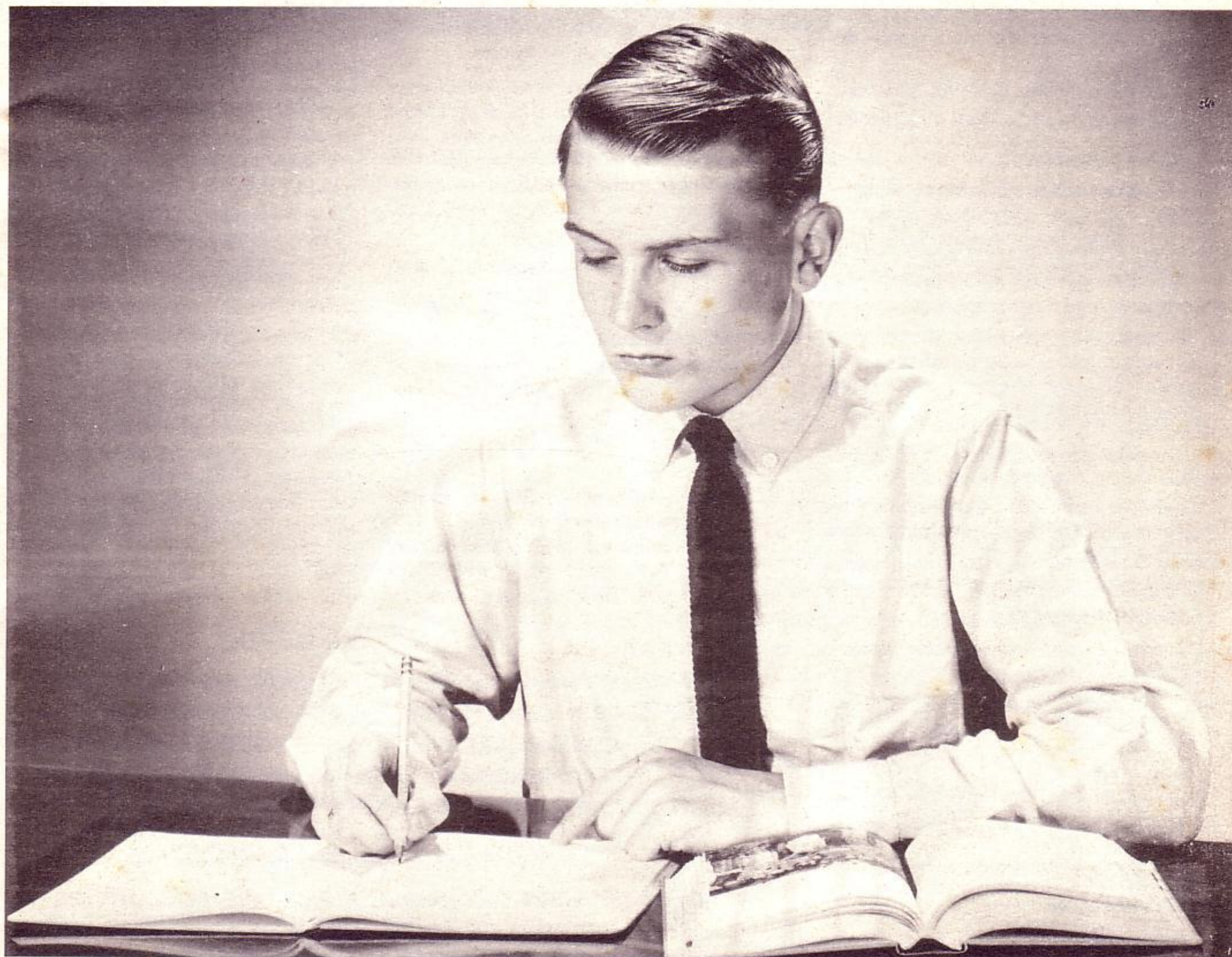


21

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



hebdomadaire pour la formation professionnelle - 22 - 29 juillet 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. J. D.

DISTRIBUTION

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

COPYRIGHT

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

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

Sommaire

★ Courrier des lecteurs	page 2
★ Ce que contient la Maison de l'O.R.T.F. de Paris	» 3
★ Modulation et démodulation	» 5
★ Microphones et Haut-parleurs	» 14
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 17
★ Symboles - Abréviations - Formules	» 27
★ Symboles schématiques	» 27
★ Questions sur les 61 ^{ème} et 62 ^{ème} leçons	» 27
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 28
★ Valeurs typiques pour étages d'amplification à pentodes	» 28
★ La fabrication des tubes électroniques	» 33
★ Nouveau microphone émetteur Philips	» 34

Courrier des lecteurs

M. RENE B. Visan (Vaucluse) nous demande des renseignements concernant la transformation d'un oscilloscope.

1°) Les tubes dont vous nous donnez la référence sont anciens et à l'heure actuelle, il n'existe plus de tubes exactement correspondants, ce qui entraîne automatiquement la modification du circuit de chaque tube et les valeurs des composants de ces circuits.

2°) Il nous faudrait connaître le schéma de votre oscilloscope avant de vous conseiller utilement au sujet de sa transformation. Nous ne connaissons pas le schéma dont vous parlez (livre de Raffin). Nous publierons un schéma d'oscilloscope lorsque nous aborderons le tube à rayons cathodiques dans la revue.

3°) Les transistors NPN sont utilisés dans les amplificateurs HF et VHF, les amplificateurs vidéo fréquence, les circuits de commutation, convertisseurs, etc... d'une façon générale, dans les

montages professionnels d'Electronique industrielle.

M. GERARD R. Marseille - nous demande les adresses des fournisseurs de matériel et d'autre part désire augmenter la gamme des valeurs du pont de Wheatstone.

1°) Vous trouverez tout le matériel nécessaire à la réalisation du pont de Wheatstone décrit dans le n° 7 de "Vosre Carrière" chez l'un des fournisseurs dont l'adresse figure dans la revue (les Fournisseurs de votre matériel).

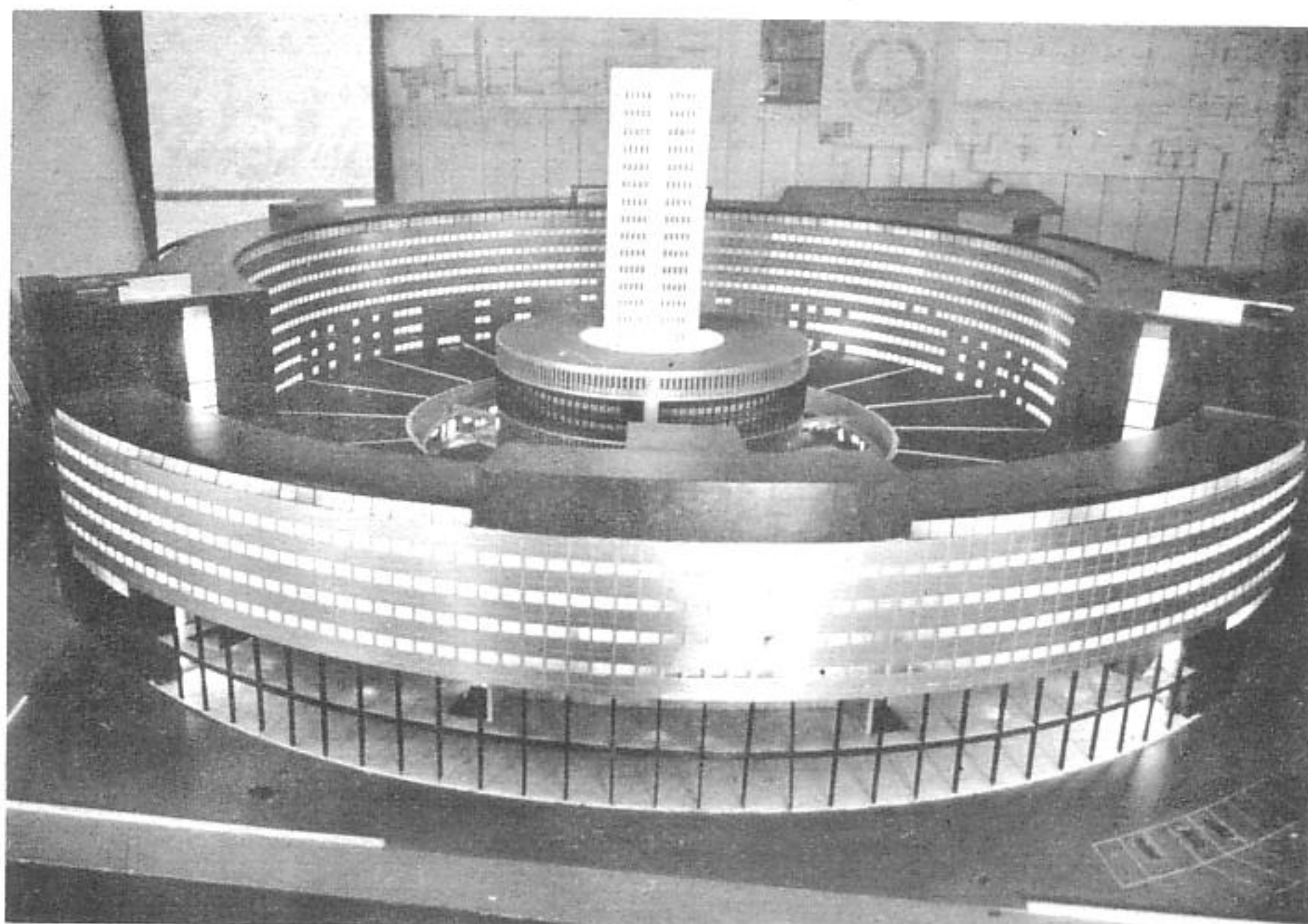
2°) Il est toujours possible d'étendre les limites d'utilisation d'un pont, en ajoutant des résistances étalons supplémentaires. Vous pouvez donc ajouter deux autres décades: 10 000 et 100 000 avec deux contacteurs supplémentaires. Cependant, nous ne voyons pas, personnellement, l'intérêt d'augmenter les gammes de mesure de cet appareil, les résistances de valeur très élevée, dépassant quelques mégohms, n'étant pas d'un emploi courant en électronique.

ANCIENS NUMEROS

LES ANCIENS NUMEROS DE "VOTRE CARRIERE" SONT VENDUS AU MEME PRIX DE COUVERTURE: 1 F. 60 - DEMANDEZ-LES AUX EDITIONS CHIRON, 40, RUE DE SEINE - PARIS 6^e - CCP 53-35 PARIS - PRIX EN BELGIQUE: 23 FB. - LES NUMEROS 1 A 10, ABONNEMENT POUR LA BELGIQUE: 22 FF.

COMMUNIQUE VACANCES

"VOTRE CARRIERE" CONTINUE A PARAÎTRE PENDANT LES VACANCES. AVEZ-VOUS PENSE AU MOYEN DE VOUS PROCURER LA REVUE DURANT CETTE PERIODE? PRENEZ DES AUJOURD'HUI VOS DISPOSITIONS POUR QUE VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX VOUS LA RESERVE OU BIEN CHERCHEZ-LA DANS LA LOCALITE OU VOUS VOUS RENDREZ ET SUGGEREZ AU REVENDEUR LOCAL DE LA DEMANDER AUX "NOUVELLES MESSAGERIES DE LA PRESSE PARISIENNE".



Ce que contient la Maison de l'O.R.T.F. de Paris

La maison de la Radio de PARIS est un édifice groupant sous l'autorité de la Direction Générale:

- d'une part, l'ensemble des services d'Administration et de gestion générale de la Radiodiffusion Télévision Française;
- d'autre part, l'ensemble de l'appareil de conception, de réalisation et de diffusion des programmes de radiodiffusion à PARIS.

I - LE PREMIER GROUPE comprend:

- la Direction Générale et ses Services (Conseils et Comités de Programme, Service des Relations avec la Presse et les Auditeurs notamment);
- l'Inspection Générale;
- la Direction des Services Techniques, avec les Services des Etudes, du Plan, du Matériel, des Bâtiments;
- la Direction des Services Extérieurs de l'Exploitation;
- la Direction des Relations vers l'Extérieur;
- la Direction des Programmes de télévision.

II - LE SECOND GROUPE comprend tous les éléments dont l'activité quotidienne contribue nécessairement, suivant un enchaînement **fonctionnel** à la présentation, à la réalisation et à la diffusion des programmes.

En quelques mots, voici comment les choses se passent:

Les programmes sont d'abord conçus dans leur ensemble, puis mis au point quant à la nature et à la consistance de leurs éléments (en ce qui concerne les programmes artistiques) ou rédigés (en ce qui concerne les émissions parlées d'information).

Pour leur présentation, on a recours aux vastes fonds que constituent la **bibliothèque littéraire et dramatique**, la **bibliothèque musicale** et le **Centre de Conservation des Enregistrements** et on recueille sur le vif par le

moyen des **Reportages**, l'écho de l'actualité.

La réalisation proprement dite est ensuite confiée aux speakers, musiciens et artistes qui, sous la direction éventuelle des producteurs, lisent ou jouent dans des **studios (fonction production)**; les studios sont des locaux de dimensions convenables pour chaque genre de production, traités acoustiquement de façon appropriée et équipés du matériel technique nécessaire pour que s'y effectue la **prise de son microphonique**, grâce à laquelle les sons sont traduits en courant électrique basse fréquence (courants faibles) dits courants de modulation qui seront par la suite transmis par câbles. On réalise très généralement des **enregistrements** sur disques ou sur bandes magnétiques et souvent à partir de plusieurs enregistrements des **montages (fonction Montage)**. Enfin on lit et on enchaîne les divers éléments de programme de façon à assurer le déroulement régulier de programmes continus dans les locaux dotés d'un équipement technique spécial, appelés **cabines de programme (fonction diffusion)**. Puis les programmes sont transmis au **Centre distributeur de Modulation**, véritable dispatching, à partir duquel ils sont distribués vers les différents Centres du réseau d'émetteurs, répartis sur l'ensemble du territoire.

On trouve donc:

A - pour la conception et la production des programmes:

- La Direction des Programmes de Radiodiffusion: programmes artistiques et journaux (Journal Parlé, Reportages, Magazines, Emissions vers l'Outre-Mer et les Territoires d'Outre-Mer).
- Les Secteurs de la Direction des Relations vers l'Extérieur, chargés des Echanges Internationaux de programme et des Emissions vers l'Etranger ainsi que de l'Enseignement du Français.

Ces directions disposent de moyens matériels à caractère artistique.

- Une bibliothèque littéraire et dramatique.
- Une bibliothèque musicale.
- Une bibliothèque d'information (hebdomadaires, Quotidiens, Ephémérides).
- Un Centre de Conservation des Enregistrements (dans la Tour Centrale).
- Un magasin d'instruments de musique et de matériel d'Orchestre.

B - pour la réalisation matérielle des éléments de programmes, les Services d'Exploitation qui organisent et contrôlent matériellement et techniquement la réalisation et la diffusion des programmes. Ils disposent pour cela:

- a) Pour la Production des programmes :
 - de studios spécialisés par genre (Musique - Variété - Théâtre - Informations) publics ou non-publics.
- b) Pour l'enregistrement des programmes :
 - Un Centre d'Enregistrement et de Montage.
- c) Pour l'Enchaînement et la Diffusion des éléments de programme:
 - des cabines de programme.
- d) Pour la distribution vers les émetteurs:
 - un centre distributeur de Modulation.

L'EQUIPEMENT DE LA MAISON DE L'O.R.T.F. DE PARIS

La Maison de la Radio de Paris est construite en vertu des principes essentiels suivants.

1° Protection des studios des bruits extérieurs grâce à la couronne de bâtiments les isolant de la rue (écran acoustique).

2° Isolation des studios du reste de l'édifice.

3° Communication rapide entre les studios et la Centrale technique d'une part et les collections d'autre part. Cette nécessité de communication rapide ajoutée à la nécessité, pour raison d'acoustique d'éviter les faces parallèles ont conduit tout naturellement à la forme circulaire de l'édifice.

4° Placement au centre de l'édifice des collections et de la Centrale Technique (couronne intérieure).

5° Prévision d'une zone de collections à l'aplomb des Centres d'Enregistrement de Montage et des Cabines de Programme (tour centrale).

6° Eclairage naturel et sécurité (cour entre les studios et le noyau central avec accès pour les véhicules de pompiers).

7° Séparation des zones correspondant aux activités différentes.

- zone accessible au public
- zone de stationnement et de travail des artistes,
- zone de travail des techniciens
- zone des collections
- zone de travail des journalistes
- zones de travail des fonctionnaires.

En conséquence l'édifice comporte:

1°) Une couronne extérieure continue contenant:

a) pour le grand secteur arrière et de bas en haut:

- le parking et les abris
- les dépôts et ateliers
- les foyers d'artistes
- la Direction des Relations avec l'extérieur
- la Direction des programmes artistiques
- la Direction des programmes de Télévision
- la Direction de l'équipement technique
- la Direction de l'Administration Générale
- les services Sociaux et les Cantines.

b) pour le petit secteur avant et de bas en haut:

- les foyers publics et les salons de réception
- les salles de conférence
- la Direction Générale
- l'Inspection Générale
- la Direction des Services d'exploitation
- le Service du Contrôle Artistique des Emissions

2°) Une couronne intérieure basse divisée en 3 secteurs:

a) Le secteur avant contenant deux grandes salles publiques et un grand studio d'orchestre à public réduit.

b) les deux secteurs latéraux contenant les studios moyens de Musique, Théâtre et Variétés, et deux petites salles publiques de Musique et Variétés.

A l'intérieur de chaque secteur les studios sont construits indépendamment les uns des autres, aussi bien pour les fondations que les parois ou les plafonds constituant ainsi de véritables « boîtes » isolées entre elles et par rapport à leur enveloppe extérieure commune.

Les locaux d'exploitation de chaque studio (cabines de prises de son) seront desservis depuis la cour centrale par une galerie circulaire communiquant en plusieurs points avec le Centre de Montage situé au même niveau.

Les studios eux-mêmes sont desservis à la fois depuis cette installation technique, côté intérieur et depuis les foyers d'artistes, situés côté extérieur.

3°) Une grande couronne annulaire sous laquelle se trouvent:

- la centrale thermique
- les groupes électrogènes de Secours
- les magasins
- les foyers des Artistes des grandes salles.

4°) Un noyau central où se trouvent de bas en haut:

- la centrale Electrique au sous-sol
- les installations centrales de conditionnement au Rez-de-Chaussée
- la Centrale Technique radio (montage, cabines de programme, centre de modulation au 1er, 2ème et 3ème
- la zone de consultation des diverses collections.

Discothèque au 4ème

Phonothèque au 5ème

Bibliothèque au 6ème

5°) la Tour qui abrite les collections d'enregistrement, gigantesque discothèque et magnétothèque (bandes magnétiques enregistrées).

MODULATION ET DEMODULATION

Jusqu'à présent, chaque fois que nous avons parlé de la modulation — procédé permettant d'utiliser une onde porteuse pour transmettre la parole et les sons en général — nous nous sommes contentés de donner un simple aperçu du sujet, sans entrer dans des explications détaillées, ni mentionner les caractéristiques et les particularités propres à cette technique.

Au cours de cette leçon, nous examinerons le problème d'un peu plus près, en nous attachant plus spécialement à déterminer les avantages et les inconvénients des différents systèmes de modulation, en les comparant les uns aux autres. Bien que complet, notre présent exposé ne saurait épuiser le sujet, qui est très vaste; il nous faudra revenir sur les systèmes de modulation plus tard, soit lorsque nous traiterons de l'émission, soit (et cela très prochainement) lorsque nous décrirons un des moyens de transmission dont on parle beaucoup, la "modulation de fréquence".

Pour que le sujet puisse être exposé avec toute la clarté nécessaire à une parfaite compréhension, nous devons, tout d'abord, rappeler certains éléments déjà connus, auxquels nous devons toujours nous référer au cours de nos explications concernant ces techniques.

CARACTERISTIQUES DE L'ONDE PORTEUSE

L'onde radio-électrique à haute fréquence employée pour transmettre des fréquences sonores d'un point à un autre s'appelle donc "onde porteuse". Elle est constituée par une onde électromagnétique qui, évidemment, possède une certaine amplitude, une fréquence propre et une phase déterminée. Si nous représentons les variations de tension d'un signal haute fréquence en fonction du temps, nous obtenons le graphique bien connu de la **figure 1**, qui donne la forme d'onde du signal. Cette figure représente une onde porteuse non modulée: elle est, c'est évident, identique aux formes que nous avons rencontrées lors des études des variations de tension, de courant, etc... et elle peut être utilisée avec profit pour l'étude des caractéristiques générales de l'onde porteuse elle-même. L'onde porteuse non modulée n'est autre qu'une onde sinusoïdale se répétant à des intervalles de temps égaux. Le potentiel augmente, tout d'abord, jusqu'à la valeur positive maximale par rapport à l'axe du temps, et chaque sinusoïde représente la variation d'amplitude de l'onde. Ce phénomène est identique à celui décrit à propos du courant alternatif, où les ondulations représentent les in-

versions du sens de passage du courant dans le conducteur. Il convient de se rappeler que les signes «plus» ou «moins» indiquent uniquement le sens du courant.

Le point de départ (origine) de la courbe de la **figure 1** a été choisi arbitrairement; nous aurions pu, tout aussi bien, le placer en n'importe quel autre point de l'onde, avec le même résultat. Toutefois, une fois cette origine choisie, elle représente également le point à partir duquel on doit mesurer le temps du phénomène. Dans notre cas, l'origine se trouve au sommet d'une alternance positive la courbe atteint le potentiel négatif maximum, en passant par la valeur 0, pour atteindre à nouveau le sommet positif, passant encore par la valeur 0. Les variations d'amplitude qui se produisent dans cet intervalle de temps, se répètent toujours de la même manière, avec la même grandeur, si l'onde n'est pas modulée. La série complète des points représentant l'amplitude à chaque instant de cette période de temps quel que soit le point de départ, forme un cycle de l'onde porteuse. Ceci peut être vérifié sur la **figure 1**, sur laquelle nous avons indiqué deux cycles ayant deux points de départ différents. Le nombre de cycles, ou de périodes, se produisant pendant une seconde (cycles par seconde ou hertz) est appelé, nous le savons, la fréquence de l'onde.

MODULATION D'AMPLITUDE

On peut faire varier l'**amplitude**, ou la **phase**, ou la **fréquence** d'une onde porteuse au rythme des sons à transmettre; le procédé permettant d'obtenir la variation d'une de ces caractéristiques s'appelle la **modulation**. Les trois systèmes de modulation sont donc la modulation d'amplitude, la modulation de phase et la modulation de fréquence. On les indique souvent au moyen des abréviations suivantes: **AM**, pour modulation d'amplitude, **FM**, pour modulation de fréquence et **PM**, pour modulation de phase.

Les autres types de modulation, comme par exemple la modulation par impulsions, peuvent être considérés comme des dérivés, ou subdivisions, de ces trois systèmes.

Si l'on utilise une tension sinusoïdale pour moduler en amplitude l'onde porteuse, l'amplitude instantanée de celle-ci varie sinusoïdalement. L'amplitude maximale atteinte, soit dans le sens positif, soit dans le sens négatif, est appelée **amplitude de crête**. Les crêtes, ou pointes, positives ou négatives sont égales, et

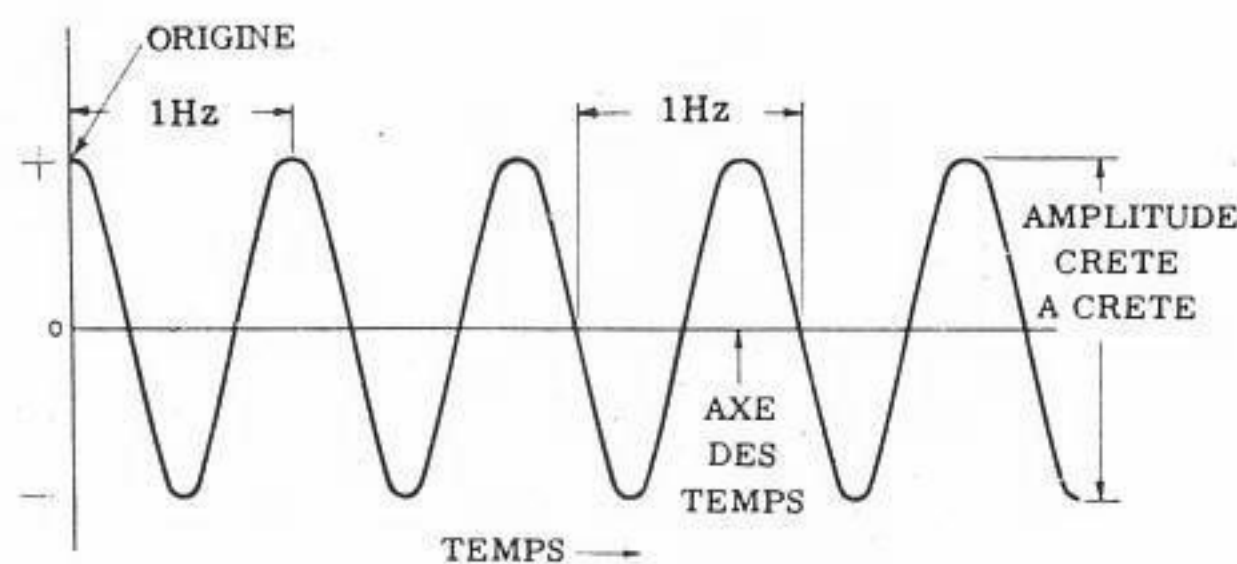


Fig. 1 - Dans cette représentation graphique d'une onde, est mis en évidence, entre autre, le fait que l'origine des temps peut être prise en n'importe quel point du cycle. Un cycle par seconde = 1 hertz. Le nombre de hertz (cycles par seconde) donne la fréquence de l'onde.

