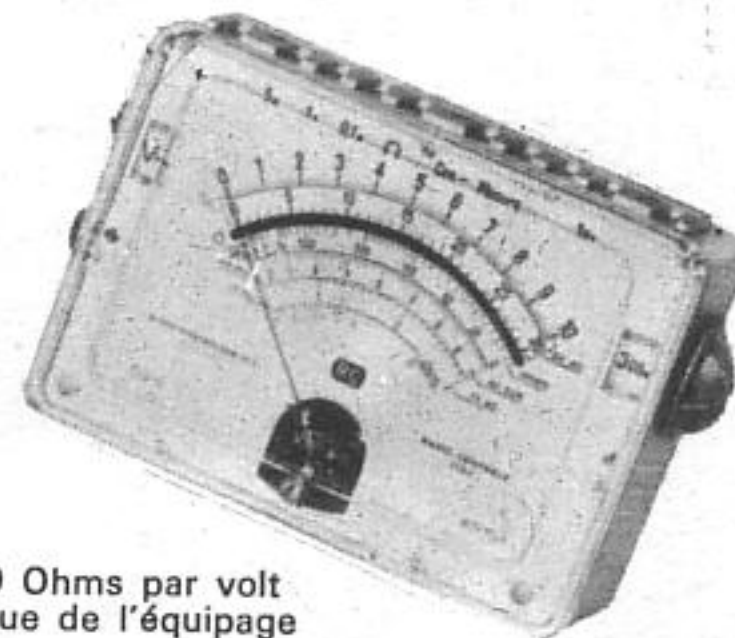
mesurer
c'est savoir !
(GEORGES OHM)

CONSULTEZ

RADIO-CONTROLE

IL VOUS EXPOSERA LES AVANTAGES MUL-
TIPLES DE SA GAMME D'APPAREILS DE MESURE

VOICI LE
**SUPER CONTROLEUR
DE POCHE
TYPE SC 3
50.000 Ω par Volt !**



Ses avantages :

- Suppression des pivots, crapaudines et spiraux
- Résistance interne de 50.000 Ohms par volt
- Protection statique automatique de l'équipage à cadre mobile
- Grand cadran à échelles multiples
- Les sensibilités 300 millivolts et 1 volt en continu 225.000 et 50.000 Ω
- Ohmmètre 4 gammes
- Cache transparent en plexiglas incassable
- Dimensions 160 x 115 x 55 mm
- Poids : 0,850 Kg

EN VENTE CHEZ TOUS LES BONS REVENEURS RADIO

RADIO-CONTROLE CATALOGUE GRATUIT SUR DEMANDE
141, RUE BOILEAU - LYON (6^e)

DIODES A JONCTION AU SILICIUM

TYPE	U inv. max. de crête non récurrent (V)	U inv. de crête max. admi. récurrent (V)	U eff. max. admissible (V)	I inv. max. moyen redr. de 1 altern. (μ A) TA		VALEUR MAX. du COUR. REDRES. en FONCT. de TA							I surch. accid. max. durée 10 ms (A)	chute de tens. moy. en redr. 1 altern. (V) Id (ma)	
						25°C (mA)	30°C (mA)	50°C (mA)	85°C (A)	100°C (mA)	135°C (mA)	150°C (mA)			
60 J 2	70	200	140	65	100°	400				150			2,5 (1s.)	1,25	400
à 66 J 2	720	600	425	50	100°	400				150			2,5 (1s.)	1,25	400
1 N 645 ●	270	200	210	15	100°	400						150	3 (1s.)	1	400
à 1 N 649 ●	720	600	420	25	100°	400						150	3 (1s.)	1	400
10 J 2		50	35	300	100°	500				300			5	0,5	300
à 18 J 2		800	560	300	100°	300				150			5	0,5	150
1 N 536	100	50	35	400	150°			750		500		250	15	0,5	250
à 1 N 540 ★	600	400	280	300	150°			750		500	320	250	15	0,5	250
1 N 547 ★	800	600	420	300	150°			750		500	320	250	15	0,5	250
1 N 1095	700	500	350	300	150°		750	675		430	250		15	0,5	250
1 N 1096	800	600	420	300	150°		750	640		390	150		15	0,5	250
1 N 1115	200	100	70	400	150°				1,5 *			600 *	15	0,65	600
à 1 N 1120	800	600	420	300	150°				1,5 **		600 *		15	0,65	600

● TA : De — 65 à + 150°C.

★ Existe en spécification MIL. - 1 N 538 : Existe en spécification MIL.

* Température du boîtier.

