

LES TETES DE PICK-UP MAGNETODYNAMIQUES
ET LE PREAMPLIFICATEUR A TRANSISTOR AG 9005

1. Rappels au sujet des disques de phono et des têtes de pick-up.
 - a. Quelques mots sur la fabrication des disques.
 - b. Caractéristiques d'enregistrement (généralités).
 - c. Les têtes de P. U.
 - d. Caractéristique d'enregistrement actuelle.

 2. Les têtes magnétodynamiques AG 3020 et AG 3021.
 - a. Description.
 - b. Fonctionnement.
 - c. Particularités de construction.
 - d. Valeur optimum de la force verticale exercée par l'aiguille.
 - e. Caractéristique de réponse d'un canal de reproduction.
 - f. Avantages d'un spectre étendu de fréquence.
 - g. Effet de la charge appliquée au capteur.

 3. Le préamplificateur à transistor AG 9005.
 - a. Tension fournie et caractéristique de reproduction.
 - b. Alimentation.
 - c. Exécution mécanique.
-

LES TETES DE PICK-UP MAGNETODYNAMIQUES
ET LE PREAMPLIFICATEUR A TRANSISTOR AG 9005

1. RAPPELS AU SUJET DES DISQUES DE PHONO ET DES TETES DE PICK-UP.

a. La fabrication des disques.

Elle peut être résumée de la manière suivante :

La musique est enregistrée magnétiquement sur une bande et ensuite au moyen d'un graveur, elle est reportée de la bande sur un disque de laque. Du disque de laque, on exécute, par un moyen électrolytique, un négatif appelé le "père", de ce dernier un positif appelé la "mère", et de celui-ci un nouveau négatif : le "fils". Ce dernier négatif est la matrice au moyen de laquelle le disque de phonographe est estampé dans une presse hydraulique.

Il existe deux grandes catégories de disques : les disques à 78 t/min. et ceux à 33 t/min. (il convient d'y ajouter la variété à 45 t/min. et celle à 16 t/min. encore dans l'enfance) .

Les particularités des deux grandes catégories citées peuvent être résumées comme suit :

Caractérist.	Disques à 78 t/min.	Disques à 33 t/min.
Durée d'enregistrement d'une face	25 cm 3'	30 cm 4 à 4 1/2'
Matière	Commelaque + copal + stéarine + noir de fumée (masse noire obtenue par broyage)	Vinyl (résine synthétique obtenue à partir de chaux et d'eau en passant par l'acétylène) + noir de fumée comme colorant
Sillon non modulé	Rayon de la pointe du saphir : 75 microns. Largeur du sillon à la partie supérieure : env. 150 microns. Distance entre bords adjacents de 2 sillons : env. 100 microns.	Rayon de la pointe du saphir : 25 microns. Largeur du sillon à la partie supérieure : env. 60 à 70 microns. Distance entre bords adjacents de 2 sillons : env. 30 à 40 microns.
Nombre de sillons/cm	38 à 40	88 à 118
Dynamique	25 à 30 db	30 à 40 db
Solidité	Cassable.	Incassable.

b. Les caractéristiques d'enregistrement en général.

Une chaîne d'enregistrement-reproduction peut être schématisée par la fig. 1.

Le filtre de studio est ajusté de telle façon qu'il pallie les déficiences du microphone et du studio ; il permet d'obtenir l'équilibre voulu entre les hautes et les basses fréquences. Le signal obtenu en A est alors tel que, s'il est reproduit par une chaîne de contrôle comportant amplificateur, haut-parleur et local d'audition, il ait l'équilibre et la qualité que le fabricant désire (il s'agit donc d'un jugement personnel).

En vue d'éviter le chevauchement des sillons aux basses fréquences et afin d'améliorer le rapport signal/bruit de fond aux fréquences élevées, le signal électrique est ensuite égalisé de façon à obtenir une caractéristique d'enregistrement déterminée avant d'être livré au graveur.