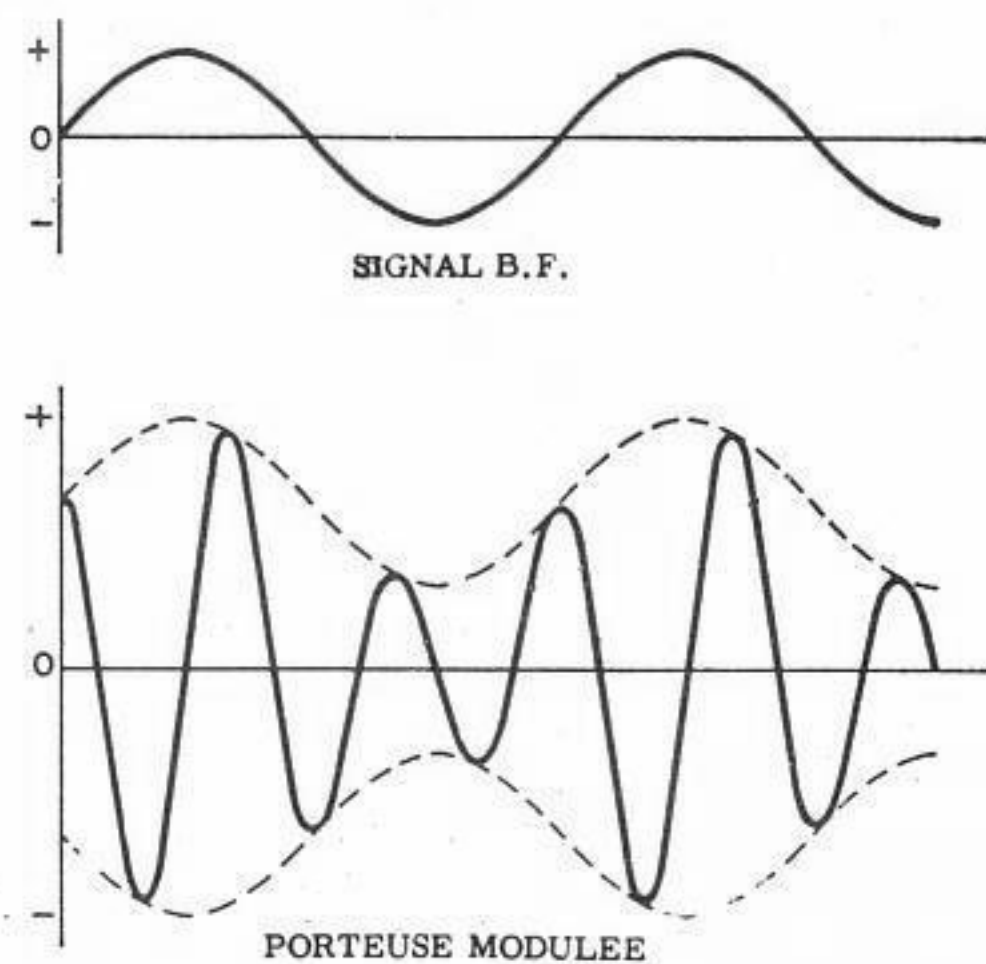


Fig. 2 - Le signal Basse Fréquence, représenté par la sinusoïde du haut, appliqué à l'onde porteuse fait varier son amplitude de crête à crête comme le montre le second dessin.

l'oscillation complète du cycle, du maximum positif au maximum négatif, s'appelle amplitude de **crête à crête**.

Si nous considérons seulement cette dernière, nous pouvons dire que l'amplitude de l'onde est constante: cela, nous le savons, est la caractéristique fondamentale de l'onde porteuse non modulée.

Dans la modulation d'amplitude, l'amplitude de crête à crête, de la porteuse varie en fonction de l'intensité de l'onde sonore transmise. Par exemple, la voix captée par un microphone est convertie en un signal Basse Fréquence qui commande l'amplitude de la porteuse. Un son unique, capté par le microphone, module la porteuse de la façon indiquée sur la **figure 2**. On voit que les crêtes de la porteuse n'ont plus une amplitude constante, mais qu'elles suivent les variations instantanées de l'amplitude du signal B.F. Quand celui-ci varie dans le sens positif, les crêtes de la porteuse augmentent en proportion, tandis que lorsque la variation du signal BF se fait dans le sens négatif, l'amplitude de la porteuse diminue. On en déduit donc que, **l'amplitude instantanée du signal de modulation à Basse Fréquence détermine l'amplitude de crête à crête de la porteuse modulée.**

Taux de modulation

En modulation d'amplitude, le degré de modulation, ou profondeur de la modulation, s'exprime par le **taux de modulation**. Quand l'amplitude de crête à crête du signal de modulation est égale à l'amplitude crête à crête de la porteuse non modulée, on dit que la porteuse est modulée à 100%. Dans la **figure 3**, la tension de modulation, E_A , est égale, en crêtes, à celle de la porteuse, E_R , et l'amplitude de crête à crête de cette dernière varie entre $2E_R$, ou $2E_A$, et 0. En d'autres termes, le signal de modulation oscille avec des amplitudes suffisantes pour doubler l'amplitude de la porteuse pendant les alternances positives et pour la réduire à zéro, pendant les alternances négatives.

Si E_A est plus petit que E_R , le taux de modulation est inférieur à 100%. Ainsi, E_A est égal à la moitié de E_R , le taux de modulation est 50% seulement (voir **fi-**

gure 4). Quand le signal de modulation atteint sa valeur maximale dans le sens positif, l'amplitude de la porteuse augmente de 50%, tandis qu'elle diminue de la même valeur pendant les alternances négatives.

Il est également possible de donner au taux de modulation une valeur supérieure à 100%, en faisant en sorte que E_A soit plus grand que E_R , comme le montre la **figure 5**. On y voit que l'onde porteuse modulée varie entre 0 et une amplitude crête à crête plus grande que $2E_R$.

Etant donné que l'amplitude ne peut être inférieure à zéro, la porteuse se trouve donc complètement annulée pour toutes les valeurs négatives de E_A plus grandes que E_R . Ceci se traduit pratiquement par un signal très déformé, et la modulation sera très difficilement compréhensible à la réception. On peut donc conclure que le pourcentage, ou taux de modulation, dans les systèmes de communications à modulation d'amplitude ne doit jamais dépasser 100%.

Le taux effectif de modulation d'une porteuse peut se calculer simplement au moyen de la formule suivante:

$$M = \% \text{ de modulation} = \frac{E_{\text{MAX}} - E_{\text{MIN}}}{E_{\text{MAX}} + E_{\text{MIN}}} \times 100$$

dans laquelle, E_{MAX} est l'amplitude maximale et E_{MIN} , l'amplitude minimale, de crête à crête, de la porteuse modulée. Supposons, par exemple, que l'amplitude d'une porteuse modulée varie de 10 à 30 volts. En substituant, dans la formule ci-dessus, 30 à E_{MAX} et 10 à E_{MIN} , nous aurons:

$$M = \frac{30 - 10}{30 + 10} \times 100 = \frac{20}{40} \times 100 = 50\%$$

Cette formule n'est valable que pour les taux compris entre 0 et 100%.

Bandes latérales

Quand deux signaux issus d'oscillateurs sont mélangés, nous obtenons, à la sortie commune, les deux fréquences d'origine et deux autres fréquences, éga-

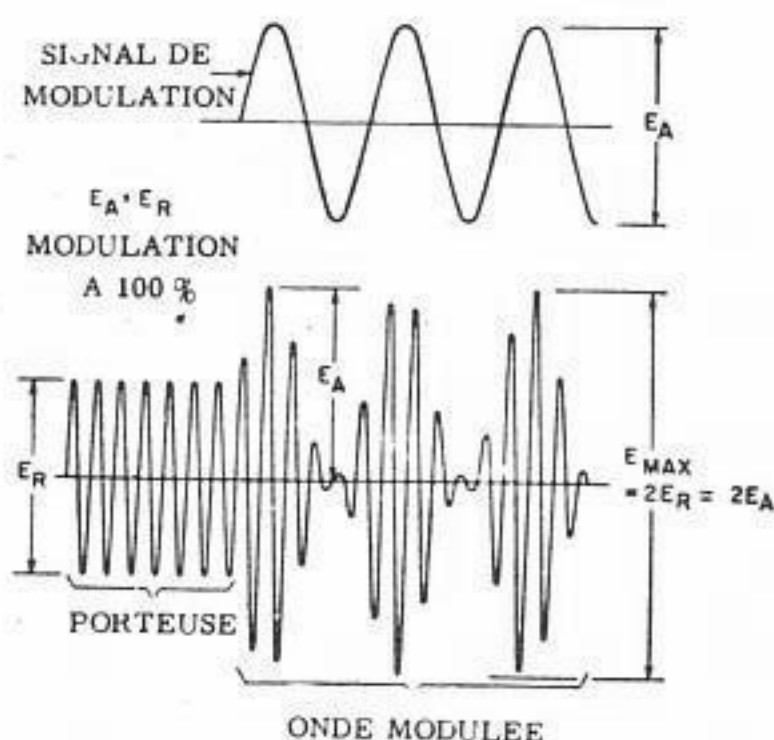


Fig. 3 - Pour une modulation à 100% le signal de modulation doit avoir une amplitude suffisante pour doubler ou réduire à zéro l'amplitude de la porteuse.

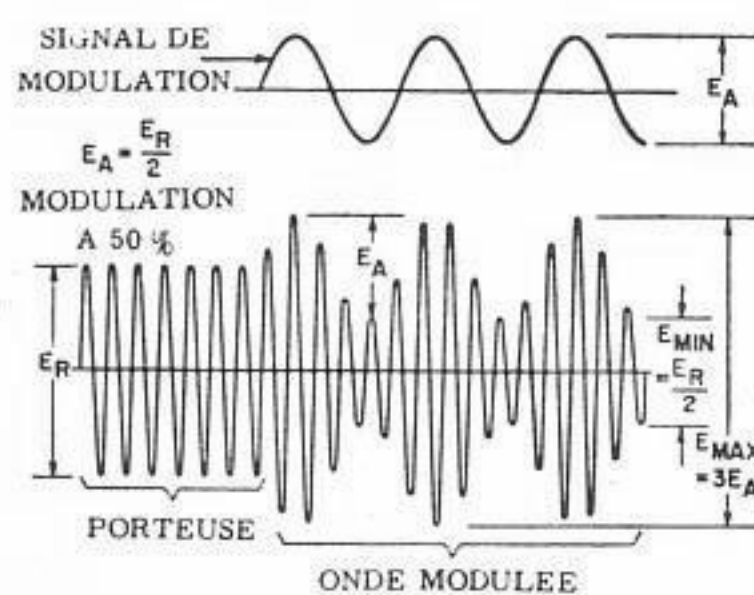


Fig. 4 - Si la tension de modulation est égale à la moitié de la tension de la porteuse, le taux de modulation est de 50%.

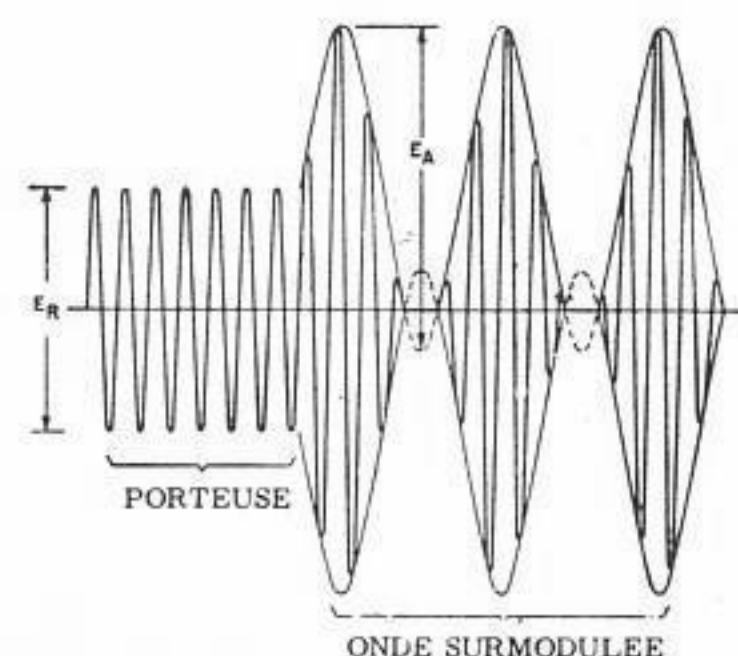


Fig. 5 - Avec une tension de modulation plus grande que celle de la porteuse, on obtient un taux de modulation supérieur à 100% et une distorsion très importante.

les respectivement à leur somme et à leur différence. Ce phénomène se produit également, lors du processus de modulation, entre la porteuse et la basse fréquence de modulation: les fréquences obtenues par leur mélange, on dit par **battement**, s'appellent les **bandes latérales** de modulation.

Supposons qu'une fréquence acoustique de 1 000 Hz module une porteuse de 500 kHz. La porteuse modulée sera alors composée principalement de trois fréquences, soit: la fréquence d'origine de la porteuse, 500 kHz, la somme de la fréquence porteuse et de la BF (501 kHz) et la différence entre ces deux fréquences, 499 kHz.

La composante 501 Hz est appelée **bande latérale supérieure** et celle à 499 kHz, **bande latérale inférieure**. Du moment que dans la modulation d'amplitude elles sont, toutes les deux, toujours présentes, l'onde modulée est composée d'une fréquence centrale flanquée d'une fréquence latérale supérieure et d'une fréquence latérale inférieure. L'amplitude individuelle de chaque composante a une valeur constante, mais l'onde résultante varie en amplitude en fonction du signal de modulation.

La **figure 6** représente la porteuse et les deux fréquences latérales de l'exemple précédent: chacune est placée en fonction de sa fréquence propre et la longueur des traits figure leur amplitude respective. Le signal de modulation, f_A , entre en battement avec la porteuse, f_C , et produit la fréquence latérale supérieure, f_H , et inférieure, f_L . La porteuse modulée occupe donc une portion du spectre haute fréquence dont la largeur de bande est égale à 2 kHz. On doit donc, pour recevoir convenablement la modulation transmise, si l'on s'accorde sur 500 kHz pour recevoir également les fréquences de 499 kHz et de 501 kHz, sans aucune perte d'amplification.

Nous savons que les fréquences acoustiques occupent une gamme allant, approximativement, de 16 à 16 000 hertz. Pour transmettre la fréquence la plus élevée, le canal de modulation d'amplitude devra s'étendre de 16 kHz de part et d'autre de la fréquence de l'onde porteuse, et le récepteur devra avoir une lar-

geur de bande correspondante. C'est ainsi que, par exemple, pour une fréquence porteuse de 500 kHz, le canal AM devra s'étendre de 484 à 16 kHz. Ceci représente la largeur de bande idéale; toutefois, en pratique, on se contente d'une largeur de bande moins importante, pour éviter les interférences entre émetteurs.

Pour chaque ensemble déterminé de fréquences de modulation, le canal AM, c'est-à-dire la largeur de bande, est égal au double de la fréquence acoustique la plus élevée.

L'énergie Haute Fréquence rayonnée par l'antenne de l'émetteur sous forme de porteuse modulée, est répartie entre la porteuse elle-même et les deux bandes latérales. C'est ainsi que, pour une porteuse d'une puissance de 1 000 watts, il faut fournir un signal BF de 500 watts pour moduler à un taux de 100%. Par suite la porteuse modulée ne dépassera pas une puissance totale de 1 500 watts. Les 500 watts de puissance BF se répartissent en parties égales entre les deux bandes latérales; aucune partie de la puissance BF ne s'ajoute à la porteuse. Il en résulte que la porteuse, par elle-même, ne contient aucun signal à fréquence acoustique; du strict point de vue utilitaire, on peut dire que les 1 000 watts, correspondant à la puissance de la porteuse, sont gaspillés. Nous pouvons également remarquer que (les deux bandes latérales ayant rigoureusement le même contenu) pour transmettre les signaux BF, ou signaux « d'informations », une seule bande latérale suffit. Il est donc possible d'éliminer la porteuse et une bande latérale sans compromettre la qualité de la réception; mais, en général, la complexité de l'appareillage nécessaire à ce mode de transmission, annule en partie le gain de rendement.

Inconvénients de la modulation d'amplitude

Les bruits parasites et les interférences électriques peuvent, eux aussi, moduler en amplitude la porteuse, au point de rendre la transmission parfaitement incompréhensible. Mais là n'est pas, toutefois, le seul inconvénient présenté par ce type de modulation: un

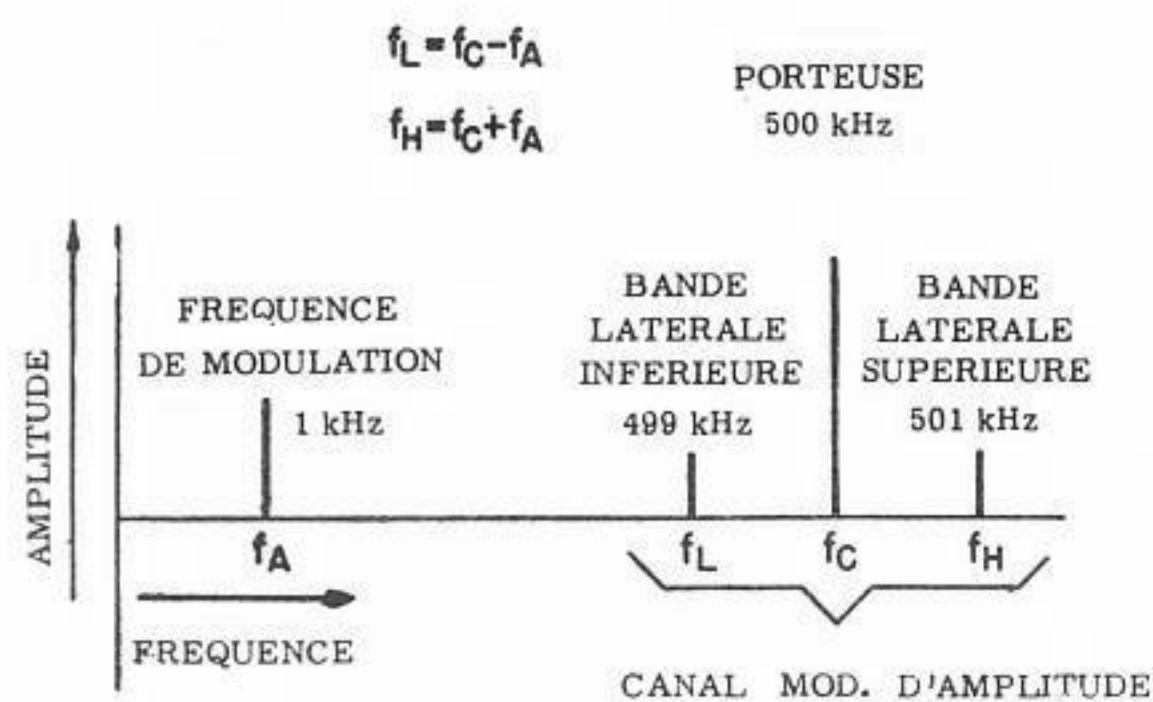


Fig. 6 - La modulation crée deux « bandes latérales », de part et d'autre de la porteuse, ainsi que le montre la figure (pour un signal de modulation de 1 000 Hz).

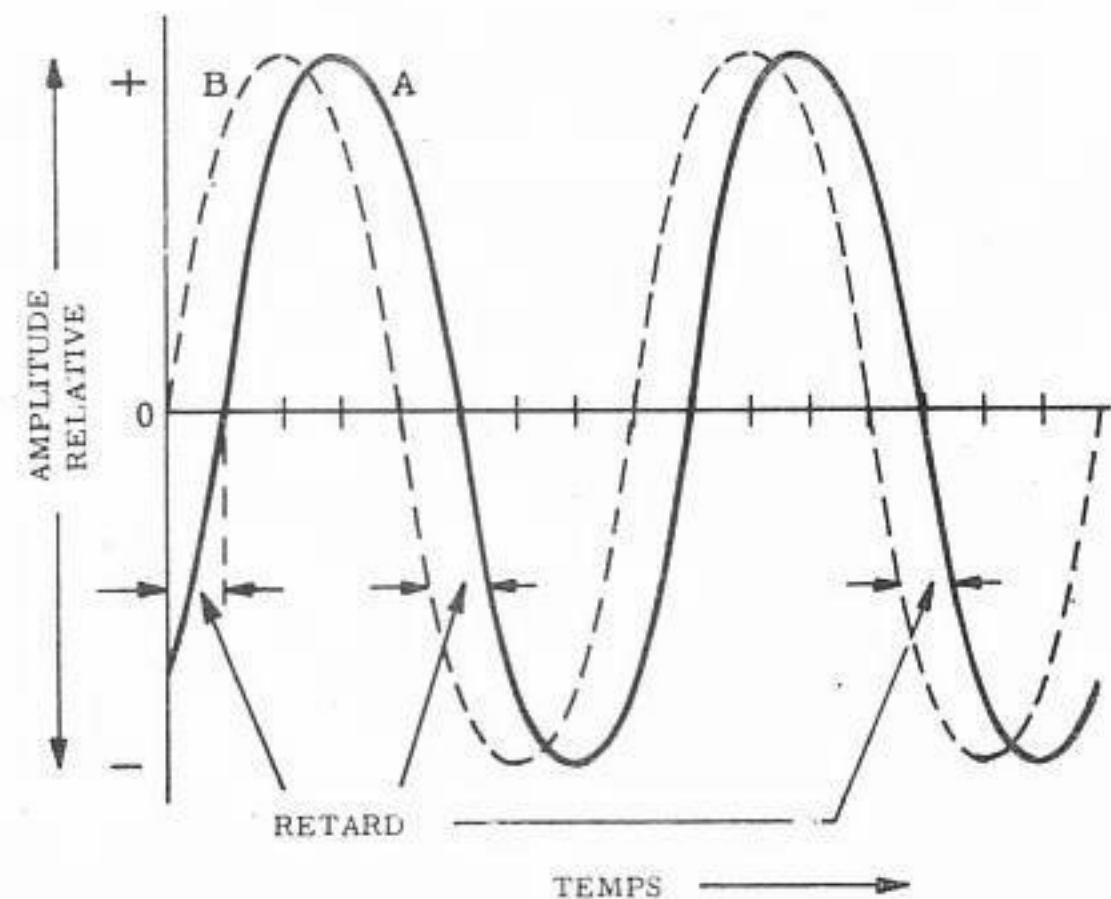


Fig. 7 - Ces deux courbes (A et B), de même fréquence, illustrent le retard de A sur B, ou inversement; c'est-à-dire la phase.

signal modulé en amplitude est susceptible d'interférer avec d'autres fréquences voisines, c'est pourquoi, pour que la réception soit possible, il faut que la puissance de l'émetteur à recevoir soit beaucoup plus grande que celle de l'émetteur provoquant l'interférence. Pour obvier à ces divers inconvénients, il est parfois nécessaires de recourir à d'autres systèmes de modulation.

MODULATION DE PHASE

Pour transmettre les fréquences acoustiques ou, comme on dit, les « informations », on peut également faire varier la phase ou la fréquence de l'onde porteuse. Le système de modulation par variation de la fréquence HF au rythme de la fréquence BF, s'appelle modulation de fréquence ou FM et celle par variation de la phase, s'appelle modulation de phase ou PM. Dans le cas de la modulation de fréquence, on agit également indirectement sur la phase de l'onde porteuse; de même dans la modulation de phase, on agit indirectement sur sa fréquence. Pour comprendre le fonctionnement de ces systèmes, il est donc nécessaire de se familiariser avec tous les deux; c'est pourquoi, bien que la modulation de phase proprement dite se rencontre très peu en pratique, nous la décrirons néanmoins d'une manière assez détaillée. Ceci est d'ailleurs justifié par le fait que nous ne reviendrons plus sur sa technique au cours des leçons ultérieures, où, par contre, nous consacrerons une leçon entière à la modulation de fréquence, en raison de la vaste application qui en est faite dans la nouvelle technique des émissions radiophoniques.

Parlant des caractéristiques de l'onde porteuse, nous avons dit que la fréquence était le nombre de cycles se produisant chaque seconde. La figure 7 (courbe A) représente deux cycles complets de la porteuse. Le point d'origine, pour la mesure du temps, a été choisi arbitrairement et, au temps 0, la courbe A a une amplitude légèrement négative. Si l'on trace une seconde courbe (B), ayant la même fréquence, mais telle que son amplitude soit 0, au temps 0, elle peut servir de courbe de référence pour la courbe A.

La courbe B part de zéro dans le sens positif; la courbe B part, comme nous l'avons dit, d'une valeur négative et va également dans le sens positif, atteignant l'amplitude 0, une fraction de seconde après le moment où la courbe B est passée par 0. Cette fraction de cycle représente le **retard** de A sur B. Etant donné que les deux courbes ont la même fréquence, le retard de A sur B reste toujours le même, il est constant. Si les deux courbes sont interverties, on dit que A est en avance sur B. L'intervalle de retard ou d'avance de A constitue sa phase; du moment que le point de référence a été choisi arbitrairement, la phase est toute relative.