** A 70° boîtier.

PHOTODIODES PLANAR

TYPE	Tension maximale de fonctionnement (V)	CARACTERISTIQUES : V = + 24 V		
		I obscurité max. à 25° C (μ A)	I obscurité nominale à 25° C (μ A)	Sensibilité nominale à 2.500 Lux (μ A/Lux)
30 F 2	40	0,1	0,02	0,01 *
31 F 2	40	0,1	0,02	0,02
32 F 2	40	0,1	0,02	0,05
33 F 2	40	0,1	0,02	0,09
34 F 2	40	0,1	0,02	0,16
35 F 2	40	0,1	0,02	0,1 **

* à 10.000 Lux.

** à 500 Lux.

CRISTAUX DÉTECTEURS POUR HYPERFRÉQUENCES

TYPE	Equivalence USA	Polarité	Fréquence d'utilisat. (MHz)	Pertes de conversion max. (dB)	Rapport de température de bruit max	Ener. de l'imp. d'ess. de surcharge (Erg)	Taux. ondes stat. mini. à 3.060 MHz	Taux. ondes stat. mini. à 9375 MHz	Impédance MF (Ω)
TH 8021 B	1 N 21 BR	Inverse	3.000	6,5	2	2	0,5		200 à 800
TH 8121 B	1 N 21 B	USA	3.000	6,5	2	2	0,5		200 à 800
TH 8021 C	1 N 21 CR	Inverse	3.000	5,5	1,5	2	0,5		200 à 800
TH 8121 C	1 N 21 C	USA	3.000	5,5	1,5	2	0,5		200 à 800
TH 8023 B	1 N 23 BR	Inverse	10.000	6,5	2,7	1		0,5	200 à 600
TH 8123 B	1 N 23 B	USA	10.000	6,5	2,7	1		0,5	200 à 600
TH 8023 C	1 N 23 CR	Inverse	10.000	6	2	1		0,7	200 à 500
TH 8123 C	1 N 23 C	USA	10.000	6	2	1		0,7	200 à 500
TH 8023 E	1 N 23 WEP	Inverse	10.000	6 max	1,4 max.	1		0,7	335 à 465
TH 8123 E	1 N 23 WE	USA	10.000	6 max	1,4 max.	1		0,7	335 à 465

— LES FOURNISSEURS DE VOTRE MATERIEL —

ELECTRONIQUE MONTAGE

111, BD RICHARD LENOIR - PARIS XI^e
(métro oberkampf)
SPÉCIALISTE MODULES RÉUSSITE COMPLÈTE
TOUS LES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES
EXPÉDITION PROVINCE

Amateurs, Installateurs, Dépanneurs,
les valises de dépannage Radio TV Sptés
PAUL sont en vente dans toute la France.
5 modèles.
Adresse de nos Agents sur simple demande.
Spécialités Ch. PAUL - 28, rue Raymond Lefebvre
MONTREUIL (Seine) Tél. : 287-54-16

CIBOT RADIO

1 à 3, RUE DE REUILLY - PARIS 12^e
TEL. : DID. 66-90

TOUT L'OUTILLAGE
POUR L'ÉLECTRONIQUE

Catalogue complet de pièces détachées : 5 F

Catalogue de Kit

Ensemble de pièces détachées

Du poste à galène au téléviseur

EXPÉDITION A LETTRE LUE PARIS-PROVINCE

RADIO-BEAUGRENELLE

6, RUE BEAUGRENELLE - PARIS 15^e
TEL. : 828.58.30

TOUTE LA PIÈCE DÉTACHÉE RADIO
LAMPES-TRANSISTORS-TÉLÉVISION
EXPÉDITION PROVINCE

Envoi du tarif contre 3 timbres-lettre

MIEUX QU'UN CATALOGUE !

Tous ceux qui s'intéressent à la radio se doivent de posséder
le **MEMENTO ACER**
VÉRITABLE DIGEST DE L'ÉLECTRONIQUE
TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES
TOUTE UNE GAMME DE MONTAGE EN KIT
Envoi contre 6F pour frais
ACER 42bis, rue de Chabrol - PARIS 10^e



80 PAGES contre 2.50 en timbres pour frais d'envoi

● HIFI (amplis - HP - tuners FM - enceintes acoustiques) ● Grand choix de pièces détachées ● Appareils de mesures ● Outillage ● Appareils électriques ● De nombreuses réalisations ● Sur place : un choix énorme à des prix "champion".

Comptoirs CHAMPIONNET

14, RUE CHAMPIONNET - PARIS 18^e
Tél. ORN. 52-08 - C.C.P. 12.358.30 Paris
Métro : Porte de Clignancourt et Simplon

RETEXKIT

CONSTRUISEZ-LE VOUS-MÊME
KIT POUR RADIO-AMATEURS
KIT D'APPAREILS ÉLECTRONIQUES

Demandez notre catalogue
sans engagement de votre part

TERA-LEC 51, RUE DE GERGOVIE
PARIS-14^e - SEG. 09-00

MAGNETIC-FRANCE

SPÉCIALISTE DU "KIT"
PIÈCES DÉTACHÉES POUR :

Tuners, magnétophones, amplis, orgue électronique, chambre d'échos, réverbérateurs.