Au cours de la reproduction, le signal provenant du pick-up passe par un filtre ayant une réponse qui est l'inverse de la caractéristique d'enregistrement, de sorte que le signal en B sera la réplique de celui obtenu en A. Si l'on connecte en B la même chaîne de contrôle que précédemment en A, la reproduction sera exactement suivant les intentions du fabricant.

En pratique, le signal après B passe encore dans un autre filtre appelé contrôle de tonalité, destiné à adapter l'audition au goût personnel de l'auditeur.

Remarquons que chaque fabricant a son propre système de chaîne de contrôle. Le signal en A diffère donc d'un fabricant à l'autre pour un même morceau de musique parce que le filtre de studio est réglé d'une façon non standardisée, dépendant d'une chaîne de contrôle arbitraire et dépendant d'un contrôle auditif purement subjectif.

Par contre, les filtres d'enregistrement et de reproduction ont subi une certaine standardisation.

Voyons maintenant quelle est la forme à donner à la caractéristique d'enregistrement.

Supposons que nous ayons deux ondes acoustiques de forme sinusoïdale pure et de même intensité physique. Supposons, par ailleurs, que les fréquences des deux ondes soient séparées par une octave. Cela veut dire que si $f_1 = 500$ c/s par exemple, f_2 vaudra 1000 c/s. On constate que l'amplitude de la vibration qui produit l'onde n° 2 est deux fois plus grande que celle qui produit l'onde n° 1. Donc, dans les anciens phonographes, quand on enregistrait le son, l'amplitude des vibrations de la membrane augmentait de façon inversement proportionnelle à la fréquence.

Le mouvement de l'aiguille pourrait se représenter comme suit pour les deux ondes de même intensité physique (voir fig. 2).

Imaginons une aiguille perpendiculaire en O à la surface du disque à graver. Sous l'effet de la vibration sinusoïdale 1, elle va osciller dans la di-

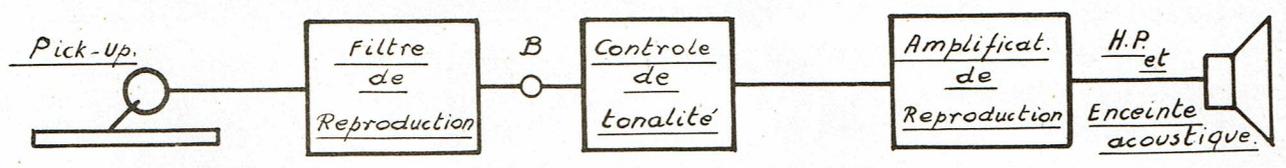
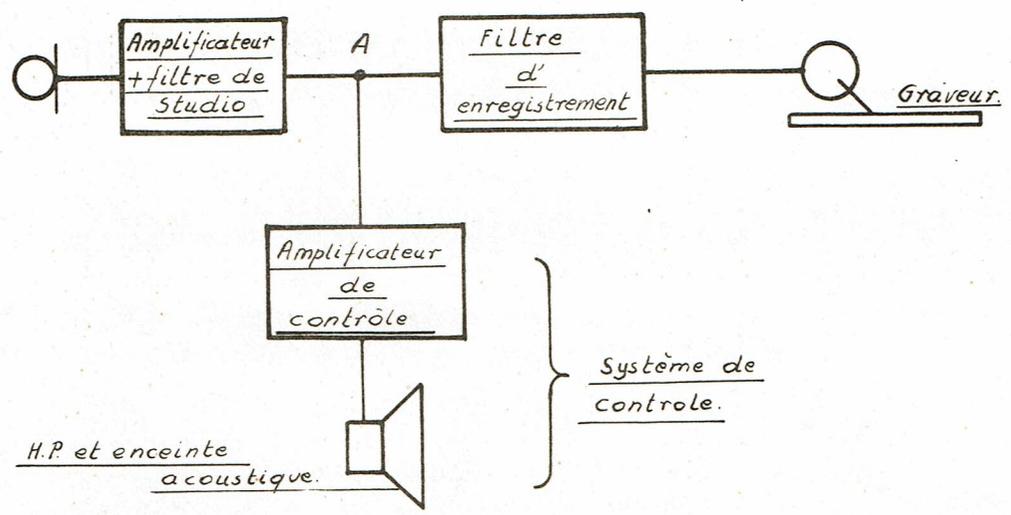