Représentation vectorielle

Les variations cycliques de l'onde porteuse ont été représentées, sur les figures vues jusqu'à présent, en dessinant une courbe montrant les variations d'amplitude en fonction du temps; mais ces mêmes variations peuvent être également représentées par la projection d'un point tournant sur une circonférence, dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre. Ceci nous donne alors la représentation vectorielle (voir leçon n° 24), qui est obtenue en traçant l'amplitude en fonction du nombre de degrés de rotation, au lieu de la tracer en fonction du temps. Pour chaque cycle de l'onde porteuse, le point accomplit une rotation complète de 360°; ceci représente la période de l'onde, c'est-à-dire le temps nécessaire pour parcourir un cycle.

La figure 8 représente un cycle de l'onde porteuse exprimé comme étant la projection d'un point se déplaçant le long d'une circonférence. Partant de 0, le point tourne de 360°, retournant ainsi à 0, où un nouveau cycle recommence. Lorsque ce point est projeté sur les axes de droite, un tour complet du point trace un cycle complet de l'onde. La fréquence de l'onde en cycles par seconde (ou hertz) est numériquement égale au nombre de révolutions accomplies par le point dans la même unité de temps. La phase relative de l'onde représentée est 0, quand au point zéro l'amplitude est nulle.

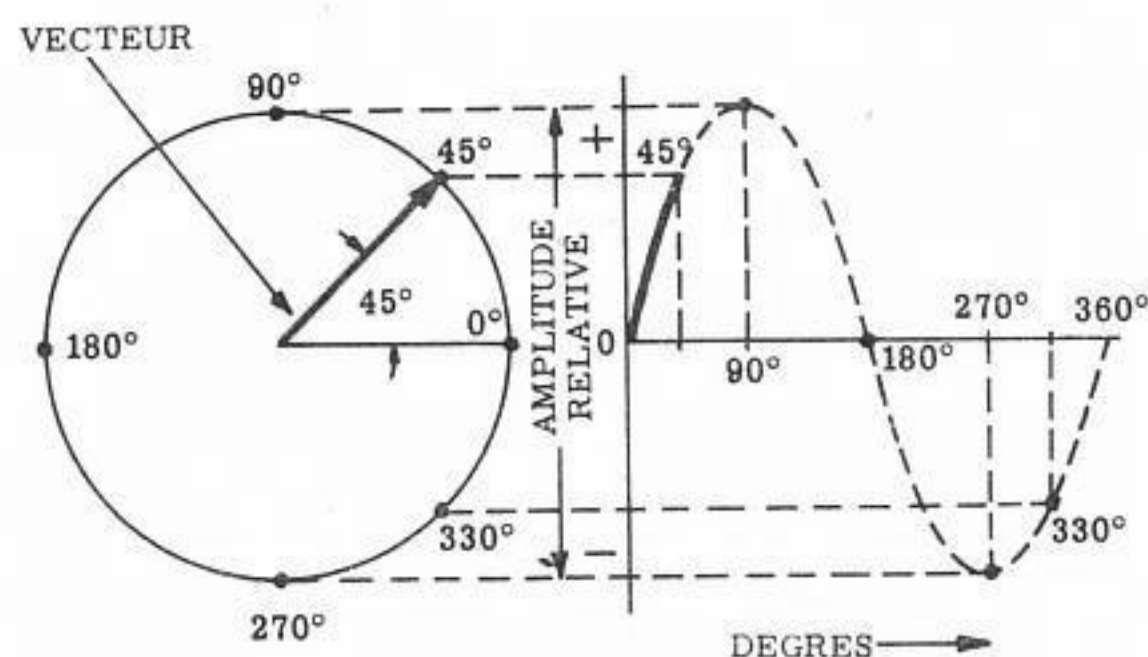


Fig. 8 - En représentation vectorielle, à chaque cycle correspond une rotation complète du vecteur.

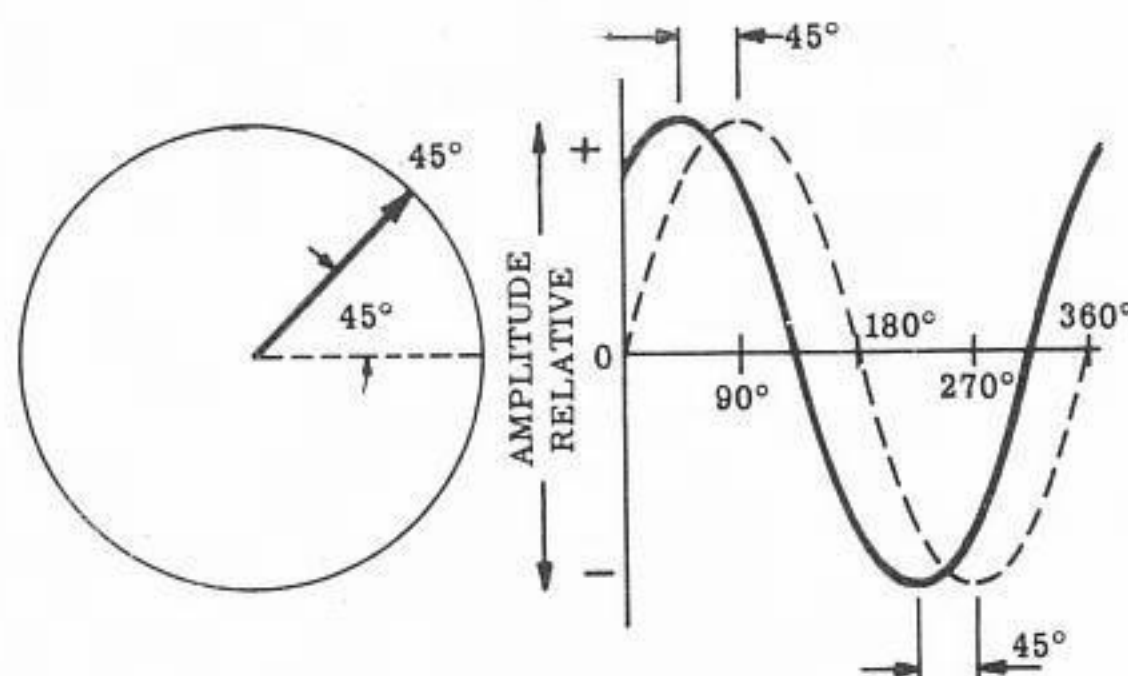


Fig. 9 - Dans la représentation vectorielle, la phase est commodément représentée par la valeur de l'angle.

L'amplitude de crête de l'onde est égale au rayon du cercle et l'amplitude de crête à crête correspond au diamètre.

Nous avons revu, jusqu'ici, des notions déjà connues; cette révision était nécessaire à la parfaite compréhension du processus de la modulation de phase. Poursuivons, maintenant notre étude.

La position du point, à tous les instants, peut être représentée par une flèche qui, partant du centre, rejoint le point lui-même. Cette flèche est le « vecteur » (déjà connu de nos Lecteurs) et, dans notre dessin, il est représenté faisant un angle de 45° sur l'axe horizontal. Il faut se rappeler que le vecteur n'est pas immobile, mais qu'il tourne à une fréquence égale à celle de l'onde qu'il représente; cette représentation est extrêmement commode pour indiquer les relations de phase entre deux ondes, ou entre une onde et un système de référence choisi arbitrairement. Supposons que nous observions une onde commençant à l'instant où son vecteur se trouve dans une position faisant un angle de 45° sur l'horizontale (figure 9). Pour déterminer sa phase relative, on peut prendre pour référence un second vecteur dont l'amplitude est nulle à l'instant 0 et qui tourne dans le même sens (inverse de celui des aiguilles d'une montre). Sur la projection dessinée à droite de la figure, les deux ondes ont la même fréquence, mais celle qui nous intéresse a une avance de phase relative de 45° . Si nous analysons la figure, nous remarquons que ces 45° correspondent à l'angle au centre formé par les deux vecteurs, angle mesuré dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, en partant du vecteur de référence. L'onde sinusoïdale en trait plein, part de 0 dans le sens positif, 45° avant l'onde de référence représentée en pointillé à sa droite. Si l'on considère, de la même façon, une onde porteuse quelconque, on constate qu'à chaque instant elle présente une relation de phase relative par rapport à une porteuse de référence de fréquence égale. L'angle de phase peut être exprimé soit en degrés, soit en radians; puisque 360° valent 2π radians, l'angle de phase de 45° est égal à $\pi/4$ radians ou, plus simplement à $\pi/4$.

Modulation

Dans la modulation de phase, on fait varier la phase relative de la porteuse au rythme de la fréquence de modulation. L'angle de phase de la porteuse n'a donc plus une valeur constante. L'amplitude et la fréquence moyenne de l'onde porteuse sont maintenues à des valeurs constantes, tandis que les signaux de modulation agissent sur la phase, à chaque instant, en faisant varier l'angle de phase, comme le montre la figure 10.

Au lieu de faire tourner le vecteur à la fréquence de l'onde porteuse, on peut faire tourner les axes du graphique, dans le sens opposé, avec la même vitesse. De cette façon, les vecteurs (et l'onde de référence) peuvent être étudiés tandis qu'ils restent symboliquement immobiles. La figure 10-A montre le vecteur porteuse non modulée; les flèches courbes indiquent le sens de rotation des axes de la fréquence porteuse. L'angle de phase φ est constant par rapport à la fréquence de référence choisie arbitrairement. Les sections B, C, D et E de la figure, montrent les effets du signal de modulation sur l'angle de phase relatif, en 4 points différents.

Lorsque le signal de modulation oscille dans le sens positif, il produit une accélération de la vitesse de rotation du vecteur dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre, ce qui augmente l'angle de phase, φ . Au point 1, le signal de modulation atteint son amplitude maximum et l'angle de phase, en conséquence, a varié de $\Delta\varphi$. Les conditions instantanées de la phase relative au point 1 sont donc $\varphi + \Delta\varphi$.

Après avoir atteint son amplitude maximum dans le sens positif, le signal de modulation se dirige en sens opposé. La vitesse du vecteur diminue et il tourne en sens contraire, vers sa position d'origine. Quand le signal de modulation devient nul (position 2 en C), le vecteur est revenu à son point de départ. L'angle de phase est de nouveau égal à φ par rapport au vecteur de référence.

Le signal de modulation devient alors négatif et le vecteur dépasse sa position de départ, en se dirigeant dans le sens des aiguilles d'une montre. Lors-

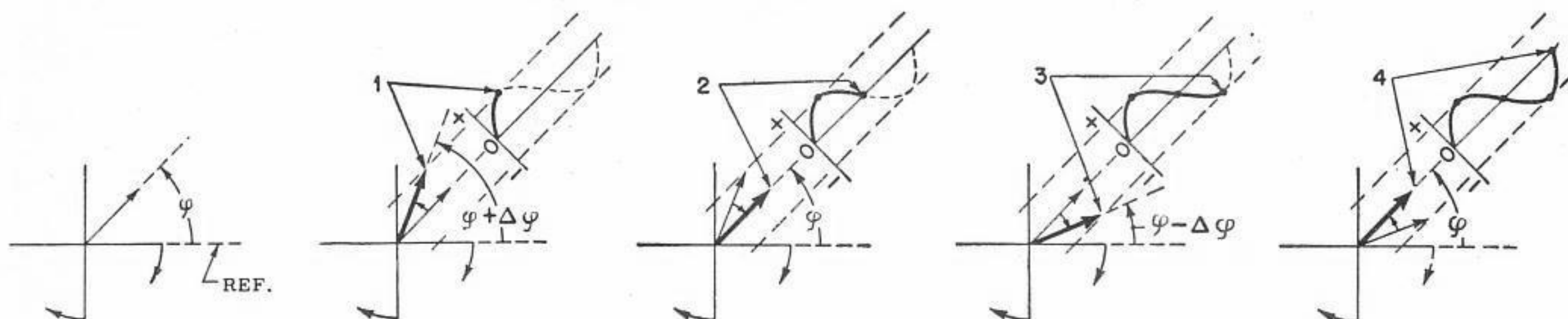


Fig. 10 A - Vecteur représentant une onde porteuse non-modulée: l'angle de phase est constant.

Fig. 10 B - Effet du signal de modulation à sa valeur positive maximale, sur l'angle de phase.

Fig. 10 C - Le signal de modulation redevient nul: l'angle de phase reprend sa valeur de départ (figure 10 A).

Fig. 10 D - Effet du signal de modulation, à sa valeur négative maximale, sur l'angle de phase.

Fig. 10 E - Le signal de modulation redevient encore nul: l'angle de phase reprend, à nouveau, sa valeur de départ.

que le signal atteint son amplitude négative maximum, (position 3 en D), l'angle de phase du vecteur est égal à $-\Delta\varphi$ et l'angle de phase instantané se réduit à $\varphi - \Delta\varphi$.

Enfin, lorsque l'amplitude du signal de modulation redevient nulle, le vecteur revient à sa position d'origine (position 4 en E). A ce moment, l'angle de phase est de nouveau égal à φ et le cycle est complet. Le cycle entier de rotation de phase se répète à chaque cycle du signal de modulation, ce qui veut dire que la fréquence de modulation est reproduite sous la forme de cycles successifs de déplacement de phase.

Pour chaque cycle du signal de modulation, la phase relative de la porteuse varie entre $\varphi + \Delta\varphi$ et $\varphi - \Delta\varphi$. Ces deux valeurs instantanées de la phase — qui se produisent lors des maximums positifs et négatifs de l'amplitude de la modulation — sont connues sous le nom d'excursion de phase maximale. L'excursion supérieure est égale à $+\Delta\varphi$, et l'excursion inférieure à $-\Delta\varphi$. Les relations entre ces limites, supérieure et inférieure, et le vecteur de la porteuse sont illustrées sur la **figure 11** sur laquelle sont indiquées les limites de $\pm \Delta\varphi$.

Si l'on représente les variations du vecteur de modulation en fonction du temps, on obtient une onde semblable à celle illustrée par la **figure 12**. Dans cette figure, le signal de modulation est représenté en A; dans la section B, l'onde en pointillés est la courbe du vecteur de référence, tandis que l'onde en trait plein est la porteuse. Dès que le signal de modulation devient positif, l'angle de phase augmente, depuis une avance de 45° à l'origine, jusqu'à une valeur maximum représentée par le point 1 de la section B. Lorsque l'amplitude devient négative, l'avance de phase de la porteuse, par rapport au vecteur de référence, diminue et atteint son minimum au point 2, après quoi elle revient à sa valeur initiale (45°), lorsque l'amplitude du signal de modulation redevient nulle.

Ce graphique représente l'onde résultant d'une modulation de phase sinusoïdale, dans laquelle l'amplitude du signal de modulation commande les relations relatives de la phase de la porteuse.

Modulation de phase et fréquence de la porteuse

Dans la représentation vectorielle de la porteuse modulée en phase, le vecteur de la porteuse est **accélééré** ou **retardé** selon que l'angle de phase augmente ou diminue sous l'influence du signal de modulation. Du moment que la vitesse du vecteur est égale à la fréquence de l'onde porteuse, cette fréquence **doit varier** pendant la modulation de phase. On constate ainsi une espèce de modulation de fréquence, connue sous le nom de **modulation de fréquence équivalente**.

La modulation de phase et la modulation de fréquence équivalente dépendent du signal de modulation; à chaque variation instantanée de la phase correspond une fréquence équivalente instantanée.

A chaque instant, la phase est déterminée par l'amplitude du signal de modulation. La fréquence instantanée équivalente est, par contre, fonction du **rapport de la variation d'amplitude** de ce signal. Ce rapport dépend de deux facteurs: l'amplitude et la fréquence de modulation. En effet, si l'**amplitude** augmente, le déplacement de phase augmente également. Le vecteur de la porteuse doit balayer un plus grand angle dans la même période de temps, ce qui augmente sa vitesse et, en conséquence, la déviation de fréquence de la porteuse. Si la **fréquence** de modulation augmente, la porteuse doit varier entre les limites du déplacement de phase à un rythme plus rapide, ce qui augmente sa vitesse, et en conséquence, la déviation de fréquence.

Par contre, lorsque l'amplitude ou la fréquence du signal de modulation diminuent, il en résulte, également, une réduction de la déviation de fréquence de la porteuse.

Plus les variations d'amplitude sont rapides, plus grand est le déplacement en fréquence de la porteuse; plus elles sont lentes, moins important sera ce déplacement.

A chaque instant, le rapport de ces variations peut être déterminé par le degré d'inclinaison de l'onde de modulation. En observant la **figure 13-A**, on remarque que les rapports maxima de variation ne se produisent

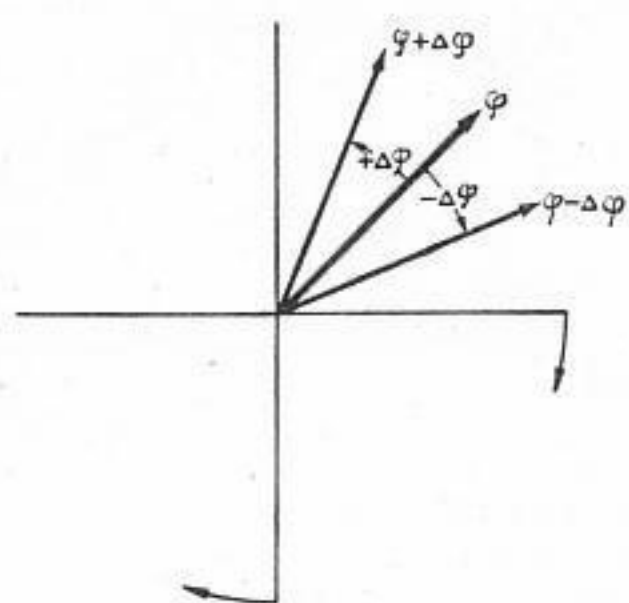


Fig. 11 - Les différentes positions du vecteur des figures 10, sont rassemblées sur une même figure donnant les deux limites de la variation de phase correspondant aux amplitudes maximales (positive et négative) du signal de modulation.

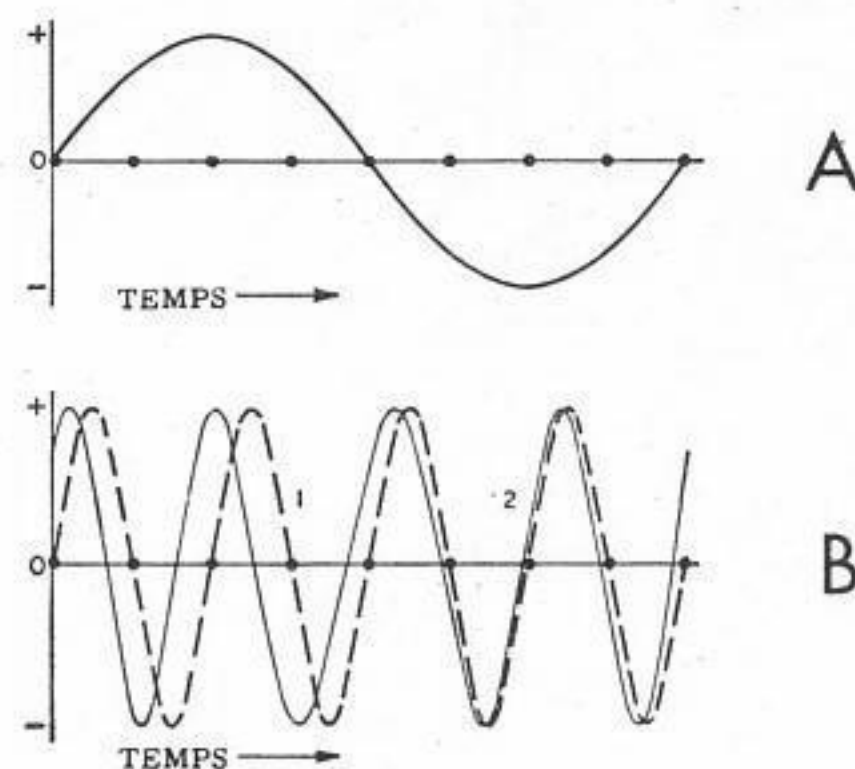


Fig. 12 - Représentation en fonction du temps: en A, signal de modulation; en B (pointillé) onde du vecteur et (trait plein) onde porteuse.

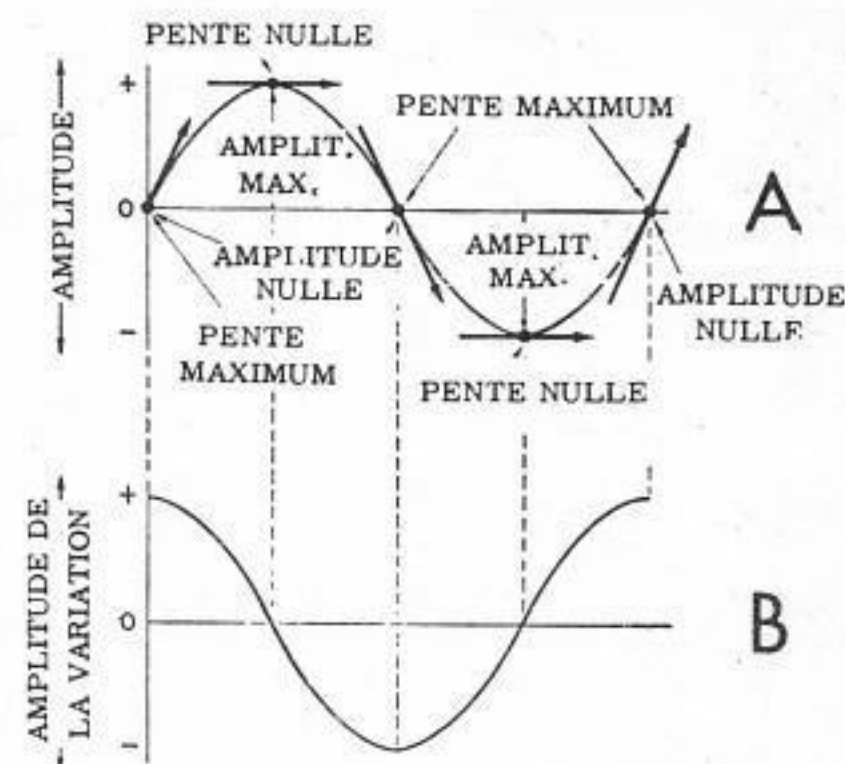


Fig. 13 - Avec la modulation de phase on constate également une modulation de fréquence; celle-ci est représentée en B.

pas aux points où l'amplitude est maximale; en fait, ce rapport est maximum lorsque l'amplitude est nulle et inversement. Quand l'onde traverse le point zéro vers le sens positif, le rapport de variation atteint sa valeur positive maxima, tandis que, lorsqu'il passe par 0, se dirigeant vers le sens négatif, le rapport atteint sa valeur négative maximale.

La courbe **B** représente le rapport des variations de la courbe A. Cette onde est en avance de 90° sur les variations de la phase.

La relation existant entre la déviation de phase et le déplacement de fréquence est illustrée par le diagramme vectoriel de la **figure 14**. Aux instants où la déviation de phase est maximum, le déplacement de fréquence est nul; lorsque la déviation de phase est nulle, le déplacement de fréquence est maximum. Les limites de déviation de la fréquence équivalente d'une porteuse modulée en phase peuvent être calculées par la formule suivante:

$$\Delta F = \Delta \varphi f \cos(2\pi f t)$$

Dans laquelle ΔF est la déviation de fréquence, $\Delta \varphi$ la déviation de phase maximum, f la fréquence du signal de modulation et $\cos(2\pi f t)$ la variation d'amplitude du signal de modulation au temps t .

Lorsque $(2\pi f t)$ est égal à 0 ou à 180° , l'amplitude du signal est nulle et le cosinus prend sa valeur maximale égale à +1 à 360° et à -1 à 180° . Si la limite du déplacement de phase est de 30° , c'est-à-dire $\pi/6$ radian, on a, pour une fréquence de modulation de 1000 Hz:

$$F = \frac{\pi}{6} \times 1000 (+1) = +523 \text{ Hz environ}$$

Quand le signal de modulation passe par le point zéro, dans le sens positif, la fréquence de la porteuse est augmentée de 523 Hz. Elle est diminuée de 523 Hz, lorsque le signal de modulation passe par le point zéro, dans le sens négatif.

MODULATION DE FREQUENCE

Lorsqu'une onde porteuse est modulée en fréquence par un signal, son amplitude reste constante, tandis que sa fréquence varie d'une manière directement proportionnelle aux variations de l'amplitude du signal de modulation. Les limites de la déviation de fréquence sont analogues à celles déjà vues pour la déviation de phase, dans la modulation de phase. On constate également un **déplacement de phase équivalent** de la porteuse, analogue à la déviation de fréquence équivalente que nous avons observé dans la modulation de phase.

La **figure 15-A** représente une onde modulée en fréquence résultant de la superposition de deux cycles du signal de modulation sur une onde porteuse. Il est facile de remarquer que, quand l'amplitude du signal de modulation est nulle, la fréquence de la porteuse ne subit aucun changement. Quand l'amplitude du signal de modulation augmente, dans le sens positif, la fréquence de l'onde porteuse augmente, jusqu'à atteindre sa valeur maximale lorsque l'amplitude du signal est la plus grande. Quand ce dernier augmente, dans le sens négatif, le contraire se produit: la fréquence de la porteuse diminue pour atteindre un minimum dans la crête négative.

Nous pouvons comparer l'onde modulée en fréquence (figure 15-A) et l'onde modulée en phase (figure 15-B) par les deux mêmes cycles du signal de modulation BF.