- Lampes
- Transistors

SERVICES ET CONSEILS TECHNIQUES

175, RUE DU TEMPLE - PARIS-3^e
Archives 10-74 Métro : Temple, République

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES
Radio-Télévision • Industrie • Télécommande
Chaines Haute Fidélité • Amplis • Tuners FM

RADIO-VOLTAIRE

GROSSISTE OFFICIEL "COPRIM TRANSCO"
GROSSISTE TUBES INDUSTRIELS "RADIOTECHNIQUE"
155, Avenue Ledru-Rollin, PARIS-11^e ROQ. 98-64
R. C. SEINE 174 13412 - Métro : Line Rollin Place VOLTAIRE - Archives : 48-16-41-19-20 - C. P. 5408-71 PARIS

EMY-RADIO

Spécialiste des grandes marques d'importation
Téléviseurs - Récepteurs - Transistors - Magnétophones
Elect. phones - HI-FI - Enceintes acoustiques - Emetteurs
récepteurs - Interphones, etc...

Toutes expéditions en province. Catalogue de nos prix sur
simple demande - 19, rue de l'Ancienne Comédie
PARIS 6^e Tél. : DAN. 63-05

POUR TOUS VOS BESOINS EN COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES ET ENSEMBLES A MONTER SOI-MÊME

AUX CONDITIONS LES PLUS AVANTAGEUSES GRACE A NOTRE FORMULE DE VENTE DIRECTE

Magasins pilotes :

3, RUE LA BOËTIE - PARIS-8^e
9, BD ST-GERMAIN - PARIS-5^e

COGEREL

Départements :
VENTE PAR CORRESPONDANCE
COGEREL - DIJON (cette adresse suffit)

DOCUMENTATION GRATUITE SUR DEMANDE :
Catalogue KITS - CTR 8-493 - Catalogue PD - CTR 9-492
(joindre 4 timbres pour frais d'envoi)

RÉALISEZ VOS
POSTES A TRANSISTORS
LAMPOMETRE
SIGNAL TRACER



CONTROLEUR
UNIVERSEL



Economie
Sécurité
Réussite
assurée

Pièces détachées, en ensembles
complets, ou séparées avec schéma
et plans très détaillés

Documentation CA - contre 1,20 F en timbres

TECHNIQUE SERVICE

fermé le lundi
Métro
Charonne

17, Passage Gustave-Lepeu, Paris-11 - Tél. : ROQ. 37-71

CENTRAL-RADIO

35, rue de Rome - PARIS 8^e
522 12-00 et 12-01 CCP 728-45

Expédie dans toute la France toutes
les pièces détachées - Appareils de
mesure et l'outillage du Radio-
électricien.

CATALOGUE contre 4 timbres,
conseillers techniques à votre
disposition à nos magasins.

LE GRAND SPECIALISTE

des Petits Montages Récepteurs de Radio
et de la Radiocommande des Modèles Réduits.
- Ouvrages pour débutants -
Envoi du catalogue général contre 3 F
PERLOR-RADIO
16, R. Hérold, Paris (1^{er}) - Tél. CEN. 65-50

POUR
RECTA REUSSIR
A
COUP SUR ?
ESSAYEZ AVEC NOS
SCHEMAS
GRANDEUR
NATURE

MONTAGES FACILES

AMPLIS GUITARE 3 A 50 W
125 SCHÉMAS DE LAMPES
REMISE 25 à 30 %
SUR LAMPES-MAGNÉTOPHONES

Documentation complète c. 4,50 TP

Soc. **RECTA**
37, Av. LEDRU-ROLLIN - PARIS-12^e

NORD RADIO

TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES ET
ACCESSOIRES DES MEILLEURES MARQUES
A DES PRIX IMBATTABLES

TÉLÉVISEURS - RÉCEPTEURS à transistors
AMPLIS HI-FI - ELECTROPHONES
MAGNÉTOPHONES - INTERPHONES, etc...
Vendus en "KIT" et en ordre de marche.

139, RUE LA FAYETTE, PARIS-10^e
Tél. TRUdaine 89-44 - Autobus et Métro : GARE DU NORD

TOUS LES MAGNÉTOPHONES
(GRUNDIG, PHILIPS, etc.)
TÉLÉVISEURS - ENCEINTES ACOUSTIQUES
PLATINES TOURNE-DISQUES, etc. (Consultez-nous).