FIG. 1

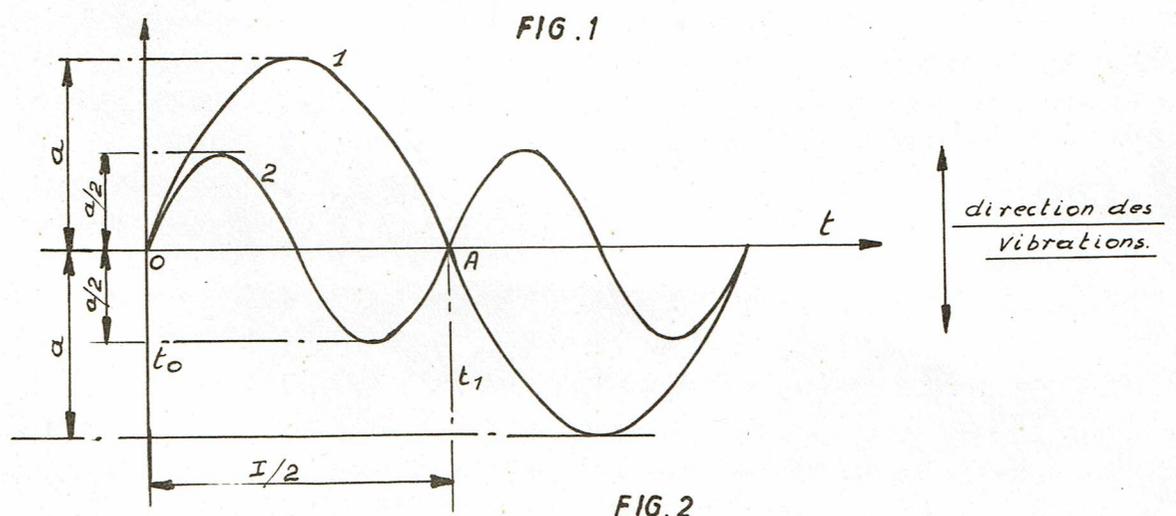


FIG. 2

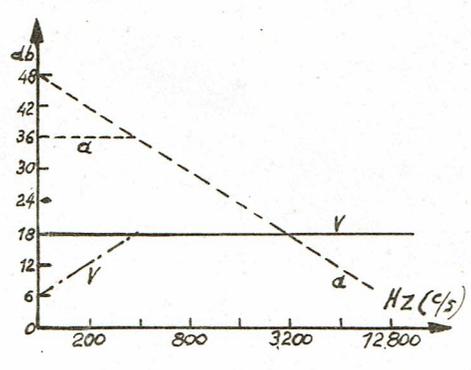


FIG. 3

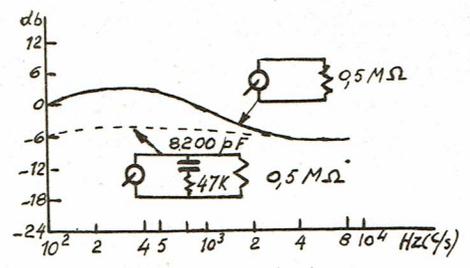


FIG. 5

rection yy' . Si le disque se déplace d'un mouvement uniforme dans le sens opposé à Ot , un sillon sinusoïdal va être gravé et qui aura pour amplitude a . Au cours d'une demi-période $T/2$, le chemin parcouru par la pointe de l'aiguille vaudra $2a$ et le point A viendra en O .

En repartant une nouvelle fois de O , mais en faisant osciller l'aiguille à la fréquence double, elle aura parcouru une distance égale encore une fois à $2a$ (bien que nous ayons 2 alternances dans ce cas) dans le même temps $T/2$.

On peut en conclure que la vitesse moyenne d'oscillation de la pointe de l'aiguille est la même dans les deux cas et par conséquent aussi la vitesse efficace.