Si l'on déphase de 90° l'onde modulée en phase, les deux ondes apparaissent identiques. En pratique, la différence entre ces deux types de modulation est minime, et un récepteur pour FM peut, aussi bien, recevoir ces deux types de porteuses modulées.

DEMODULATION D'UNE ONDE MODULEE EN AMPLITUDE

La démodulation, ou détection, est le processus au moyen duquel on sépare les signaux de modulation BF de la porteuse modulée. Dans le cas de la modulation d'amplitude, nous savons que les signaux BF

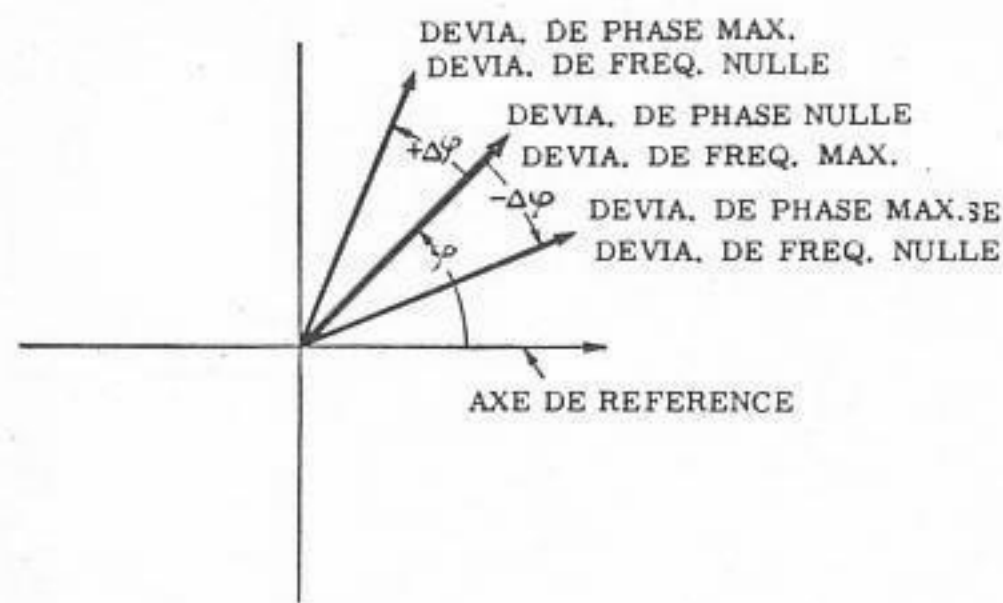


Fig. 14 - Relation entre déviation de phase et déviation de fréquence. On constate que cette dernière est maximale lorsque la déviation de phase est nulle. Au maximum de la déviation de phase, la déviation de fréquence est nulle.

sont superposés à la porteuse elle-même et se présentent sous la forme de variations de l'amplitude de celle-ci. Le démodulateur d'une onde AM produit des courants ou des tensions variables suivant l'amplitude de la porteuse. De même, le démodulateur pour les ondes modulées en fréquence ou en phase convertit les variations de fréquence ou de phase de la porteuse modulée, en courants ou tensions dont l'amplitude varie en fonction des variations de la fréquence ou de la phase de l'onde porteuse.

L'amplitude instantanée, e_0 , de la porteuse peut être exprimée par la relation suivante :

$$e_0 = E_0 \sin (2 \pi f_0 t + \varphi)$$

dans laquelle E_0 est l'amplitude maximale de la porteuse modulée, f_0 la fréquence de la porteuse, et φ l'angle de phase (pour un signal AM, φ peut être considéré comme étant nul). Une, ou plusieurs, des variables indépendantes (celles contenues dans le second membre de l'équation), peuvent varier en fonction du signal de modulation pour produire une variation de e_0 . Toutefois, dans la pratique, on ne fait varier qu'une seule de ces valeurs à la fois à savoir : E_0 , pour la modulation d'amplitude, f_0 , pour la modulation de fréquence ou φ pour la modulation de phase, en évitant, autant que possible, de faire varier les autres facteurs. Mis gratuitement en ligne par Alain et André

Pour cette raison, l'étage détecteur d'un appareil récepteur doit être conçu de telle sorte qu'il ne soit sensible qu'au type de modulation utilisée à l'émission, il doit, par contre, être parfaitement insensible aux autres types de modulation.

Les systèmes de modulation et de démodulation (ou détection) utilisés en modulation d'amplitude ne sont pas linéaires, c'est-à-dire que les rapports entre courants et tensions ne peuvent pas être représentés graphiquement par une ligne droite. Etant donné que le rapport entre les courants et les tensions n'a pas une valeur constante, ces systèmes présentent donc une impédance non linéaire. Lorsqu'une onde modulée en amplitude est appliquée aux bornes d'une impédance non linéaire — comme, par exemple, un étage détec-

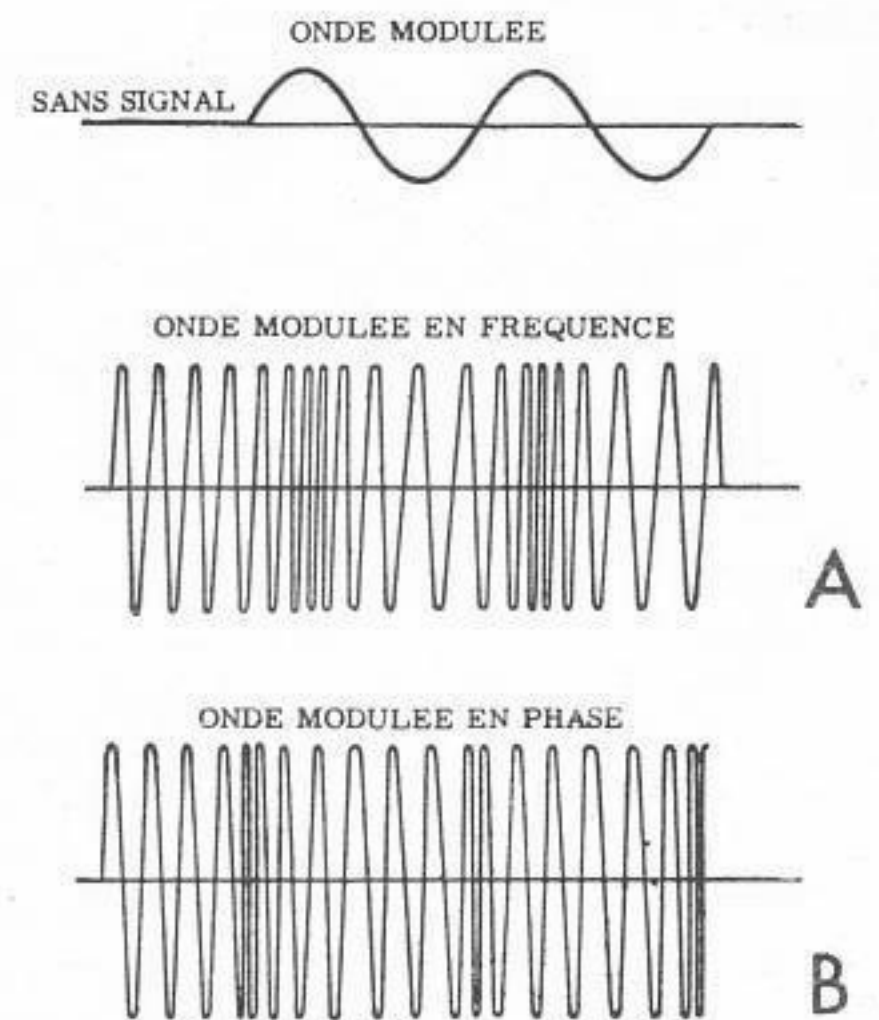


Fig. 15 - Dans une onde modulée en fréquence, la déviation est nulle lorsque le signal de modulation est nul; dans les alternances positives, la fréquence augmente et elle diminue dans les alternances négatives. En dessous, comparaison avec une onde modulée en phase.

teur à lampe, que nous étudierons par la suite — le courant moyen de sortie est égal à la différence entre chaque alternance successive, positive ou négative, du courant du signal de sortie, comme le montre la figure 16.

Le courant moyen de sortie (c'est-à-dire la composante du signal) suit les contours de l'onde porteuse modulée avec une fidélité qui est fonction de la forme de la courbe non linéaire du détecteur. Etant donné que le contour, ou enveloppe, de l'onde modulée en amplitude contient la basse fréquence de modulation, un dispositif non linéaire sert donc à **démoduler** la porteuse AM.

Pour mieux comprendre les différences de rendement des divers types de détecteurs, il convient de considérer les fréquences en présence, soit à la modulation, soit à la démodulation.

Mis gratuitement en ligne par Alain et André

COMPARAISON ENTRE LA MODULATION ET LA DEMODULATION D'AMPLITUDE

Si dans un émetteur, la porteuse à haute fréquence et le signal de modulation sinusoïdal à fréquence unique étaient appliqués à un dispositif **linéaire**, la forme d'onde résultante contiendrait les deux fréquences. Les amplificateurs à circuits accordés de l'émetteur amplifieraient la porteuse HF, mais élimineraient, pratiquement, la composante BF.

Dans ces conditions, seule la porteuse serait rayonnée et elle ne pourrait pas remplir son rôle qui est de transmettre des « informations ».

Si les mêmes fréquences, considérées ci-dessus, sont appliquées à un dispositif **non linéaire**, on obtient un résultat absolument différent. Dans ce cas, en effet, on introduit une certaine distorsion qui entraîne la production de fréquences additionnelles. C'est ainsi, qu'aux deux fréquences d'origine s'ajoutent des fréquences correspondant à leur somme et à leur différence, en plus d'une fréquence « zéro », c'est-à-dire une composante à courant continu. Dans ces conditions, les circuits accordés de l'émetteur transmettent l'onde porteuse et les bandes latérales, supérieure et inférieure, de modulation; tout comme précédemment, le signal de

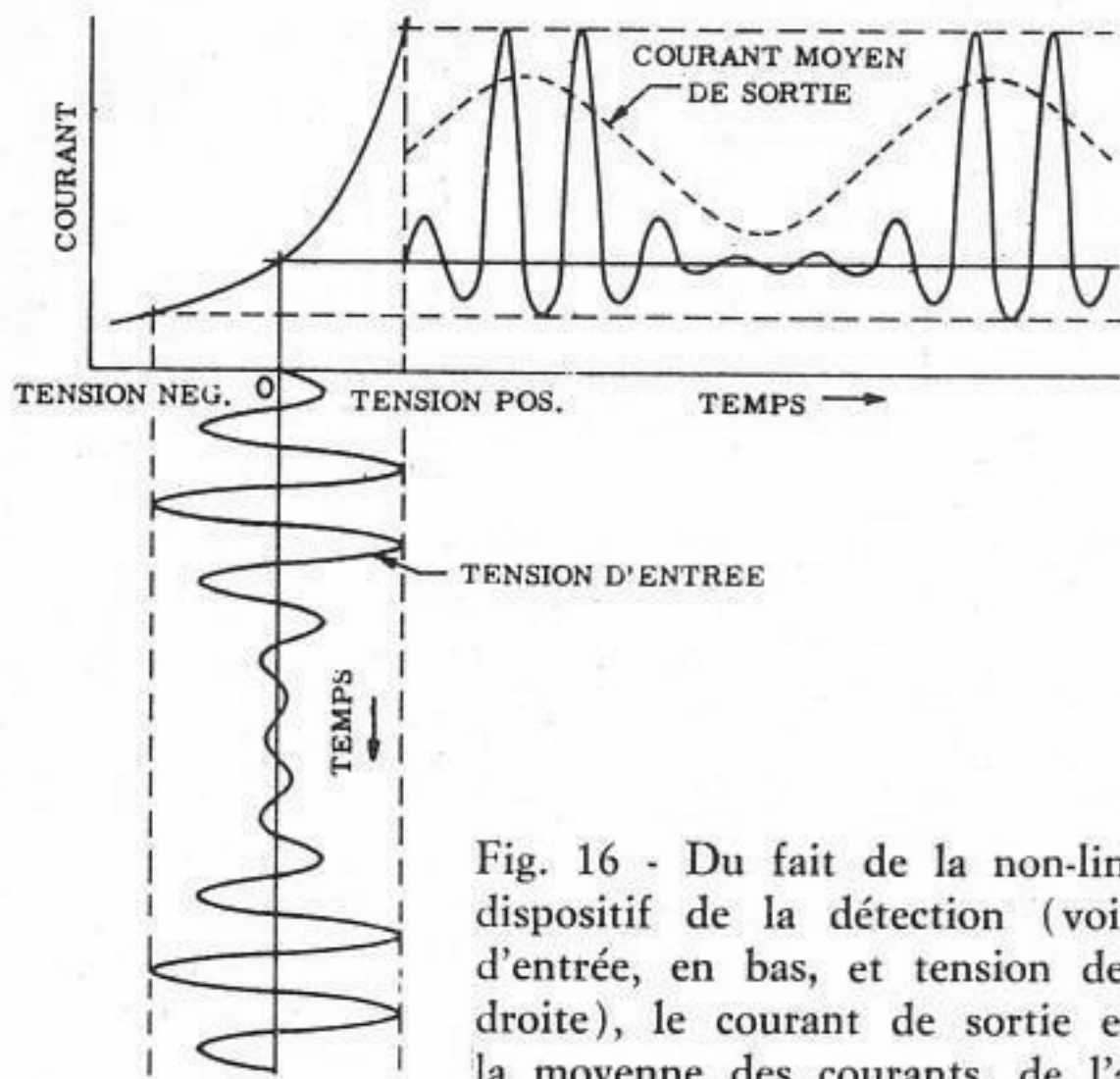


Fig. 16 - Du fait de la non-linéarité du dispositif de la détection (voir tension d'entrée, en bas, et tension de sortie à droite), le courant de sortie est égal à la moyenne des courants, de l'alternance positive et de l'alternance négative.

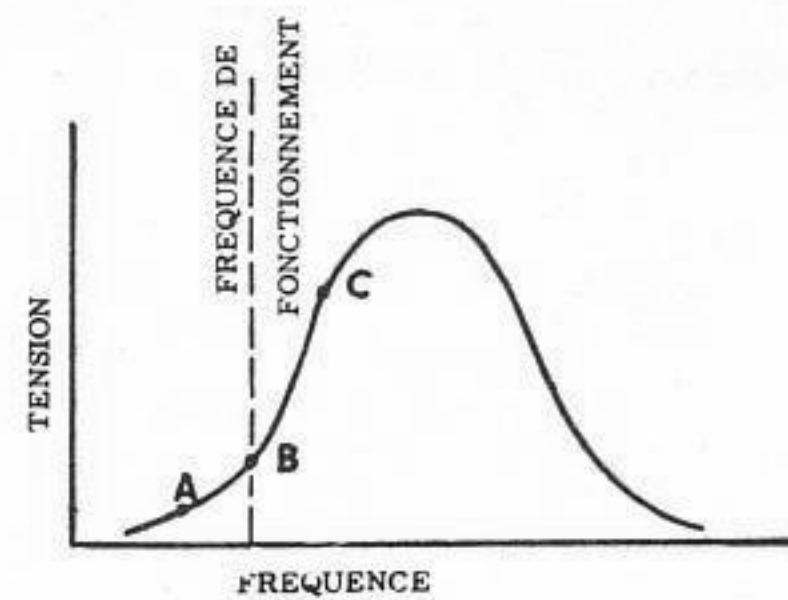


Fig. 17 - Les variations de fréquence de la porteuse sous l'effet de la modulation peuvent être détectées, c'est-à-dire traduites en variations d'amplitude, en plaçant la porteuse au point B sur le flanc de la courbe de résonance d'un circuit oscillant.

modulation à basse fréquence disparaît. Toutefois, ce signal est régénéré, à partir des bandes latérales, par l'étage détecteur de l'appareil récepteur.

Dans le récepteur, l'onde porteuse et ses bandes latérales sont appliquées à un second **dispositif non linéaire**, appelé **démodulateur ou détecteur**. Si ce démodulateur a une courbe non linéaire idéale, il déformera l'onde reçue (les alternances positives du cycle seront différentes des alternances négatives). En conséquence, outre la porteuse et ses bandes latérales, on retrouvera la fréquence du signal de modulation (correspondant à la différence entre la bande latérale supérieure et la porteuse, et entre la porteuse et la bande latérale inférieure) et une fréquence zéro (c'est-à-dire une composante à courant continu). Cette dernière servira à réaliser une commande automatique du gain du récepteur, que nous étudierons par la suite.

Si le démodulateur employé dans le récepteur n'a pas une courbe non linéaire idéale, mais s'il a, par exemple, une courbe parabolique, il y aura production de fréquences additionnelles. Ces fréquences sont les harmoniques de toutes les fréquences présentes à l'entrée. Elles sont produites par le fait que les tensions d'entrée dont l'amplitude est élevée sont déformées d'une manière différente de celles dont l'amplitude est moins grande; les harmoniques à haute fréquence peuvent être filtrées à la sortie du démodulateur, mais les harmoniques à fréquence acoustique ne peuvent être éliminées aussi facilement.

DEMODULATION DE LA MODULATION DE FREQUENCE

La principale différence existant entre un récepteur pour AM et un récepteur pour FM, réside précisément dans le type différent de démodulateur, ou détecteur, nécessaire dans chaque cas. Pour reconstituer le signal BF à partir d'une onde porteuse modulée en fréquence, il faut employer un dispositif transformant une variation de fréquence en une variation de tension. Ces tensions, à basse fréquence, correspondent à cel-

les produites par le microphone de l'émetteur. Tout système dans lequel l'amplitude d'une tension varie, d'une manière sensiblement linéaire, en fonction d'une variation de fréquence peut être employé dans ce but.

Il existe une méthode très simple pour convertir des variations de fréquence en variations d'amplitude, elle consiste à désaccorder légèrement un circuit oscillant de telle sorte que l'onde porteuse modulée en fréquence se trouve placée sur un des flancs de la courbe de résonance, **figure 17** (point B). Comme nous l'avons vu, l'excursion de fréquence de part et d'autre de la porteuse est proportionnelle à l'amplitude du signal de modulation. Si la porteuse FM est placée sur le flanc de la courbe, les variations de sa fréquence seront transformées en variations équivalentes d'amplitude, puisque l'amplification n'est pas la même pour les fréquences situées au-dessus et au-dessous de la fréquence centrale (A et C de la figure 17). En procédant ainsi, la tension de sortie de l'amplificateur HF (ou à fréquence intermédiaire, FI), a une amplitude qui varie au rythme du signal BF de modulation. Il suffit donc de transmettre cette tension HF, ou FI, dont l'amplitude est variable, à un détecteur d'amplitude classique, pour retrouver la tension BF. Il convient de noter que pour démoduler, avec ce système, une porteuse modulée en fréquence, il faut placer la porteuse sur un des flancs de la courbe de résonance et non au sommet (comme on le fait pour la modulation d'amplitude), car la courbe de résonance est symétrique et aucune démodulation ne pourrait intervenir, dans ce cas.

Pour éviter toutes distorsions du signal, les variations de fréquence doivent être limitées à la partie rectiligne du flanc de la courbe de résonance; cette partie étant très petite, la tension produite est relativement faible. C'est pourquoi ce système très simple de démodulation est pratiquement inutilisé; il était toutefois, utile de le mentionner pour monter le principe de la détection des signaux modulés en fréquence, que nous étudierons plus en détail dans une prochaine leçon.

Leçon n° 62

MICROPHONES ET HAUT - PARLEURS

Jusqu'à présent — dans notre cours — nous avons étudié les différents types de courants rencontrés dans le fonctionnement des appareils électroniques; dans la plupart des cas, les signaux d'entrée ou de sortie d'un récepteur, d'un amplificateur ou d'un instrument, ont été définies comme étant des tensions provenant d'un générateur extérieur. D'une manière analogue, nous avons souvent parlé d'une charge branchée à la sortie d'un étage final, charge dont la fonction est d'utiliser l'énergie fournie par l'étage amplificateur. Enfin, dans nos dernières leçons, nous avons abordé les problèmes relatifs à la « modulation » et à la « démodulation » et établi les rapports existant entre les courants phoniques (BF) et les courants à haute fréquence (HF), dans le domaine des télécommunications.

Il est donc temps maintenant, de nous occuper en détail des sources directes d'où proviennent ces signaux. Nous commencerons par les signaux BF (fréquences acoustiques), ainsi que par les dispositifs capables de les reproduire; puis par la suite, nous étudierons les signaux à haute fréquence (HF) et les moyens propres à leur production.

LES MICROPHONES

Le terme **microphone** dérive du grec — comme beaucoup d'autres dans notre domaine —, il est formé de **micro**, signifiant « extrêmement petit » et de **phone**, signifiant « son »; il est facile d'en déduire que l'organe ainsi dénommé n'est autre chose qu'un dispositif sensible aux ondes sonores, permettant de les transformer en impulsions électriques, d'intensité très faible. Mais nous savons déjà que tout courant électrique, aussi faible soit-il, est susceptible d'être fortement amplifié au moyen d'amplificateurs.

Les microphones, comme tous les composants électroniques, ont subi une importante évolution au cours des années; depuis le premier modèle construit par D. E. Hugues, en 1877, de nombreuses études et expériences ont conduit aux réalisations actuelles qui sont particulièrement sensibles et fidèles.

A l'origine, le microphone a été uniquement conçu pour transformer la voix humaine en courants électriques d'intensité variable pouvant être transmis au loin; il constituait le premier maillon de la chaîne dont l'ensemble devait donner naissance au téléphone. C'était, alors, la seule qualité requise de l'appareil dont la sensibilité et la fidélité laissaient fort à désirer. Par la suite, avec les rapides développements de la

technique de l'amplification et de la reproduction des sons, la nécessité d'obtenir une plus grande fidélité de reproduction, notamment pour la retransmission ou l'enregistrement de la musique, a conduit à la réalisation de microphones extrêmement fidèles et, dans une certaine mesure, beaucoup plus sensibles.

On compte, actuellement, trois catégories principales de microphones: ceux destinés uniquement à la reproduction de la parole (téléphone) dont la courbe de réponse s'étend de 150 à 4 000 Hz environ; ceux capables de reproduire une partie importante de la gamme des fréquences audibles, (entre 50 et 7 500 Hz; ils sont employés dans les installations de sonorisation); enfin, les microphones professionnels, de très grande qualité (studios d'émission ou d'enregistrement) qui sont capables de reproduire uniformément l'entière gamme des fréquences audibles (de 20 Hz à plus de 16 000 Hz).

Il faut ajouter en outre, que les microphones doivent être choisis en fonction de leur utilisation particulière et que le type sera différent selon que l'on désire transmettre uniquement la voix ou, au contraire, la musique. Un microphone destiné à la seule reproduction de la voix humaine devra avoir des caractéristiques telles que la parole soit transmise avec la compréhensibilité maximum, c'est la qualité principale que nous exigerons de lui. Par contre, s'il s'agit d'un microphone destiné à la transmission ou à l'enregistrement de la musique ou des sons en général, sa qualité principale devra être la fidélité, qui seule permet une reproduction intégrale conforme à l'original.

Le microphone à charbon — Le premier dispositif ayant permis la transformation d'une onde sonore en impulsions électriques a été le microphone à charbon. Si un certain nombre de petits corps conducteurs, de petits grains de charbon de cornue par exemple, sont légèrement tassés, ils offrent une certaine résistance au passage du courant électrique du fait des nombreux contacts imparfaits se produisant entre les divers grains; si l'on soumet l'ensemble à des vibrations mécaniques, ces différents contacts partiels se trouveront constamment modifiés et la résistance de l'ensemble variera au rythme des vibrations.

Ce principe est illustré par la **figure 1**. Le microphone à charbon, dans sa forme la plus simple, est constitué par une coupelle de charbon de cornue dans laquelle sont enfermés les petits grains (grenaille) de charbon qui sont maintenus légèrement comprimés par

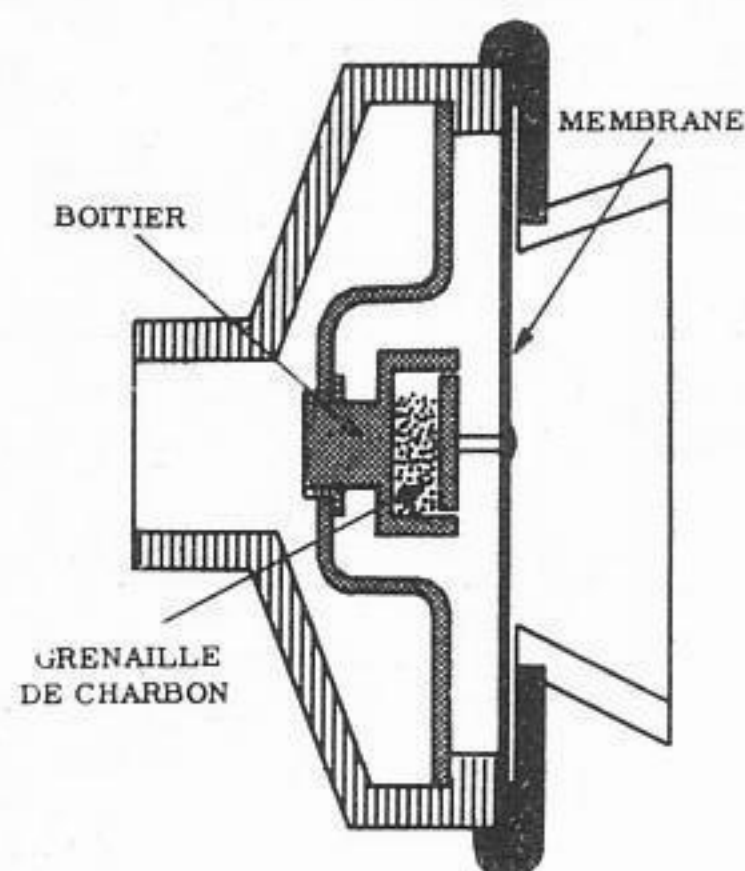


Fig. 1 - Structure interne d'un microphone à charbon. On remarque le boîtier contenant les granules et la membrane en contact avec ceux-ci.

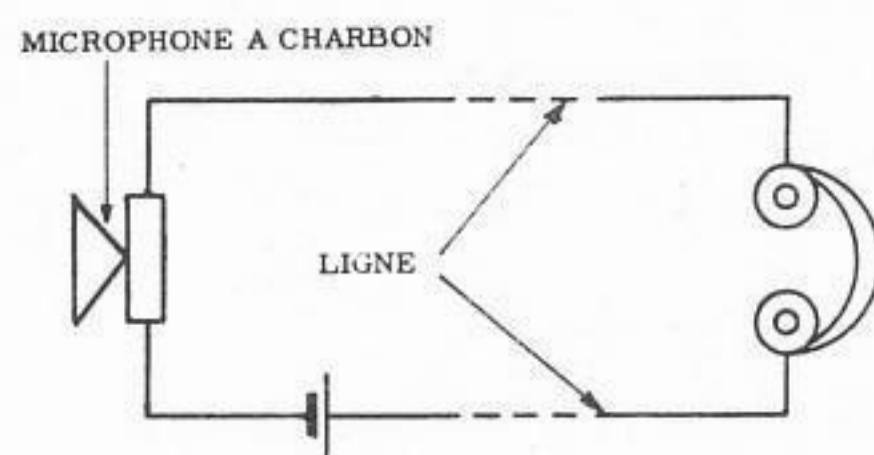


Fig. 2 - Le microphone à charbon peut fonctionner en étant directement couplé à un casque, sans aucune amplification grâce à l'ampleur des signaux qu'il fournit.

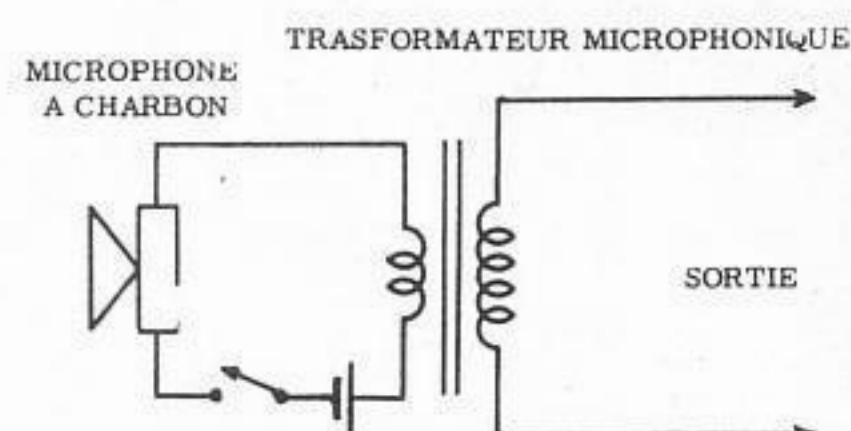


Fig. 3 - Pour adapter la faible impédance d'un microphone à charbon à celle de la grille d'une lampe, on utilise un transformateur microphonique. L'interrupteur en série avec la pile coupe le courant lorsque le microphone n'est pas employé. Dans certains cas, la batterie ou le transformateur peuvent être éliminés en reliant directement en série le microphone à la cathode du premier amplificateur.

une membrane également en charbon.

Le circuit électrique aboutit d'un côté à la coupelle et de l'autre à la membrane, le contact entre les deux se faisant par la grenaille. En série dans ce circuit se trouve une pile. Au repos — c'est-à-dire en l'absence de vibrations de la membrane — le courant électrique qui traverse le microphone rencontre une certaine résistance dont la valeur est fonction de la conductivité du charbon, de la résistance des contacts entre les grains et du contact entre ceux-ci et la membrane.

Nous savons que les ondes sonores font vibrer les corps solides: nous pouvons en effet remarquer quotidiennement les vibrations des vitres des fenêtres sous l'effet de sons intenses. Le principe du microphone nous paraîtra encore plus clair si nous nous référons par exemple à notre oreille dont le tympan (membrane) vibre sous l'effet des sons qui le frappent.

En vertu du même phénomène, la membrane de charbon (qui est très légère), vibre sous l'effet des sons et transmet ses vibrations à la grenaille de charbon, faisant ainsi varier la pression de contact entre les différents grains. Ces variations de pression se traduisent par une variation correspondante de la résistance, laquelle — à son tour — fait varier l'intensité du courant fourni au circuit par la pile. On peut donc dire que le microphone transforme les ondes sonores en un courant électrique d'intensité variable.

De par son principe même de construction, le microphone à charbon est particulièrement robuste, il est assez peu sensible aux variations de température, à l'humidité ou aux effets des agents chimiques. Par contre, il ne peut être utilisé que dans une gamme de fréquence assez limitée, mais ce défaut est compensé par une grande sensibilité. En pratique, il est en effet possible de reproduire, directement, sans aucune amplification, les sons perçus par ce type de microphone. C'est, en particulier, ce qui se produit dans le cas du téléphone, tout au moins pour des liaisons relativement rapprochées. En effet, il suffit de fermer le circuit de la figure 1 sur un écouteur téléphonique (ou un casque), figure 2, pour réaliser la trans-

mission à distance des sons émis devant le microphone, qui sont reproduits par l'écouteur téléphonique.

Dans le cas où les communications téléphoniques doivent avoir lieu à des distances assez grandes, une atténuation importante du signal se produit inévitablement dans les câbles de liaison; il est alors nécessaire d'amplifier le signal pour l'élever à un niveau suffisant pour rendre l'écoute possible.

Le microphone à charbon a été perfectionné au cours des années et un modèle dit à « double pastille » ou « double bouton » a été créé, lequel consiste comme son nom l'indique, en un assemblage de deux pastilles microphoniques identiques montées dos à dos.

Le microphone à charbon est assez directionnel, en ce sens que l'intensité du son et la distance de la source sonore au microphone restant constantes, le courant microphonique atteindra son intensité maximale lorsque la direction du son sera perpendiculaire à la membrane: en d'autres termes, la sensibilité est la plus grande lorsque la membrane est dirigée directement vers la source sonore.

L'impédance interne d'un microphone à charbon est de faible valeur (quelques dizaines d'ohms); c'est pourquoi, lorsque le signal doit être amplifié au moyen d'un tube électronique, il faut utiliser un transformateur de liaison, appelé « transformateur microphonique », pour l'adapter à l'impédance d'entrée de la lampe. Comme on le voit sur la figure 3, le transformateur microphonique possède un primaire à basse impédance qui constitue la charge du circuit du microphone. Le secondaire, à haute impédance, fournit des impulsions amplifiées (selon le rapport de transformation qui est de l'ordre de 1 : 30) qui peuvent être appliquées entre la grille et la masse d'une lampe.

Avec le développement incessant de l'Electronique et en raison des exigences toujours accrues dans le domaine de la qualité, de nouveaux types de microphones ayant des caractéristiques plus satisfaisantes ont été créés. Le microphone à charbon est actuellement utilisé uniquement dans les installations téléphoniques et pour certains types d'émetteurs de Radio destinés exclusivement à la transmission de la

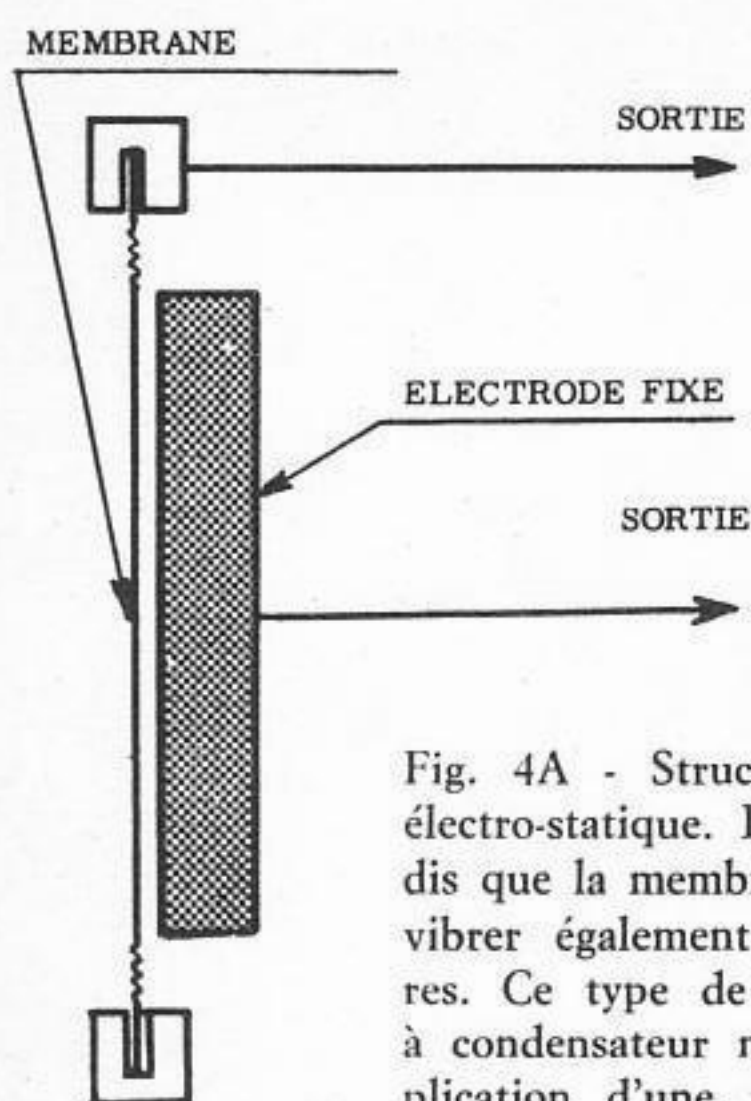


Fig. 4A - Structure interne d'un microphone électro-statique. L'électrode fixe est rigide, tandis que la membrane (deuxième électrode) peut vibrer également sous l'effet des ondes sonores. Ce type de microphone appelé également à condensateur nécessite pour fonctionner l'application d'une tension généralement comprise entre 150 et 300 volts.

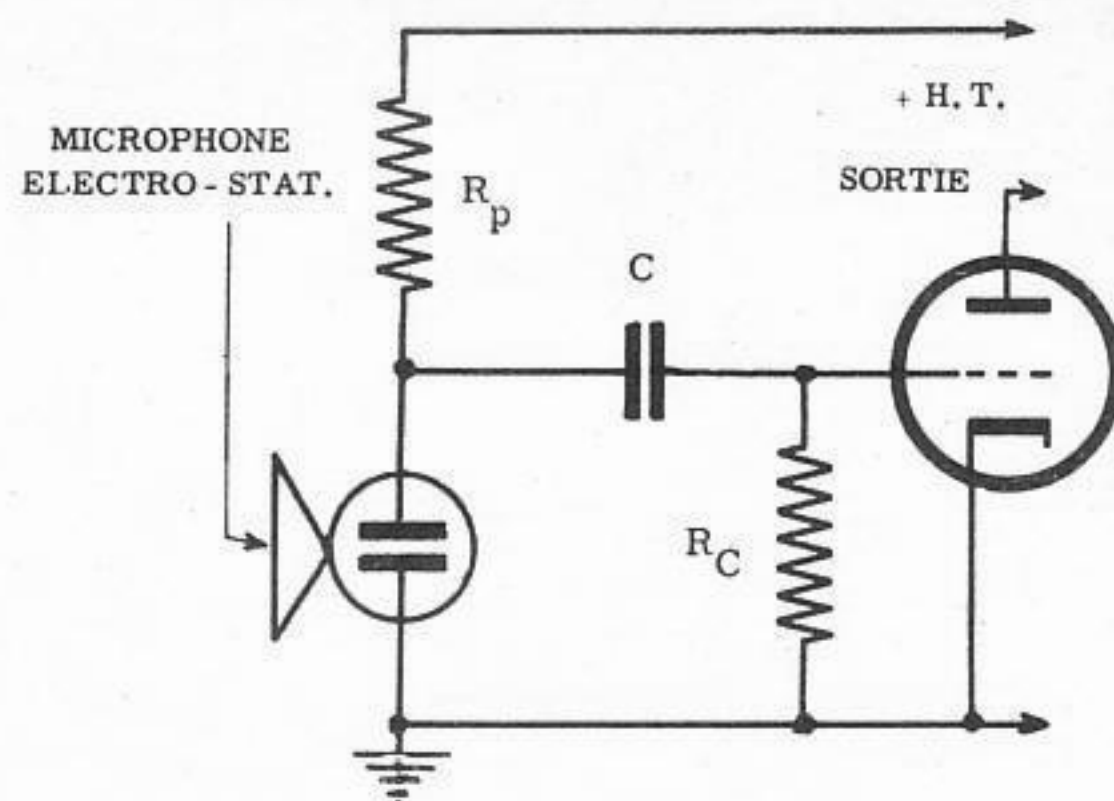


Fig. 4B - Schéma de montage d'un microphone à condensateur avec liaison au premier étage d'amplification. La tension de polarisation du microphone est fournie par l'alimentation commune. Bien que sa sensibilité ne soit pas élevée, le microphone électro-statique se distingue de tous les autres types par son uniformité de réponse aux fréquences.

parole, comme, par exemple, les appareils militaires, ceux d'amateurs ou ceux destinés à certains services civils.

Le microphone électro-statique — Lors de l'étude sur les condensateurs et les phénomènes s'y rattachant, nous avons vu que si l'on applique une tension continue d'amplitude constante aux électrodes d'un condensateur, on obtient dans le circuit une impulsion unique de courant, consécutive à la charge de ce condensateur; lorsque la charge est terminée, le courant cesse de passer. Nous savons en outre que si la tension appliquée varie à un certain rythme, soit dans son amplitude, soit dans sa polarité, on constate le passage d'un courant alternatif dont l'intensité et l'amplitude dépendent de celles de la composante alternative appliquée entre les armatures, ainsi que de la réactance du condensateur.

De même, si aux deux armatures d'un condensateur on applique une tension continue d'amplitude constante, un courant alternatif passe dans le circuit lorsque l'on fait varier périodiquement la valeur de la capacité; ce courant alternatif a une intensité qui est directement proportionnelle à la variation de la capacité.

Un des moyens les plus simples pour faire varier la valeur d'une capacité consiste à modifier la distance entre les armatures et c'est justement sur ce principe qu'est basé le microphone électro-statique représenté sur la **figure 4-A**. On remarquera que le condensateur est constitué par une armature fixe et une membrane métallique très mince, légère et flexible, formant la seconde électrode.

Si nous appliquons une tension continue entre ces deux électrodes, nous obtenons une seule impulsion de courant dans le circuit, au moment de la charge. Par contre, si la membrane entre en vibrations (sous l'effet d'une onde sonore, par exemple), elle se rapproche ou s'éloigne de l'électrode fixe, selon que l'air est comprimé ou raréfié sous l'effet de l'onde sonore. Ces déformations de la membrane, favorisées par l'élasticité du métal employé pour sa construction, déter-

minent à leur tour une diminution ou une augmentation de la capacité produite par une variation de la distance entre les deux électrodes. Un courant alternatif d'amplitude et de fréquence variables prend donc naissance dans le circuit.

A la base du fonctionnement du microphone électro-statique, on trouve donc une tension continue appliquée à ses armatures. En ce qui concerne le prélèvement des impulsions de tension, il convient avant tout de faire la remarque suivante: en étudiant la **figure 4-B**, on constate que la tension continue est appliquée à travers une résistance; du moment que le courant continu ne passe pas à travers le condensateur, la résistance n'est traversée par aucun courant et il n'y a pas de chute de tension à ses bornes. En conséquence, la tension continue totale est présente sur les électrodes. Lorsque la membrane entre en vibrations sous l'effet des ondes sonores, un faible courant alternatif prend naissance et produit une chute de tension proportionnelle aux bornes de la résistance. Il est facile de comprendre que cette chute de tension variable produit un courant alternatif qui est fonction de l'intensité et de la fréquence de l'onde sonore et qui peut être amplifié par les moyens connus.

Le microphone électro-statique se distingue de tous les autres types de microphones par la linéarité de sa courbe de réponse aux diverses fréquences. Cette qualité le rend apte à certains emplois particuliers; il peut être utilisé aussi bien dans les studios d'enregistrements que comme microphone étalon pour l'étalonnage et l'essai des appareils électro-acoustiques ou pour la mesure des niveaux sonores.

Les méthodes de construction ont été perfectionnées avec le temps; en effet, dans le but de rendre plus constant l'amortissement de la membrane produit par les variations internes de pression, on a été amené à profiler convenablement l'armature fixe, laquelle peut — dans certains cas — comporter une série de trous ou de rainures dont le rôle est d'influer sur la pression pour améliorer la réponse.

La sensibilité de ce type de microphone n'est pas

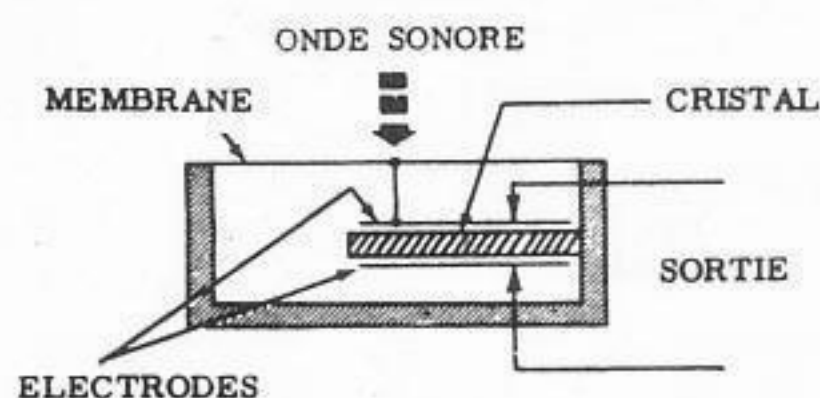


Fig. 5 A - Structure interne piézo-électrique (à cristal). Les vibrations de la membrane sont transmises au cristal lequel donne naissance à des impulsions de courant proportionnelles.



Fig. 5 B - Aspect typique d'une pastille microphonique piézo-électrique. Elle est enfermée dans un boîtier.

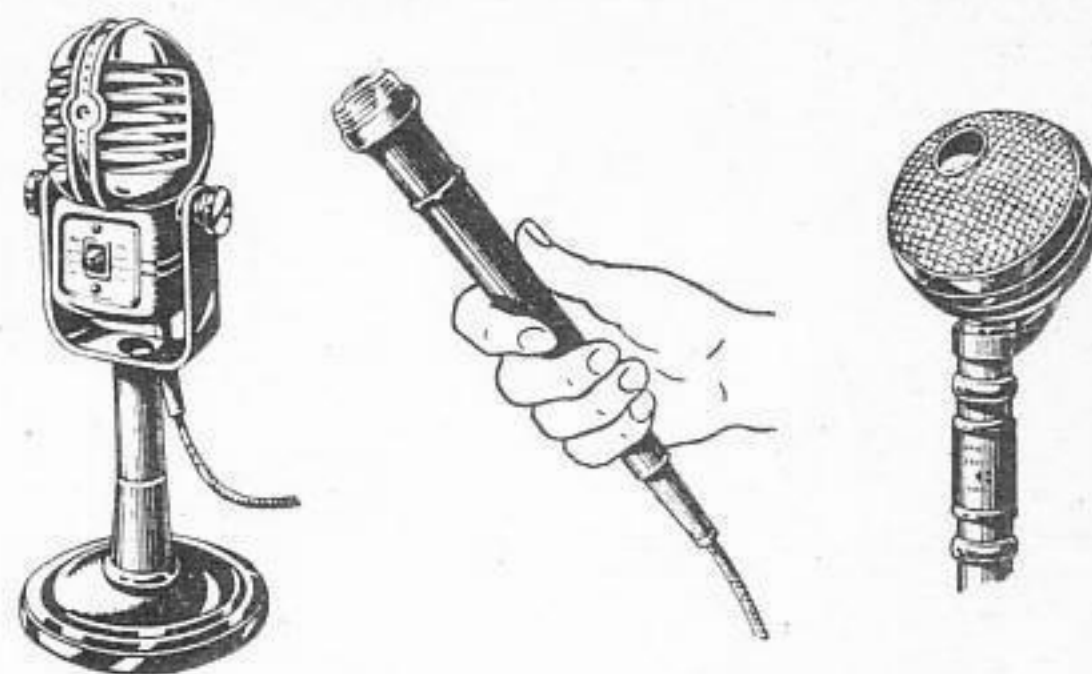


Fig. 5 C - Quelques modèles de microphones à cristal disponibles dans le commerce. Le premier comporte un contrôle de sensibilité. Le second peut être commodément tenu en main.

très grande et son impédance élevée le rend particulièrement sensible aux champs électrostatiques extérieurs. C'est pourquoi, à proximité immédiate de la capsule microphonique proprement dite, dans la même boîte, on place le premier étage d'amplification. De cette façon, en prenant les précautions nécessaires, on peut faire en sorte que l'impédance de sortie de l'ensemble soit relativement peu élevée, d'où moins grande sensibilité aux effets néfastes des champs extérieurs.

La tension appliquée aux électrodes (tension de polarisation continue) est généralement comprise entre 150 et 300 V et la résistance en série a une valeur de quelques mégohms. On peut réaliser divers modèles ayant des caractéristiques différentes: type omnidirectionnel (sensibilité indépendante de la direction des sons) ou type directionnel (sensible aux sons provenant d'une direction déterminée). Etant donné que ce genre de microphone est sensible aux variations de la pression de l'air, sa courbe de réponse en fréquence peut être influencée par divers facteurs. La tension de sortie est proportionnelle à la pression sonore dans la gamme des fréquences basses et moyennes, mais au fur et à mesure que la fréquence augmente la tension varie, en raison du fait que la pression interne (c'est-à-dire de l'air se trouvant entre les armatures) tend à s'opposer aux vibrations de la membrane. Ceci est d'ailleurs compensé partiellement par le fait que les signaux électriques de sortie passent toujours à travers le condensateur de couplage à la grille de la lampe. La réactance de ce condensateur, plus grande aux fréquences basses qu'aux fréquences élevées, compense les variations de la tension sortie.

Le microphone piézo-électrique — Nous avons déjà étudié sommairement (page 113) la piézo-électricité; le microphone piézo-électrique (ou microphone à cristal) en est justement une des applications.

La figure 5-A montre la structure interne d'un microphone de ce type; on remarquera que la membrane est solidaire d'une petite tige fixée en son centre. Le cristal est généralement de forme carrée ou rectangulaire, il est formé de deux plaquettes de sel de Rochelle collées l'une à l'autre. Sur les faces externes sont pla-

cées deux électrodes reliées à la ligne.

Lorsque la membrane vibre sous l'effet des ondes sonores, ces vibrations sont transmises au cristal par l'intermédiaire de la tige centrale. Les vibrations mécaniques appliquées au cristal font que ce dernier subit des flexions le long d'une des diagonales; ces flexions se traduisent par des impulsions électriques qui prennent naissance entre les électrodes (effet piézo-électrique).

Etant donné l'isolement presque parfait réalisé entre les armatures, l'impédance interne du microphone piézo-électrique est très grande. Ceci permet de le relier directement à l'entrée (grille) du premier étage d'amplification, sans aucun organe de couplage. De plus, sa sensibilité élevée d'obtenir une puissance BF suffisante sans qu'une forte amplification soit nécessaire.

Par rapport aux deux types précédemment décrits, le microphone piézo-électrique présente l'avantage de ne nécessiter aucune source de tension d'excitation pour son fonctionnement. En effet, les tensions électriques BF sont produites directement par le cristal.

La structure interne d'un microphone piézo-électrique peut également être du type multicellulaire. Dans ce cas, il est constitué par un assemblage de cristaux, reliés en série et en parallèle; leur nombre varie entre 6 et 20 et la combinaison des diverses unités permet d'obtenir une courbe de réponse linéaire, pratiquement sur toute l'étendue de la gamme des fréquences acoustiques.

Le microphone piézo-électrique est généralement considéré comme étant le plus économique et l'on trouve dans le commerce des cellules d'un prix modique dont le fonctionnement est très satisfaisant. Par contre, ils sont particulièrement sensibles à l'humidité et ne peuvent supporter une température supérieure à 45°.

Le microphone magnétique ou « à réluctance variable » — Parlons brièvement d'un type de microphone dont l'utilisation est uniquement limitée aux réalisations économiques qui requièrent en outre une bonne résistance aux variations de la température et du degré d'humidité.

Il ressemble fort à un microphone à cristal, la différence consistant dans le fait que le cristal est rem-

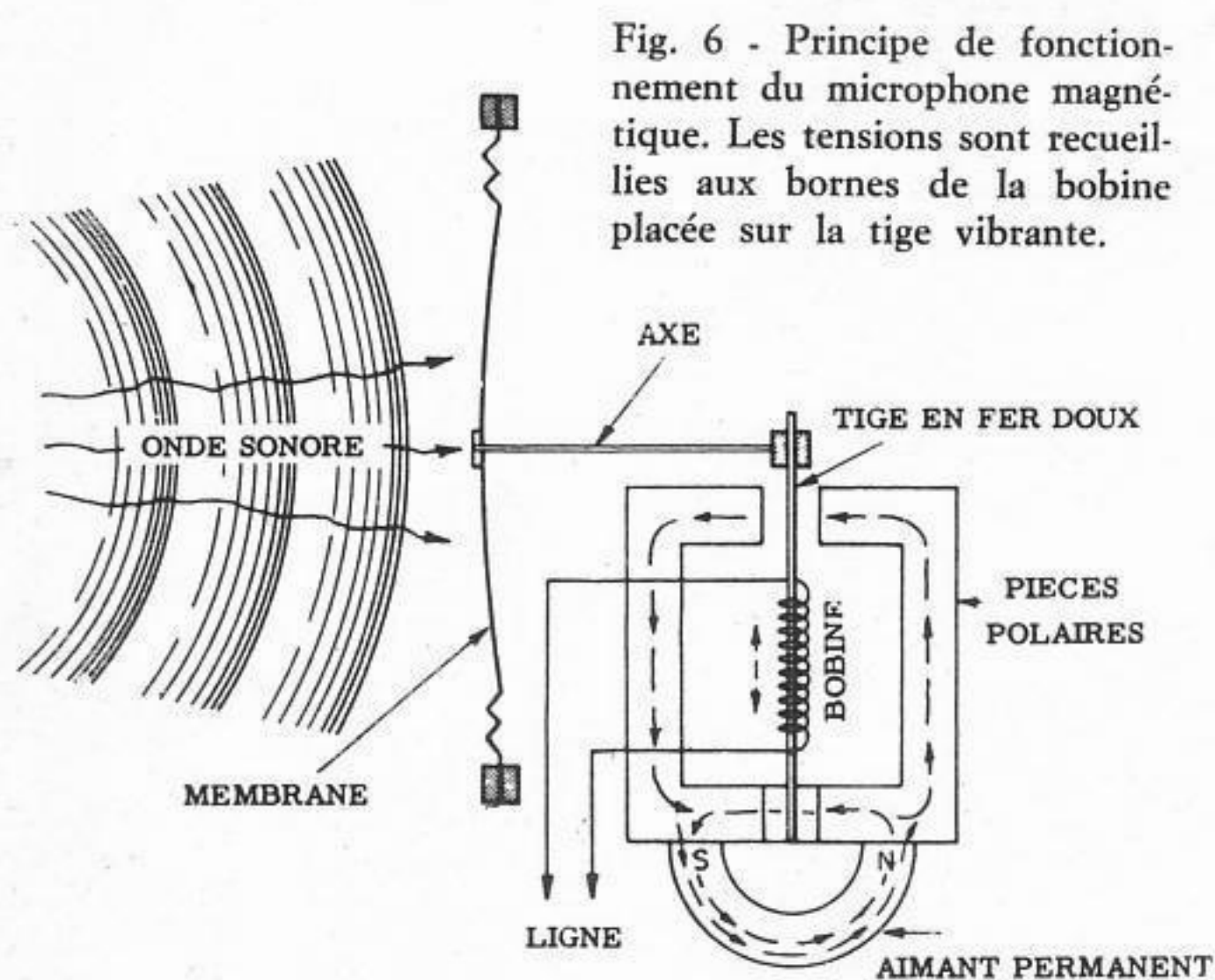


Fig. 6 - Principe de fonctionnement du microphone magnétique. Les tensions sont recueillies aux bornes de la bobine placée sur la tige vibrante.

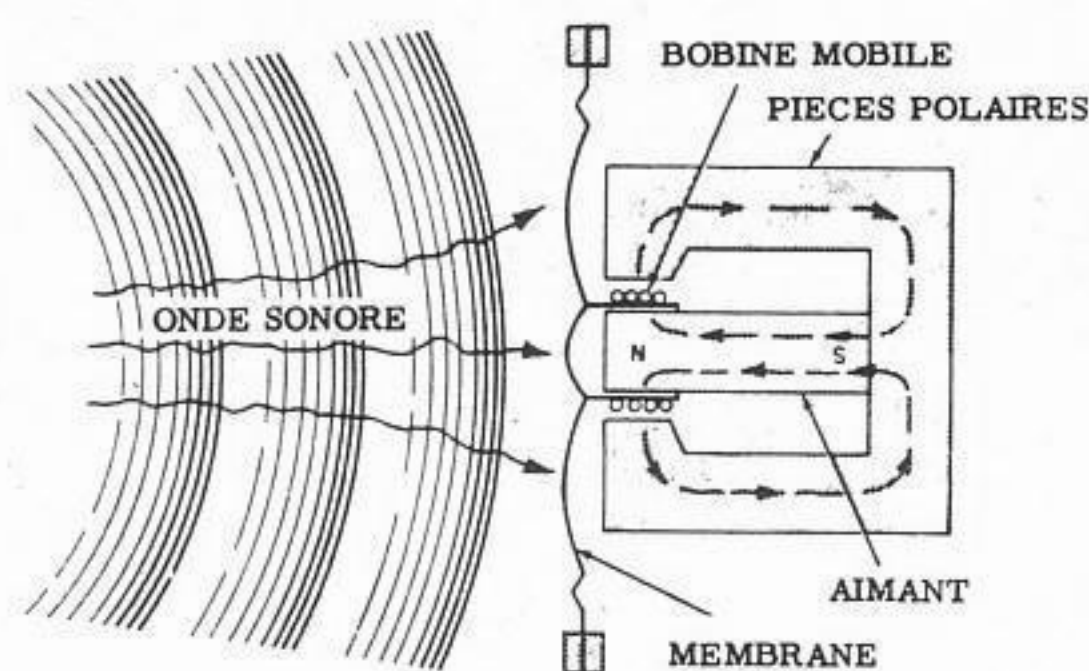


Fig. 7 - Principe de fonctionnement du microphone dynamique. La bobine mobile, placée dans l'entrefer d'un puissant aimant, coupe les lignes de force magnétique lorsque la membrane vibre.

placé par un petit aimant permanent pourvu de pièces polaires se refermant sur un entrefer de 1 mm. environ. Dans le champ magnétique de cet entrefer, est placée une petite tige de fer doux dont une extrémité est fixée rigidement, tandis que l'autre est libre. Autour de cette tige est placé un enroulement comportant plusieurs centaines de tours de fil de cuivre émaillé d'un diamètre de quelques centièmes de millimètre. L'extrémité libre de la tige est reliée mécaniquement, par un système léger mais rigide, à une membrane d'aluminium ou de matière plastique.

Lorsque la membrane vibre sous l'effet des ondes sonores, les vibrations sont transmises à la tige qui vient ainsi couper les lignes de force du champ magnétique dans lequel elle se trouve plongée, avec la même fréquence que celle des ondes sonores. Comme nous l'avons dit, cette tige constitue le noyau d'un enroulement dans lequel, suivant les principes de base de l'électromagnétisme, les impulsions magnétiques produites par les vibrations mécaniques induisent des tensions variables. Ces tensions peuvent être prélevées aux bornes de la bobine et amplifiées selon les méthodes habituelles.

Certains microphones de ce type ont un enroulement dont l'impédance est très basse et il faut alors prévoir un transformateur de couplage pour le relier à la grille de la lampe amplificatrice; d'autres modèles, par contre, ont une impédance suffisante pour permettre une liaison directe. La figure 6 illustre le principe de fonctionnement.

Le microphone électro-dynamique (à bobine mobile)

— Ce type de microphone est basé sur le principe de la production de courant par déplacement d'un conducteur dans un champ magnétique constant. La figure 7 montre la structure interne d'un microphone électro-dynamique. La membrane, généralement en matière plastique ou en aluminium, a une forme telle que la réponse est sensiblement linéaire dans toute la gamme des fréquences acoustiques. A cette membrane est fixée une petite bobine comportant quelques tours de fil de cuivre très fin.

Cette bobine très légère est plongée dans un champ

magnétique intense produit par un aimant permanent, généralement en forme d'anneau, pourvu de deux pièces polaires qui concentrent le flux magnétique dans la zone où est placée la bobine.

Les vibrations de la membrane, sous l'effet des ondes sonores, sont transmises à la bobine, laquelle se déplace vers l'extérieur ou vers l'intérieur, selon que les ondes acoustiques produisent une dépression ou une compression de l'air au contact de la membrane. Dans ses déplacements, la bobine mobile coupe le champ magnétique dans un sens ou dans l'autre, ce qui produit à ses bornes, un courant de polarité conforme et d'amplitude proportionnelle aux déplacements (donc à l'intensité du son).

Il est évident qu'en raison de la légèreté même de la bobine qui doit nécessairement ne comporter qu'un petit nombre de tours, ce microphone ne peut présenter une impédance élevée; il est donc indispensable d'employer un transformateur microphonique pour le coupler à la grille de la lampe amplificatrice.

Un des avantages du microphone électro-dynamique est sa relative insensibilité aux conditions ambiantes; les sautes de température ont peu d'effet sur lui et, si la membrane est en aluminium, il est pratiquement à l'abri des effets néfastes de l'humidité. Sa sensibilité propre est assez grande.

On trouve des microphones dynamiques de qualité moyenne à un prix assez peu élevé. Ils fonctionnent convenablement dans une gamme de fréquences comprise entre 100 et 7 000 Hz et conviennent parfaitement aux besoins de l'amateur. Il existe également des modèles professionnels dont la courbe de réponse est sensiblement linéaire entre 30 et 16 000 Hz. La différence entre ces deux types provient des caractéristiques de la membrane, de la qualité de l'aimant fournissant un champ magnétique plus ou moins intense et du système utilisé pour répartir convenablement la pression interne.

A cet effet, étant donné que les déplacements de la membrane déterminent des compressions et des dépressions successives de l'air contenu à l'intérieur du microphone, il importe de prévoir une communication avec

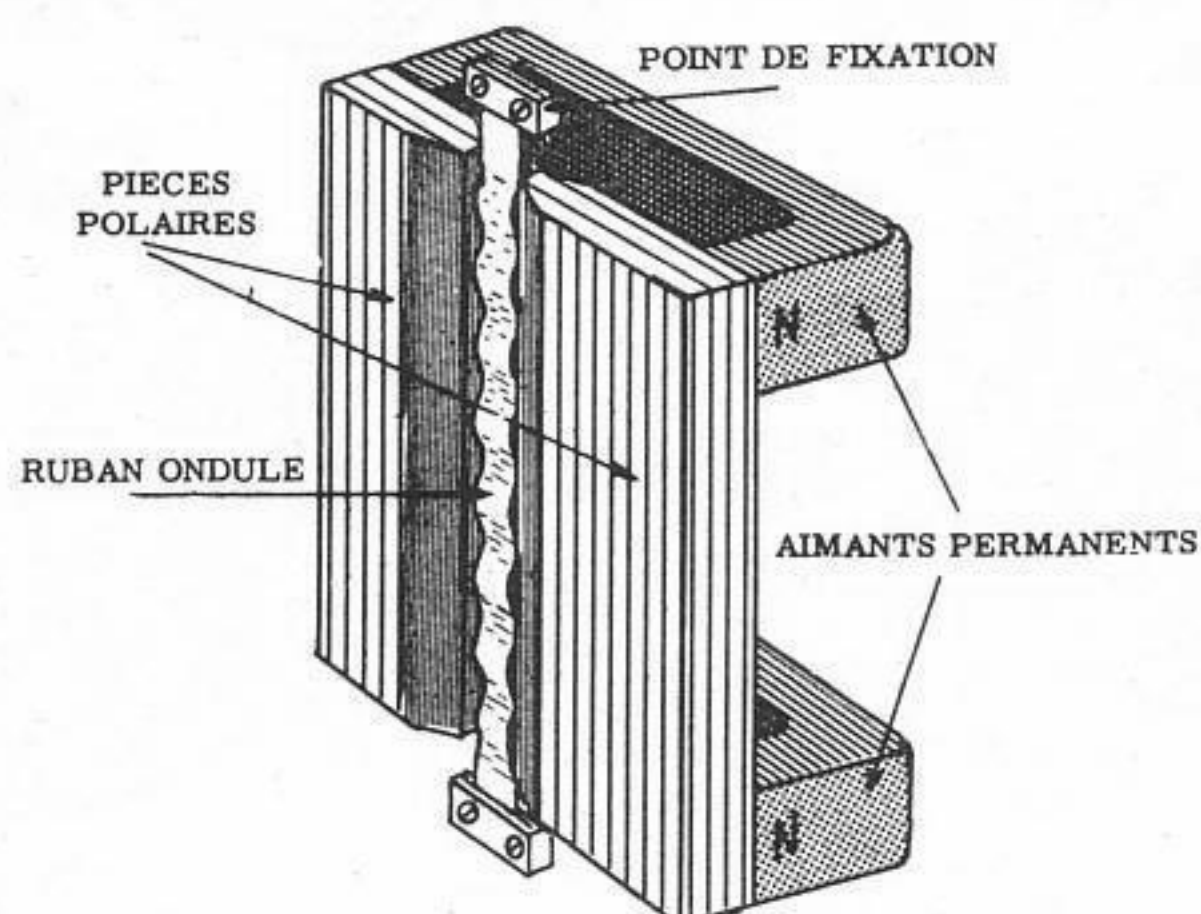


Fig. 8 A - Structure interne d'un microphone à ruban. Les tensions de sortie sont prélevées aux deux extrémités du ruban. Appelé également « à vitesse », il permet une bonne linéarité de réponse et une sensibilité bidirectionnelle.



Fig. 8 B - Présentation extérieure d'un microphone à « double ruban ». Il permet d'obtenir une réponse uniforme dans toute la gamme des fréquences acoustiques et présente un diagramme de sensibilité bidirectionnelle.

l'extérieur pour éviter que ces variations de pression perturbant les caractéristiques dynamiques de la membrane. De plus, cette dernière — comme tous les corps solides — a sa propre fréquence de résonance. Lorsque le son atteint cette fréquence de résonance, l'amplitude des vibrations de la membrane est beaucoup plus grande que pour toute autre fréquence. Il en résulte la production d'un signal de plus forte intensité, donc d'une réponse non uniforme. Des systèmes d'amortissement de la membrane sont employés pour remédier à cet inconvénient.

En général, le transformateur de couplage est enfermé dans le boîtier contenant la cellule microphonique. Si le secondaire de ce transformateur est d'impédance élevée pour une ligne de très faible longueur, on l'appelle transformateur « bobine - grille ». Lorsque la ligne reliant le microphone au premier étage amplificateur doit avoir une longueur importante, on préfère, pour éviter d'introduire des bruits parasites et des ronflements dus à la présence de champs magnétiques extérieurs, employer un transformateur « bobine-ligne » ayant une impédance secondaire de valeur moyenne (comprise entre 200 et 600 Ω) relié à un deuxième transformateur, appelé « ligne-grille », placé à proximité immédiate du premier étage amplificateur.

Afin que ces transformateurs n'introduisent aucune perte, leurs enroulements sont bobinés sur des circuits magnétiques spéciaux, comme par exemple en « permalloy » ou en « numétal », dont la perméabilité élevée permet d'obtenir des résultats bien meilleurs que ceux donnés par les tôles ordinaires au silicium; ces transformateurs sont en outre parfaitement blindés.

Le microphone à ruban - Le microphone à ruban (principe de fonctionnement illustré par la figure 8-A), tire son nom du fait qu'il fonctionne sous l'effet de la différence de pression existant entre la face antérieure et la face postérieure d'un mince ruban d'aluminium ondulé, placé entre les pièces polaires d'un ou de plusieurs aimants permanents.

Ce microphone est construit de telle sorte que les ondes sonores puissent atteindre facilement le ruban,

dont la légèreté est telle qu'elle lui permet de suivre fidèlement les vibrations de l'air, même aux fréquences élevées.

La fréquence de résonance du ruban est située en dessous de la plus basse fréquence perceptible par l'oreille humaine. Les ondes sonores font vibrer le ruban, ce qui produit en son sein une f.e.m. résultant de la coupure des lignes de force magnétique. Cette f.e.m. est recueillie aux extrémités du ruban, qui doivent être nécessairement isolées, et la tension est transmise au primaire d'un petit transformateur contenu dans le boîtier du microphone. Dans ce cas également, ce transformateur peut avoir un secondaire à haute impédance (transformateur « ruban-grille ») ou à moyenne impédance (transformateur de ligne). Dans ce dernier montage qui permet l'utilisation d'une ligne de grande longueur, on utilise un second transformateur à l'entrée de l'amplificateur, qui élève l'impédance à la valeur nécessaire pour attaquer convenablement la grille de la première lampe.

Outre le fait qu'il donne une réponse linéaire entre 40 et 10 000 Hz environ, ce microphone présente une caractéristique très importante: il est *bi-directionnel*. C'est-à-dire qu'il est également sensible aux ondes sonores reçues sur la face avant ou sur la face arrière de la membrane, dans un plan perpendiculaire à celle-ci, tandis que sa sensibilité diminue ensuite régulièrement, pour devenir presque nulle pour les ondes sonores provenant des côtés.

Par contre, ce type de microphone présente certains inconvénients qui sont, en particulier, son extrême fragilité et l'impossibilité que l'on a de l'utiliser à l'extérieur, surtout lorsqu'il y a du vent ce qui risque d'endommager gravement le ruban. La figure 8-B montre l'aspect extérieur d'un microphone à ruban classique.

EFFET DIRECTIONNEL

Les microphones omnidirectionnels captent toutes les ondes sonores, quelle que soit la direction dont elles proviennent. Ils sont en outre sensibles aux notes ai-

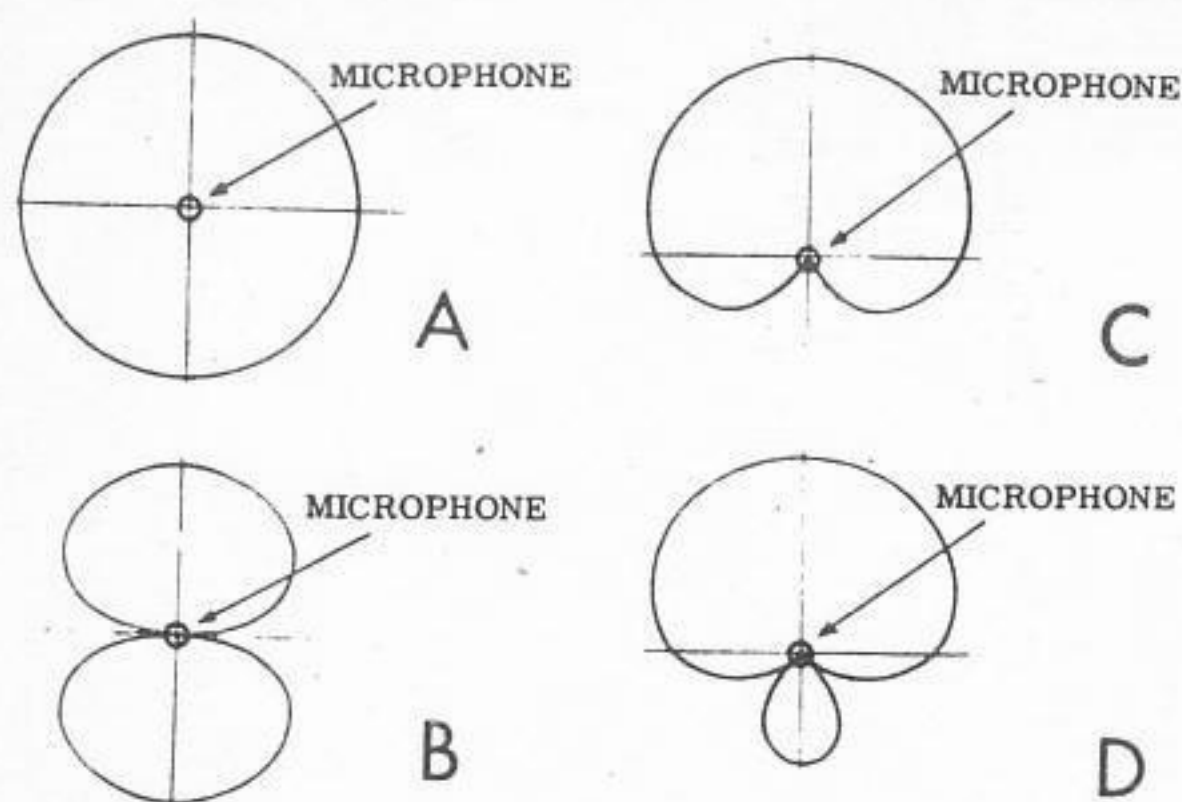


Fig. 9 - A) Courbe omnidirectionnelle; B) Courbe bidirectionnelle; C) Courbe cardioïde; D) Courbe hyper-cardioïde.

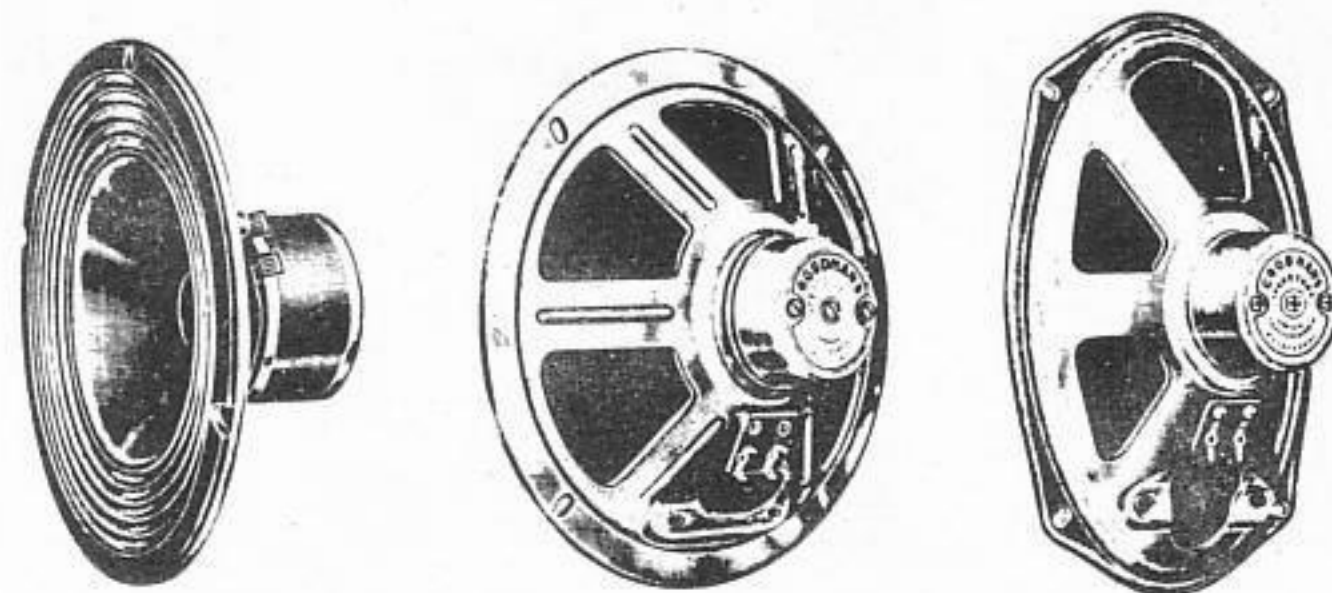


Fig. 10 - Quelques modèles de hauts-parleurs dynamiques. On remarquera les ondulations sur le bord extérieure du cône, dont le rôle est de faciliter les vibrations. Le troisième à droite est de forme elliptique.

guës émises en direction de la face avant. Ce groupe comprend tous les microphones pour lesquels l'effet directionnel n'est pas mentionné dans les caractéristiques générales. La **figure 9-A** représente la zone circulaire d'où peuvent provenir les sons captés par un microphone omnidirectionnel, celui-ci étant supposé se trouver placé au centre du cercle.

Les microphones bi-directionnels ne captent que les sons émis en direction de la face avant, ou de la face arrière, leur sensibilité latérale est pratiquement nulle. Les bruits ambiants sont donc atténués et l'on risque moins de voir se produire l'effet « Larsen », c'est-à-dire une réaction indésirable entre microphone et haut-parleur — dont nous parlerons plus tard — qu'avec un microphone omnidirectionnel; par contre, le choix de la position du microphone par rapport à celle de la source est plus critique (**figure 9-B**).

Les microphones unidirectionnels ou « cardioïdes » captent uniquement les sons émis en direction de la face antérieure; ils tirent leur nom du fait que la courbe directionnelle (**figure 9-C**), tracée en coordonnées polaires, est en forme de coeur. L'atténuation des bruits ambiants est encore plus grande et le risque d'effet « Larsen » encore atténué, par rapport au type bi-directionnel; la détermination de la position optimum du microphone par rapport à la source sonore est très facile.

Les microphones hyper-cardioïdes sont un perfectionnement du type précédent. Les bruits ambiants sont atténués au maximum, de même que l'effet Larsen. Etant donné la forme particulière de la corbe directionnelle (**figure 9-D**), la détermination de la position correcte par rapport à la source sonore est un peu plus difficile que pour le type cardioïde.

Les microphones hyper-cardioïdes sont réalisés en incorporant dans un même boîtier deux cellules microphoniques, une à ruban et une dynamique. Comme nous le savons, la première a une sensibilité bi-directionnelle, tandis que la seconde est omnidirectionnelle. Etant donné que le microphone à ruban est sensible aux sons provenant de deux directions, tandis que le microphone dynamique donne une tension de sortie sensiblement in-

dépendante de cette direction, les deux signaux, combinés en série, s'ajoutent ou se retranchent selon leur polarité propre. C'est ainsi que les sons provenant d'une source placée devant le microphone produisent des impulsions de tension égales à la somme des deux sorties, tandis que les sons émis à l'arrière du microphone produisent des impulsions égales à leur différence. Il en résulte qu'en réglant judicieusement l'amplification de ces impulsions, il est possible d'obtenir une réponse maximum pour les sons émis devant le microphone, tandis que cette réponse diminue graduellement au fur et à mesure que la source sonore se déplace vers les côtés, pour devenir presque nulle pour des sons émis vers l'arrière.

Le microphone unidirectionnel est particulièrement utile lors des enregistrements d'orchestres effectués au moyen de plusieurs microphones reliés à nombre égal de canaux séparés d'amplification. Cette méthode permet, en réglant séparément l'amplification des divers canaux, d'obtenir des effets sonores particuliers, puisque chaque microphone ne capte que les sons émis par les instruments qui lui font face. On l'utilise également pour les interviews faites dans des lieux publics ou bruyants; il permet alors d'éliminer en grande partie les bruits environnants, tandis qu'il favorise la voix des interlocuteurs, ce qui permet d'effectuer des enregistrements dans des lieux où le niveau des bruits indésirables est très élevé.

SENSIBILITE D'UN MICROPHONE

La tension du signal délivré par un microphone dépend de la sensibilité de ce dernier, ainsi que de l'intensité du son capté et de l'éloignement de la source sonore.

Pour évaluer la sensibilité d'un microphone, on mesure la tension de sortie produite par une pression acoustique donnée sur la membrane; la sensibilité est exprimée en « millivolts par microbar » ($mV/\mu \text{ bar}$), - voir tableau 62, page 360 - ou, encore, en décibels par rapport à 1 volt.

Dans ce dernier cas, une sensibilité de - 50 dB, par

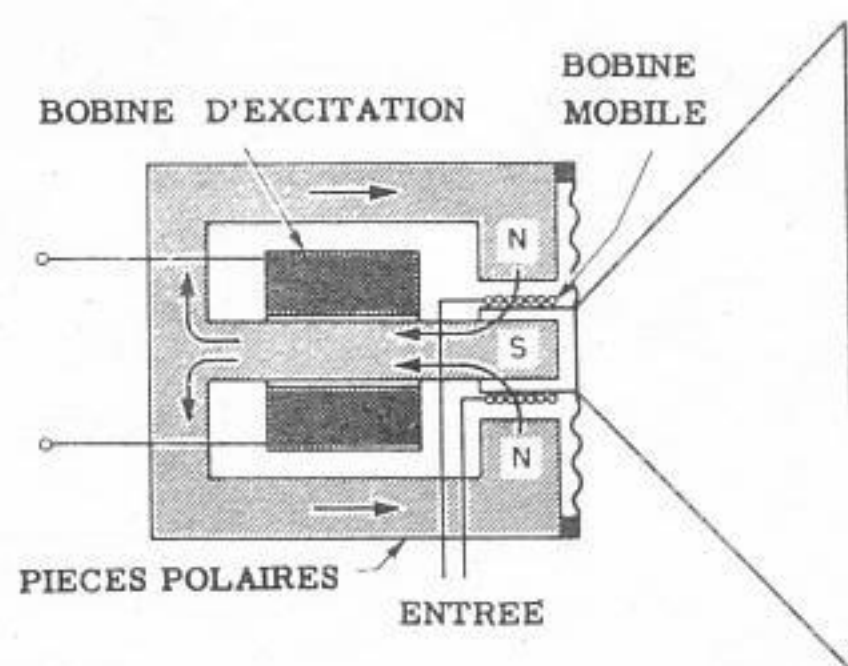


Fig. 11 - Coupe d'un haut-parleur électro-dynamique. Le champ magnétique est produit par le courant continu passant dans la bobine d'excitation.

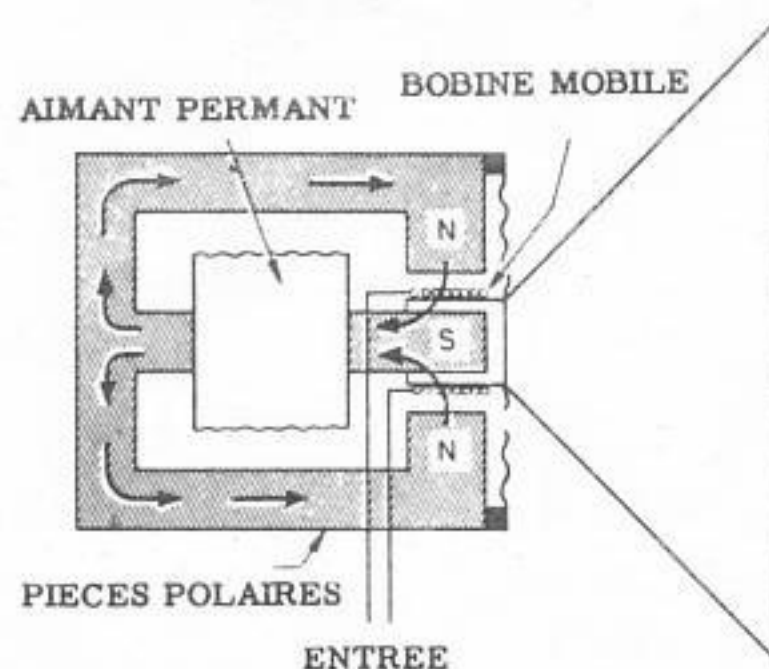


Fig. 12 - Dans le haut-parleur magnéto-dynamique la bobine d'excitation est remplacée par un puissant aimant permanent. Le fonctionnement est identique par ailleurs.

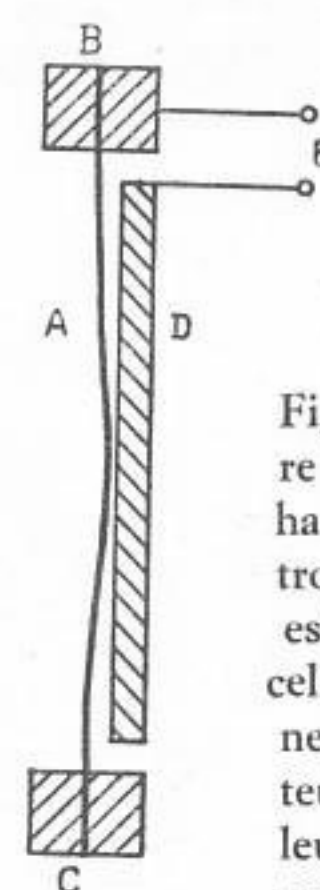


Fig. 13 - Structure interne d'un haut-parleur électro-statique. Elle est semblable à celle du microphone à condensateur. Ce haut-parleur est uniquement destiné à la reproduction des sons de fréquences élevées.

exemple, signifie que le niveau de la tension de sortie est de 50 dB inférieur à 1 volt. La courbe de réponse d'un microphone est relevée d'après la tension fournie par celui-ci pour des sons émis sur diverses fréquences de la gamme. L'intensité des sons délivrés par un générateur BF étant maintenue constante, ainsi que la distance de la source au microphone.

LE HAUT-PARLEUR

Les sons captés par un microphone, amplifiés et, éventuellement transmis par radio, doivent être transformés en ondes sonores au moyen d'un organe reproducteur.

L'écouteur, dont nous avons déjà parlé, a été le premier reproducteur sonore ayant permis l'écoute des signaux provenant d'un microphone. Il est toujours utilisé dans les installations téléphoniques et chaque fois que l'écoute doit être réservée à un seul opérateur, ou à un petit nombre d'entre eux.

Nous suivrons un certain ordre chronologique, comme nous l'avons fait pour les microphones, qui nous permettra de nous rendre compte de l'évolution progressive des différents types.

La caractéristique essentielle d'un haut-parleur doit être de reproduire aussi fidèlement que possible les sons captés par le microphone. Son rôle est de retransformer les vibrations électriques, variables en fréquence et en amplitude, en vibrations mécaniques qui — à leur tour — sont traduites en ondes sonores au moyen d'une membrane flexible qui comprime plus ou moins l'air environnant.

Le haut-parleur ne peut pas diffuser uniformément toutes les fréquences sonores dans un angle; puisque son cône concentre les fréquences élevées, celles-ci sont présentes en prévalence et mal sur les côtés. Il est ainsi possible de tracer des courbes de directionnalité (figure 10).

Le haut-parleur magnétique — Son principe de fonctionnement est tout à fait semblable à celui du microphone et de l'écouteur; on retrouve un aimant permanent, muni de pièces polaires, dans le champ duquel se

trouve placée une lame, fixée à l'une de ses extrémités, dont l'extrémité libre est solidaire d'un cône en papier spécial.

L'unique différence, avec le microphone du même type, est que le haut-parleur, au lieu de transformer les ondes sonores en impulsions électriques, fonctionne en sens inverse et transforme les impulsions électriques en ondes sonores. C'est ainsi qu'un signal en courant alternatif appliqué aux bornes de l'enroulement le fait se rapprocher ou s'éloigner, alternativement, de l'une ou de l'autre des pièces polaires, selon la polarité des signaux. Ces vibrations mécaniques, transmises au cône par un axe rigide, se traduisent en ondes sonores. Le cône doit être construit de manière à permettre la reproduction aussi fidèle que possible des sons originaux, sans introduire de vibrations ou de résonances parasites.

Le bord extérieur est fixé rigidement à un support circulaire et le cône est façonné de manière à permettre des oscillations mécaniques libres, c'est-à-dire sans frottements, grâce aux ondulations et à une diminution de l'épaisseur du papier au voisinage du bord extérieur.

Ce type de haut-parleur est remplacé, aujourd'hui, par le haut-parleur « dynamique » ou « à bobine mobile », car ce dernier procure une reproduction beaucoup plus fidèle et permet d'obtenir une puissance sonore plus grande.

Le haut-parleur dynamique — Il est basé sur le même principe que le microphone à bobine; mais il s'en distingue par ses plus grandes dimensions et par son mode de fonctionnement qui est inverse. Comme le montre la figure 11, il comporte une « culasse » servant de support au cône et au système magnétique interne. Au centre du cône est fixé une bobine, enroulée sur un cylindre de carton très léger, placée dans un champ magnétique constant de forte intensité.

Il convient dès à présent de faire une distinction entre le haut-parleur « électro-dynamique » (ou à excitation séparée) et le type « magnéto-dynamique », couramment appelé « à aimant permanent ». Dans le premier, le champ magnétique constant est produit par un courant continu circulant dans une bobine placée autour du noyau central de l'aimant (il s'agit donc d'un

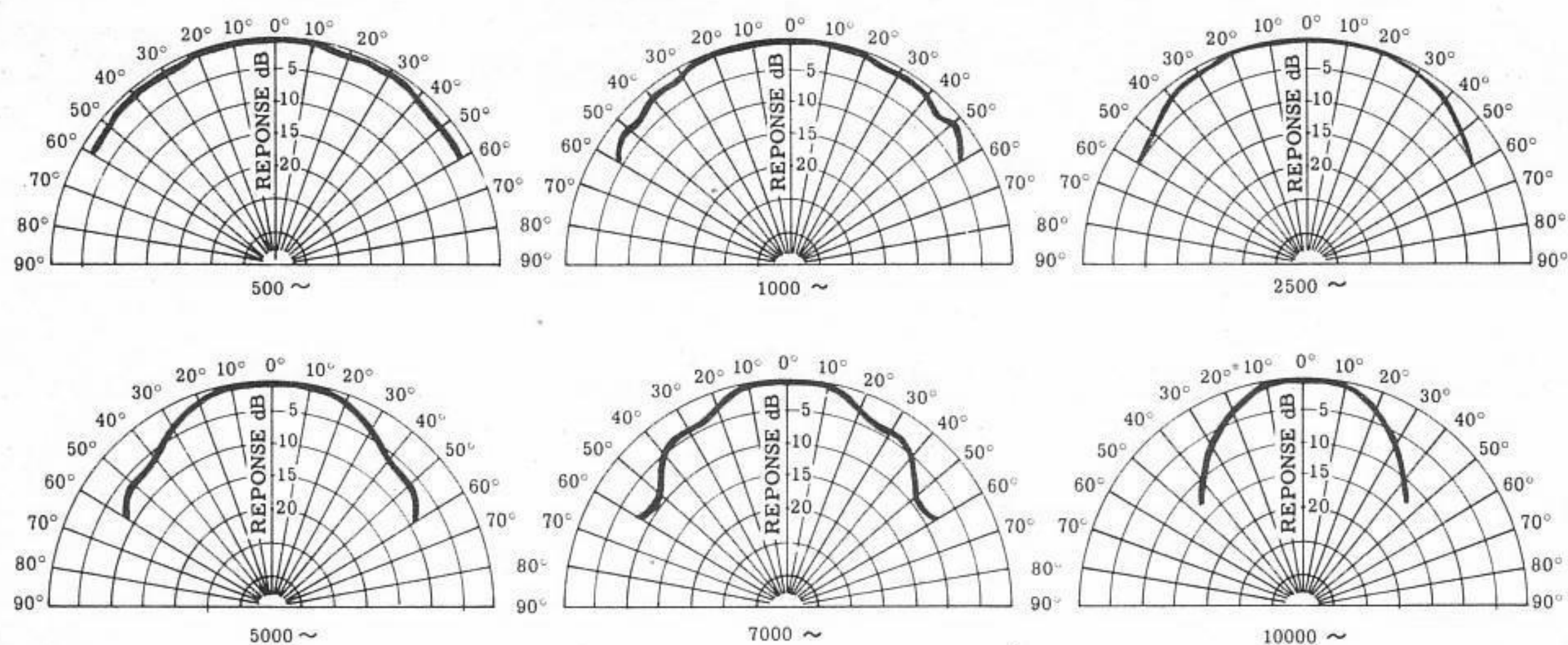


Fig. 14 - Courbes de distribution spatiale du son (réponse polaire) suivant les variations de la fréquence.

électro-aimant), voir la **figure 12**. Ce type de haut-parleur, le premier en date des "dynamiques", était employé il y a quelques années; le courant continu nécessaire à l'excitation était obtenu à partir de l'alimentation anodique du récepteur ou de l'amplificateur. En général, l'enroulement d'excitation, appelée parfois bobine de champ, remplaçait la bobine de filtrage branchée en série dans le circuit d'alimentation anodique. Dans le cas de haut-parleur très puissant, cette bobine d'excitation était alimentée par un redresseur spécial, distinct de celui servant à l'alimentation haute tension de l'amplificateur de puissance.

Dans les haut-parleurs modernes (**figure 12**), le champ magnétique nécessaire est fourni par un aimant permanent en alliage spécial (alnico) permettant d'obtenir un champ intense sous un volume et un poids très réduits.

La technique moderne a permis de contruire des hauts-parleurs dynamiques capables de reproduire fidèlement les fréquences sonores comprises entre 20 et 16 000 Hz et, comme nous le verrons à propos des installations à haute fidélité (Hi-Fi), on peut obtenir un rendement optimum en montant en même temps des unités magnéto-dynamiques de grandes dimensions, destinées à la reproduction des fréquences basses, et des unités plus petites pour la reproduction des fréquences élevées. Ces deux types de hauts-parleurs diffèrent par leurs courbes de réponse (et par leur fréquence de résonance) diversement placées à l'intérieur du spectre des fréquences acoustiques.

Il existe des hauts-parleurs à aimant permanent de dimensions réduites pouvant fournir une puissance acoustique importante grâce à la présence d'un pavillon ou d'une trompe conçus pour en améliorer le rendement. Ces hauts-parleurs sont appelés hauts-parleurs à **pavillon exponentiel**; leur courbe de réponse est généralement limitée aux fréquences de la voix humaine et c'est pourquoi ils sont presque exclusivement utilisés pour les installations d'amplificateurs destinées aux sonorisations extérieures.

D'autres unités, dont le diamètre ne dépasse pas 50 mm, sont destinées à équiper les écouteurs à membra-

nes en matière plastique. Ceux-ci remplacent les écouteurs magnétiques dans bien des cas où une reproduction fidèle est nécessaire, comme, par exemple, pour le contrôle des émissions ou des enregistrements de qualité.

Le haut-parleur électro-statique — L'utilisation de ce haut-parleur se limite à quelques cas particuliers, en raison de sa fragilité et de la haute tension nécessaire à son fonctionnement. Toutefois, il permet d'obtenir des reproductions de qualité dans le gamme des fréquences élevées, lorsque la puissance exigée n'est pas trop importante. Son prix est sensiblement inférieur à celui d'un haut-parleur dynamique. Le haut-parleur électro-statique n'a aucune fréquence de résonance importante dans le gamme comprise entre 7 kHz et 20 kHz, pour laquelle il est généralement prévu.

Pratiquement, il est composé d'un condensateur à deux électrodes (**figure 13**). La membrane A, formée d'une mince feuille de métal ou de matière plastique métallisée, constitue une des électrodes et est fixée par ses extrémités aux points B et C. L'électrode postérieure D est une plaque métallique rigide placée très près de la membrane souple. La tension de polarisation, appliquée entre A et D, crée une attraction électro-statique réciproque qui tend à rapprocher les deux armatures. Etant donné que seule la membrane A est suffisamment flexible pour se mouvoir, elle fléchit en son centre sans toutefois pouvoir venir au contact directe de l'autre électrode fixe. Le potentiel continu de polarisation est indispensable, tout comme est indispensable la présence d'un aimant permanent dans un écouteur par exemple car le signal alternatif s'ajoute ou se retranche de cette d.d.p. - selon la polarité de l'alternance.

La membrane, déjà rendue concave sous l'effet de la tension de la polarisation, se rapproche soit de la position de repos (lorsque le signal se retranche de la tension de polarisation), soit de la plaque fixe (lorsque le signal s'ajoute à la polarisation). Ces vibrations se font au rythme du signal, avec une amplitude proportionnelle à son intensité.

SYMBOLES - ABREVIATIONS

E_A = Tension de crête du signal de modulation
 E_{MAX} = Tension de crête maximale d'une porteuse modulée
 E_{MIN} = Tension de crête minimale d'une porteuse modulée
 E_R = Tension de crête de la porteuse
 f_A = Fréquence du signal de modulation
 f_C = Fréquence de la porteuse
 f_L = Fréquence de la bande latérale inférieure
 f_H = Fréquence de la bande latérale supérieure
 FM = Modulation de fréquence
 M = Taux de modulation
 AM = Modulation d'amplitude
 PM = Modulation de phase
 t = Temps
 $\Delta\varphi$ = Variation d'un angle de phase
 φ = Angle de phase

FORMULES

$$M = \frac{E_{MAX} - E_{MIN}}{E_{MAX} + E_{MIN}} \times 100$$

$$\Delta F = \Delta\varphi f \cos(2\pi ft)$$

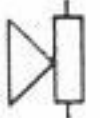
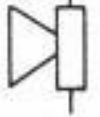
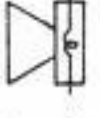
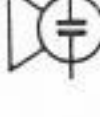
Pour une modulation à 50% :

$$\begin{aligned}
 E_A &= E_R:2 \\
 E_{MAX} &= 3E_A \\
 E_{MIN} &= E_R:2
 \end{aligned}$$

Pour une modulation à 100% :

$$\begin{aligned}
 E_A &= E_R \\
 E_{MAX} &= 2E_R = 2E_A \\
 E_{MIN} &= 0
 \end{aligned}$$

SYMBOLES SCHEMATIQUES

 = Microphone (en général)
 = Microphone électro-statique
 = Haut-parleur (en général)
 = Haut-parleur magnétique
 = Haut-parleur électro-dynamique
 = Haut-parleur magnéto-dynamique
 = Haut-parleur électro-statique

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 61 et 62

N. 1 — Quels sont les paramètres d'une onde porteuse sur lesquels on agit pour la moduler?

N. 2 — De quelle façon module-t-on en amplitude?

N. 3 — Comment peut-on définir le taux de modulation d'une onde porteuse?

N. 4 — De quoi se compose une onde modulée en amplitude?

N. 5 — Dans quelles parties d'une onde porteuse modulée sont contenues les « informations », c'est-à-dire les signaux BF?

N. 6 — Que se passe-t-il lorsqu'on module en fréquence une onde porteuse?

N. 8 — Que se passe-t-il lorsqu'on module en phase une onde porteuse?

N. — Pour quelle raison, dans la modulation d'amplitude, la puissance de modulation ne doit pas être supérieure à la moitié de celle de la porteuse?

N. 10 — Pour quelle raison les signaux issus d'un microphone à charbon peuvent-ils être reproduits sans amplification préalable?

N. 11 — Quel est le rôle du transformateur microphonique?

N. 12 — Quels sont les types de microphones qui ne peuvent être employés sans transformateur microphonique?

N. 13 — Quel est le rôle du transformateur "ligne-grille"?

N. 14 — Pour quelle raison les vibrations de la membrane d'un microphone électro-statique se traduisent-elles en signaux électriques?

N. 15 — Quel est rôle de l'aimant permanent dans un microphone dynamique ou à ruban?

N. 16 — Quelle est la différence entre un microphone omnidirectionnel et un microphone cardioïde?

N. 17 — Quelle est la différence entre un haut-parleur électro-dynamique et un haut-parleur magnéto-dynamique?

N. 18 — Quel est le rôle de la bobine mobile dans un haut-parleur dynamique?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 475

N. 1 — Un transformateur Basse Fréquence doit fonctionner dans toute la gamme des fréquences audibles et non seulement sur la fréquence du secteur électrique.

N. 2 — Parce que malgré l'amplification supplémentaire apportée par le transformateur, sa réactance non-linéaire avec la fréquence et les capacités réparties dans les enroulements font que sa courbe de réponse est moins favorable que celle fournie par un étage à couplage par résistance et capacité.

N. 3 — En la couplant au moyen d'un transformateur de sortie.

N. 4 — Transformer en fortes variations d'intensité les variations de tension qui se produisent aux bornes de son primaire.

N. 5 — Certainement, car le secondaire peut comporter plusieurs prises correspondant à diverses valeurs d'impédance. Naturellement le produit de la tension par l'intensité du courant reste constant dans tous les cas.

N. 6 — Il doit fournir aux grilles des lampes finales deux tensions BF égales mais déphasées entre elles de 180°.

N. 7 — L'impédance réelle et l'impédance réfléchie n'ont pas la même valeur. La seconde est égale au rapport entre la tension présente au primaire et le courant qui y passe, qui sont fonction de la charge du secondaire et du rapport de transformation.

N. 8 — Si le rapport de transformation est plus grand que 1, l'impédance réfléchie est plus petite que l'impédance de charge, et inversement.

N. 9 — Un autotransformateur ne comporte qu'un seul enroulement avec une ou plusieurs prises intermédiaires.

N. 10 — Parce qu'à puissance égale (disponible au secondaire), il peut être construit avec moins de cuivre et de fer qu'un transformateur.

N. 11 — Non. Le courant « à vide » est seulement proportionnel à la réactance de l'enroulement pour la fréquence du réseau électrique.

N. 12 — Non. Lorsqu'il fonctionne en réducteur de tension, les courants sont de plus faible intensité.

N. 13 — Elle est égale à la différence entre le courant primaire et le courant secondaire. Ce fait contribue également à rendre l'autotransformateur plus économique, puisque les enroulements peuvent être bobinés avec un fil de plus faible diamètre que celui qui serait nécessaire pour un transformateur.

N. 14 — Non. La puissance absorbée est la seule puissance de transformation. Cela résulte de l'enroulement, dans lequel — comme nous le savons — les courants se soustraient entre-eux, bien que continuant à exercer leur influence en ce qui concerne le transfert de l'énergie.

TABLEAU 69 — VALEURS TYPIQUES POUR ETAGES D'AMPLIFICATION A PENTODES

Faisant suite au Tableau 68, publié dans notre 60ème Leçon, qui concernait les étages amplificateurs à triodes avec couplage par résistance-capacité, le tableau ci-après donne les valeurs typiques de fonctionnement des pentodes les plus couramment utilisées dans ces montages. Les deux séries de tableaux indiquent tous les éléments nécessaires aux réalisations et concernent plus de 50 types de lampes parmi les plus courants.

INDEX					
Type de lampe	Groupes				
		6AU6	N	4BC5	P
		6SH7	N	6AG5	P
1DN5	L	12AU6	N	6BC5	P
1S5	L	5879(P)	O	6CB6	P
1U5	L	3BC5	P	6CB6-A	P
1U4	M	3BC6	P	6CF6	P
3AUU6	N	3CF6	P	7199(P)	Q
4AU6	N	4CB6	P	12AY7	I

En ce qui concerne la tension de grille-écran, on notera que les valeurs indiquées se rapportent exclusivement au montage avec résistance en série. Ce montage, lorsque le schéma le permet, présente divers avantages se retrouvant dans le système de polarisation par résistance en série dans la cathode. Ce sont les suivants: compensation automatique des légères différences de caractéristiques d'un tube à un autre, fonctionnement possible sur des tensions anodiques très différentes sans variations importantes du gain, détermination facile de la fréquence de coupure inférieure et, enfin, atténuation du risque d'entrée en oscillations aux fréquences basses.

Ces avantages peuvent encore être accrus par l'utilisation de filtres de découplage dans le circuit d'alimentation anodique de chaque étage de l'amplificateur. Au moyen de ces filtres, il est possible d'alimenter plusieurs étages sur une même alimentation du type classique, sans rencontrer aucune difficulté, qui pourrait être provoquée par un couplage indésirable entre étages, à travers l'alimentation.

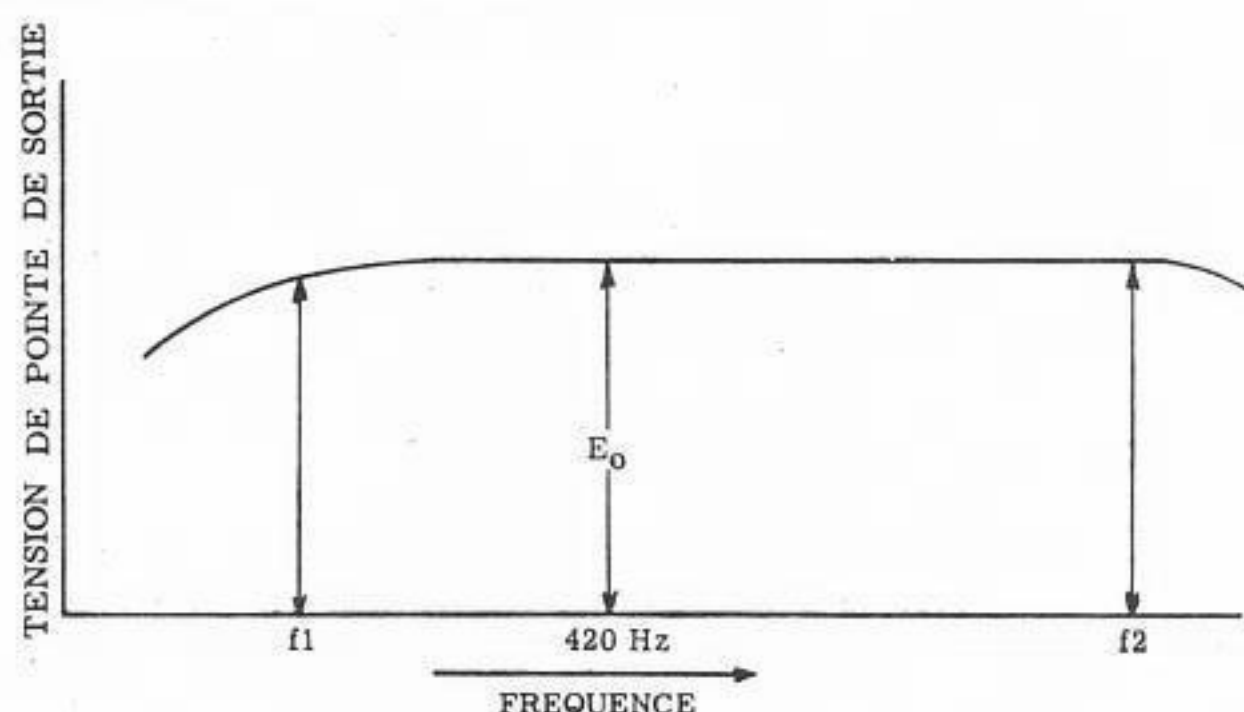
En l'absence de ces filtres de découplage, il n'est pas possible d'alimenter plus de deux étages d'amplification, avec la même alimentation.

Les symboles adoptés sont les même que ceux du Tableau 68, avec en plus ceux concernant les pentodes en particulier. Les voici:

C	= Capacité de couplage, en μF .
C _{g2}	= Condensateur de découplage de la grille-écran (entre G2 et masse), en μF .
C _k	= Condensateur de découplage de cathode (en parallèle sur R _k), en μF .
E _{bb}	= Tension anodique d'alimentation, à ne pas confondre avec la tension mesurée directement sur la plaque elle-même. Cette dernière est égal à E _{bb} , moins la chute de tension dans R _p et R _k . E _{bb} est exprimée en volts.
R _{g2}	= Résistance chutrice d'écran, en mégohms.
R _k	= Résistance de polarisation cathodique, en ohms.
R _g	= Résistance de fuite de grille, en mégohms.
R _p	= Résistance de charge de plaque, en mégohms.
VG	= Gain en tension, pour une tension de sortie de 5 volts eff. (à moins de spécifications contraires).

E_o = Tension de crête de sortie, en volts. Cette tension se manifeste aux bornes de la résistance de grille R_g de l'étage suivant, pour toutes les fréquences comprises dans la partie linéaire de la courbe de réponse. Cette tension de crête est celle mesurée pour un signal dont l'amplitude est suffisante pour faire varier la tension grille de l'étage R-C, jusqu'au point où le courant grille commence à apparaître.

N.B. - Lorsque les tensions d'alimentation anodique diffèrent de 50% de celles indiquées dans le tableau, les valeurs des résistances, des capacités et du gain en tension, ne sont qu'approximativement exactes. Toutefois, la tension de sortie correspondante est égale à la tension de sortie indiquée dans le tableau, multipliée par le rapport de la tension anodique réelle à celle mentionnée dans le tableau.



Courbe de réponse des étages amplificateurs à résistance-capacité réalisés avec les valeurs indiquées dans les tableaux 68 et 69. La tension de sortie à la fréquence de 420 Hz est prise comme valeur de référence, tandis que « f1 » et « f2 » sont respectivement la fréquence la plus basse et la fréquence la plus haute, entre lesquelles on désire maintenir l'amplification dans les limites indiquées dans le texte.

AMPLIFICATEUR A PENTODE (à chauffage direct)

Les capacités de C et C_{g2} ont été choisies d'une valeur telle que pour une fréquence de 100 Hz (f1), la tension de sortie soit égale à $(0.8)^n \times E_o$. Pour n'importe quelle autre valeur de f1, multiplier les capacités de C et C_{g2} par le rapport 100:f1. La tension de sortie à la fréquence f1, un nombre « n » d'étages identiques est égale à $(0.8) \times E_o$, dans laquelle E_o représente la valeur de crête de la tension fournie par le dernier étage.

Pour un amplificateur de construction classique et pour des valeurs de R_p égales à 0,1 - 0,25 et 0,5 mégohm, les fréquences f2 sont respectivement de 20 000, 10 000 et 5 000 Hz. On notera que le condensateur de couplage — à la grille — et la résistance de fuite de grille devront avoir des valeurs telles que leur produit

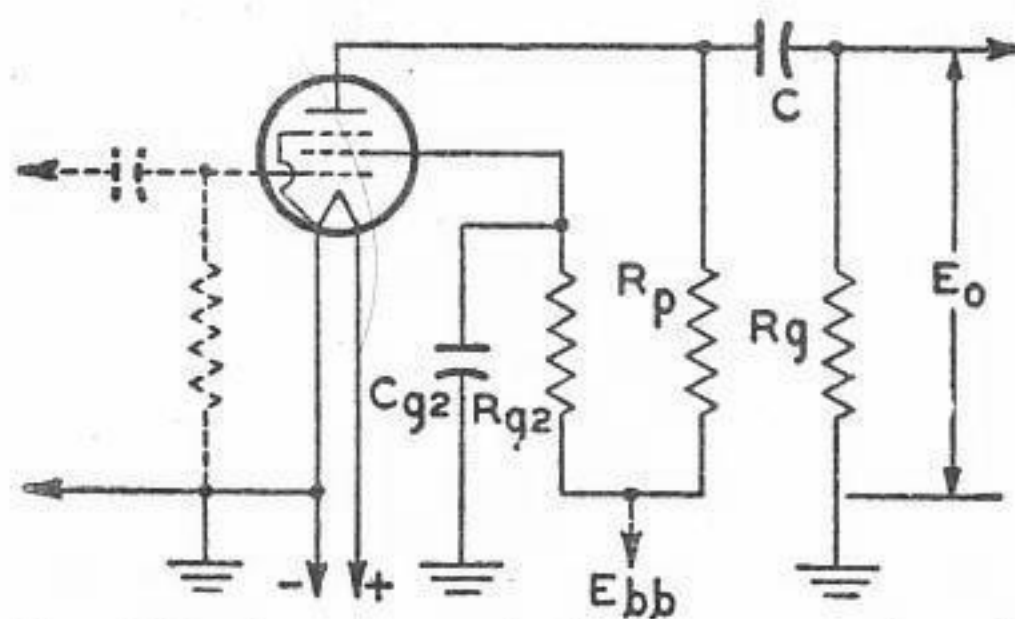
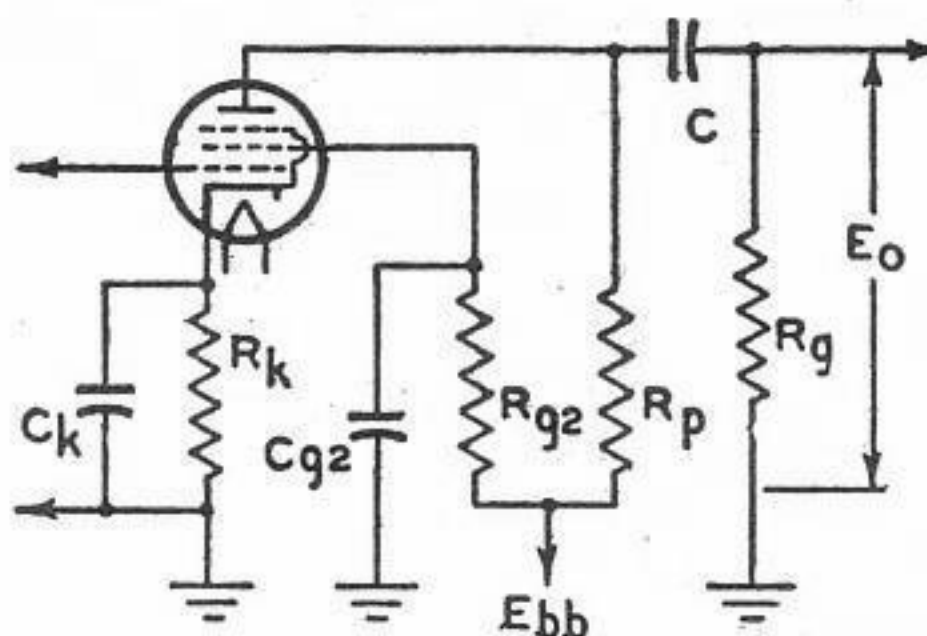


Schéma d'amplification, les symboles sont ceux du tableau de bas de page.

soit compris entre 0,02 et 0,1 (pour ce calcul la capacité devra être exprimée en microfarad et la résistance en mégohm) les valeurs typiques sont respectivement 0,005 μ F et 10 mégohms.

AMPLIFICATEUR A PENTODE (chauffage indirect)

Les capacités des condensateurs C, Ck et C_{g2} ont été choisies de valeurs telles que la tension de sortie, à la fréquence de 100 Hz, soit égale à $0.7 \times E_o$. Pour toute autre fréquence f1, multiplier ces valeurs par le rapport 100:f1. En ce qui concerne la capacité Ck, les valeurs indiquées dans les tableaux sont valables lorsque le filament est chauffé en courant continu. Par contre, si le chauffage se fait en courant alternatif, tenant compte des caractéristiques des circuits associés, du gain en tension et de la fréquence f, il peut être nécessaire d'augmenter la valeur de Ck pour réduire le bruit de fond (ronflements). Il est également utile parfois de porter le filament à une tension positive, comprise entre 15 et 40 volts, par rapport à la cathode.



Les symboles sont ceux du tableau de bas de page.

La tension de sortie à la fréquence f1, pour un nombre « n » d'étages identiques est égale à $(0.7)^n \times E_o$, dans laquelle E_o est la tension de crête fournie par l'étage final. Pour un amplificateur de construction classique, et pour des valeurs de R_p égales à 0,1 - 0,25 et 0,5 mégohm, les fréquences f2 sont respectivement de 20 000, 10 000 et 5 000 Hz.

E_{bb}	R_p	R_g	R_{g2}	R_k	C_{g2}	C_k	C	E_o	V.G.
90	0.1	0.24	—	1800	—	— [▲]	—	13	24
	0.24	0.51	—	3700	—	—	—	14	26
	0.51	1.0	—	7800	—	—	—	16	27
180	0.1	0.24	—	1300	—	—	—	31	27
	0.24	0.51	—	2800	—	—	—	33	29
	0.51	1.0	—	5700	—	—	—	33,	30
300	0.1	0.24	—	1200	—	—	—	58	28
	0.24	0.51	—	2300	—	—	—	30	30
	0.51	1.0	—	4800	—	—	—	56	31

GROUPE "I"

TUBE

12AY7●■

▲ Voir la 59ème Leçon

● Section triode, ou bien une des unités.

■ Gain en tension mesuré pour une tension de sortie de 3 volts eff.

Ebb	R _p	R _g	R _{g2}	R _k	C _{g2}	C _k	C	E _o	V.G.
45	0.22	0.22	0.26	-	0.042	-	0.013	14	17
		0.47	0.36	-	0.035	-	0.006	17	24
		1.0	0.4	-	0.034	-	0.004	18	28
	0.47	0.47	0.82	-	0.025	-	0.0055	14	25
		1.0	1.0	-	0.023	-	0.003	17	33
		2.2	1.1	-	0.022	-	0.002	18	38
	1.0	1.0	1.9	-	0.019	-	0.003	14	31
		2.2	2.0	-	0.019	-	0.002	17	38
		3.3	2.2	-	0.018	-	0.0015	18	43
90	0.22	0.22	0.5	-	0.05	-	0.011	31	25
		0.47	0.59	-	0.05	-	0.006	37	34
		1.0	0.67	-	0.042	-	0.003	40	41
	0.47	0.47	1.2	-	0.035	-	0.005	31	37
		1.0	1.4	-	0.034	-	0.003	36	47
		2.2	1.6	-	0.031	-	0.002	40	57
	1.0	1.0	2.5	-	0.026	-	0.003	31	45
		2.2	2.9	-	0.025	-	0.002	36	58
		3.3	3.1	-	0.024	-	0.0012	38	66
135	0.22	0.22	0.66	-	0.052	-	0.011	45	31
		0.47	0.71	-	0.051	-	0.006	56	41
		1.0	0.86	-	0.039	-	0.003	60	54
	0.47	0.47	1.45	-	0.042	-	0.005	46	44
		1.0	1.8	-	0.034	-	0.003	54	62
		2.2	1.9	-	0.033	-	0.002	60	71
	1.0	1.0	3.1	-	0.03	-	0.003	45	56
		2.2	3.7	-	0.029	-	0.0015	53	76
		3.3	4.3	-	0.026	-	0.0014	56	88

GROUPE "L"

TUBES

1S5

1U5

1DN5

45	0.22	0.22	0.06	-	0.046	-	0.011	11	23
		0.47	0.07	-	0.045	-	0.006	15	33
		1.0	0.011	-	0.04	-	0.003	17	39
	0.47	0.47	0.34	-	0.025	-	0.005	13	34
		1.0	0.44	-	0.022	-	0.003	16	46
		2.2	0.5	-	0.022	-	0.002	18	55
	1.0	1.0	1.0	-	0.016	-	0.003	14	43
		2.2	1.0	-	0.016	-	0.002	17	51
		3.3	1.1	-	0.015	-	0.001	17	60
90	0.22	0.22	0.3	-	0.046	-	0.01	27	37
		0.47	0.36	-	0.04	-	0.006	36	54
		1.0	0.4	-	0.038	-	0.003	39	63
	0.47	0.47	0.9	-	0.027	-	0.0045	29	61
		1.0	1.0	-	0.023	-	0.003	35	82
		2.2	1.1	-	0.022	-	0.002	38	96
	1.0	1.0	1.9	-	0.02	-	0.0025	30	77
		2.2	2.0	-	0.02	-	0.002	35	98
		3.3	2.2	-	0.018	-	0.001	37	114
135	0.22	0.22	0.4	-	0.052	-	0.011	44	46
		0.47	0.49	-	0.037	-	0.005	55	71
		1.0	0.52	-	0.034	-	0.003	60	83
	0.47	0.47	1.1	-	0.029	-	0.0045	45	77
		1.0	1.3	-	0.023	-	0.003	53	106
		2.2	1.4	-	0.022	-	0.002	59	123
	1.0	1.0	2.3	-	0.021	-	0.0025	45	104
		2.2	2.5	-	0.019	-	0.0015	53	136
		3.3	2.9	-	0.016	-	0.001	56	163

TUBE

1U4

GROUPE "M"

Ebb	R _p	R _g	R _{g2}	R _k	C _{g2}	C _k	C	E _o	V.G.
-----	----------------	----------------	-----------------	----------------	-----------------	----------------	---	----------------	------

90	0.1	0.1	0.07	1800	0.11	9.0	0.021	25	52
		0.22	0.09	2100	0.1	8.2	0.012	32	72
		0.47	0.096	2100	0.1	8.0	0.0065	37	88
	0.22	0.22	0.25	3100	0.08	6.2	0.009	25	72
		0.47	0.26	3200	0.078	5.8	0.0055	32	99
		1.0	0.35	3700	0.085	5.1	0.003	34	125
	0.47	0.47	0.75	6300	0.042	3.4	0.0035	27	102
		1.0	0.75	6500	0.042	3.3	0.0027	32	126
		2.2	0.8	6700	0.04	3.2	0.0018	36	152
180	0.1	0.1	0.12	800	0.15	14.1	0.021	57	74
		0.22	0.15	900	0.126	14.0	0.012	82	116
		0.47	0.19	1000	0.1	12.5	0.006	81	141
	0.22	0.22	0.38	1500	0.09	9.6	0.009	59	130
		0.47	0.43	1700	0.08	8.7	0.005	67	171
		1.0	0.6	1900	0.066	8.1	0.003	71	200
	0.47	0.47	0.9	3100	0.06	5.7	0.0045	54	172
		1.0	1.0	3400	0.05	5.4	0.0028	65	232
		2.2	1.1	3600	0.04	3.6	0.0019	74	272
300	0.1	0.1	0.2	500	0.13	18.0	0.019	76	109
		0.22	0.24	600	0.11	16.4	0.011	103	145
		0.47	0.26	700	0.11	15.3	0.006	129	168
	0.22	0.22	0.42	1000	0.1	12.4	0.009	92	164
		0.47	0.5	1000	0.098	12.0	0.007	108	230
		1.0	0.55	1100	0.09	11.0	0.003	122	262
	0.47	0.47	1.0	1800	0.075	8.0	0.0045	94	248
		1.0	1.1	1900	0.065	7.6	0.0028	105	318
		2.2	1.2	2100	0.06	7.3	0.0018	122	371

GROUPE "N"

TUBES

3AU6

4AU6

6AU6

6SH7

12AU6

12SH7

90	0.1	0.1	0.35	1700	0.044	4.6	0.020	13	29
		0.22			0.046	4.5	0.012	17	39
		0.47			0.047	4.4	0.006	20	47
	0.22	0.22	0.80	3000	0.034	3.2	0.010	15	43
		0.47			0.035	3.1	0.005	21	59
		1.0			0.036	3.0	0.003	24	67
	0.47	0.47	1.9	7000	0.021	1.8	0.005	21	59
		1.0			0.022	1.7	0.003	25	75
		2.2			0.023	1.7	0.002	28	87
180	0.1	0.1	0.35	700	0.060	7.4	0.020	24	39
		0.22			0.062	7.3	0.012	28	56
		0.47			0.064	7.2	0.006	33	65
	0.22	0.22	0.80	1200	0.045	5.5	0.010	24	65
		0.47			0.046	5.3	0.005	31	87
		1.0			0.048	5.2	0.003	34	101
	0.47	0.47	1.9	2500	0.033	3.5	0.005	27	98
		1.0			0.034	3.4	0.003	32	122
		2.2			0.035	3.3	0.002	37	140
300	0.1	0.1	0.35	300	0.075	10.8	0.020	25	51
		0.22			0.077	10.6	0.012	32	68
		0.47			0.080	10.5	0.006	35	83
	0.22	0.22	0.80	600	0.056	7.9	0.010	28	81
		0.47			0.057	7.5	0.005	37	109
		1.0			0.058	7.4	0.003	41	123
	0.47	0.47	1.3	1200	0.044	5.3	0.005	34	125
		1.0			0.046	5.2	0.003	42	152
		2.2			0.047	5.1	0.002	48	174

*

Gain en tension mesuré pour une tension de sortie de 2 volts eff. et avec une polarisation de 1 volt sur la grille de commande.

TUBE

5879 *

GROUPE "O"

E _{bb}	R _p	R _g	R _{g2}	R _k	C _{g2}	C _k	C	E _o	V.G.
90	0.22	0.22	0.67	1800	0.074	8.1	0.0096	11	143
		0.47	0.77	2000	0.068	7.6	0.0068	11	200
		1.0	0.8	1900	0.074	8.2	0.0055	11	241
	0.47	0.47	2.7	2000	0.049	7.2	0.005	12	250
		1.0	1.8	2900	0.060	6.3	0.0046	11	328
		2.2	2.1	2900	0.055	6.0	0.0041	11	435
	1.0	1.0	5.0	3900	0.034	4.4	0.0031	12	252
		2.2	5.0	4500	0.032	3.9	0.0031	11	345
		4.7	5.0	4700	0.033	3.9	0.0038	11	478
180	0.22	0.22	0.17	4000	0.087	6.8	0.011	15	128
		0.47	0.33	4400	0.058	6.2	0.0064	16	200
		1.0	0.43	4000	0.056	6.5	0.0052	16	251
	0.47	0.47	1.2	9000	0.028	3.2	0.0045	14	188
		1.0	1.2	8700	0.030	3.4	0.004	15	227
		2.2	2.3	10000	0.022	2.7	0.0035	15	222
	1.0	1.0	5.3	14000	0.016	1.9	0.0026	14	158
		2.2	5.7	15000	0.016	1.9	0.003	16	222
		4.7	5.9	17000	0.014	1.73	0.003	14	212
300	0.22	0.22	0.47	4000	0.057	6.9	0.0085	15	175
		0.47	0.47	5500	0.048	5.7	0.0063	15	200
		1.0	0.57	7000	0.041	4.8	0.005	15	200
	0.47	0.47	0.6	8000	0.042	4.3	0.0047	15	208
		1.0	0.6	8500	0.042	4.3	0.004	15	278
		2.2	0.63	9700	0.040	4.1	0.0042	16	303
	1.0	1.0	0.63	30000	0.021	1.5	0.0028	14	110
		2.2	0.73	35000	0.018	1.3	0.0027	15	114
		4.7	0.73	37000	0.016	1.2	0.003	15	131

GROUPE "P"

TUBES

3BC5 ■
 3CB6 ■
 3CF6 ■
 4BC5 ■
 4CB6 ■
 6AG5 ■
 6BC5 ■
 6CB6 ■
 6CB6-A ■
 6CF6 ■

Gain en tension mesuré
pour une valeur de sor-
tie de 2 volts eff.

90	0.22	0.22	0.27	3300	0.058	4.2	0.0094	11	63
		0.47	0.36	4300	0.08	5.8	0.011	15	72
		1.0	0.4	5000	0.042	3.2	0.0048	17	83
	0.47	0.47	1.1	6000	0.034	2.7	0.0045	13	96
		1.0	1.8	4000	0.036	3.6	0.0037	15	140
		2.2	2.1	7000	0.023	2.2	0.0035	15	137
	1.0	1.0	3.0	10000	0.019	1.7	0.0029	14	112
		2.2	4.0	12000	0.016	1.5	0.0029	15	121
		4.7	4.0	17000	0.013	1.14	0.0038	15	116
180	0.22	0.22	0.3	3100	0.075	5.3	0.0102	16	71
		0.47	0.37	3400	0.058	4.7	0.0065	16	96
		1.0	0.22	3700	0.087	5.0	0.0055	18	81
	0.47	0.47	0.4	6000	0.035	2.8	0.0059	16	70
		1.0	0.6	4800	0.055	3.1	0.0041	17	100
		2.2	1.1	13000	0.0115	0.89	0.0017	17	80
	1.0	1.0	1.5	13000	0.031	1.54	0.0036	16	69
		2.2	1.8	15000	0.021	1.2	0.0029	19	85
		4.7	2.1	15000	0.018	1.24	0.0033	17	100
300	0.22	0.22	0.32	1400	0.138	9.7	0.0116	17	96
		0.47	0.32	3500	0.064	5.0	0.0065	17	96
		1.0	0.37	4000	0.053	4.5	0.0075	17	101
	0.47	0.47	0.42	4700	0.08	3.9	0.0058	18	71
		1.0	0.5	7400	0.058	2.6	0.0046	17	63
		2.2	0.49	8500	0.051	2.2	0.004	16	67
	1.0	1.0	1.1	11000	0.04	1.73	0.0033	17	60
		2.2	1.0	13000	0.039	1.55	0.0036	17	57
		4.7	1.0	14000	0.038	1.43	0.004	16	55

TUBE

7199

GROUPE "Q"

— 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. : 287-54-18

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
Tél. : 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 "RADIO TECHNIQUE"
155, Avenue Ledru-Rollin, PARIS-11^e ROQ. 98-64

EMY-RADIO

Spécialiste des grandes marques d'importation
Téléviseurs - Récepteurs - Transistors - Magnétophones
Electrophones - 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

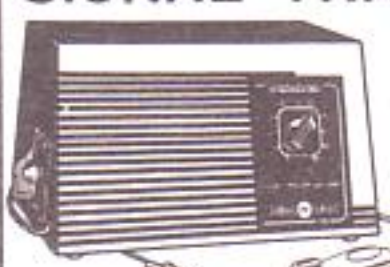
(joindre 4 timbres pour frais d'envoi)

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
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).