En faisant ce raisonnement sur différentes fréquences, on en arrive à conclure que pour des ondes de même intensité physique, l'amplitude de la gravure est inversement proportionnelle à la fréquence et la vitesse constante : d'où la dénomination d'enregistrement à "vitesse constante".

Le tout peut se résumer en un diagramme très simple (voir fig. 3).

La droite a représente l'amplitude pour les diverses fréquences. On remarquera que l'amplitude diminue de 6 db par octave, ce qui correspond bien à un rapport de 2 à 1 quand le rapport des fréquences passe de 1 à 2, comme exposé précédemment.

La droite V représente la vitesse de la membrane ou de l'air et est indépendante de la fréquence.

Comme les installations de phonographe présentent un certain bruit de fond et que le disque lui-même n'en est pas exempt, l'amplitude la plus petite doit être choisie de façon que le son qui y correspond ne soit pas couvert par le bruit de fond. Ceci est vrai pour le son le plus aigu à reproduire, par exemple de 12.000 c/s. En admettant qu'il ait une amplitude de 2 microns, on trouvera pour celui de 100 c/s une amplitude de 256 microns. Comme la distance entre les bords adjacents de deux sillons voisins n'est que de 100 μ dans les disques à 78 t/min., on voit qu'on ne peut admettre une amplitude supérieure à 50 microns. En pratique, on admet 64 microns et l'amplitude correspondant à 100 c/s devra donc être réduite au quart, c. à. d. de 12 db. A 200 c/s, l'affaiblissement requis pour limiter l'amplitude à 64 microns sera de 6 db et à 400 c/s, tout rentre dans l'ordre.

L'allure requise pour la caractéristique d'amplitude au-dessus de 400 c/s est donc celle de la ligne en trait d'axe. La caractéristique de vitesse en est naturellement influencée et est figurée pour les basses fréquences par la ligne en trait d'axe.

A l'époque acoustique, la correction voulue était obtenue aux basses fréquences par le mauvais rendement des pavillons utilisés ; dans l'enregistrement électrique, on emploie des filtres de correction.

Nous verrons plus loin comment se comportent les diverses têtes de pick-up au cours de la reproduction d'un disque enregistré suivant les caractéristiques d'amplitude et de vitesse que nous venons de décrire.

c. Les têtes de pick-up.

Eu égard à la caractéristique d'enregistrement, il existe deux sortes de têtes : celles dont la tension développée est proportionnelle au déplacement latéral de l'aiguille et celles dont la tension est proportionnelle à la vitesse latérale de l'aiguille.

Au premier groupe appartiennent les pick-ups à cristal et les lecteurs de son à condensateur.

Seuls les premiers ont actuellement une signification pratique et connaissent une énorme diffusion (voir fig. 4). Voici une description succincte du fonctionnement de ces têtes.

Deux lames de sel de seignette A et B réunies à une électrode C sont encastrées de façon rigide en D. Le porte-aiguille E transmet les mouvements latéraux de l'aiguille aux lames qui subissent donc des torsions. De ce fait, des tensions correspondantes apparaissent sur les électrodes F, G, fixées aux parties extérieures des lames A et B. Les tensions sont proportionnelles aux déplacements de l'aiguille, de sorte que la caractéristique de reproduction de ces têtes est du type "a" (voir fig. 3).

Par conséquent, la tension de sortie diminue vers les aigues. Le P.U. à cristal donnerait trop de basses si on ne prenait la précaution d'intercaler entre le porte-aiguille et les lames une pièce de caoutchouc. L'effet de celle-ci est de diminuer l'action de la force alternative sur le cristal et cette diminution est d'autant plus grande que la fréquence est plus basse. Il en résulte également un affaiblissement qui peut d'ailleurs être accepté parce que la tension fournie par un cristal peut atteindre plusieurs volts.

La caractéristique réelle a l'allure représentée à la fig. 5 avec une résistance d'entrée d'amplification de 0,5 M, ohms.

En utilisant des résistances plus faibles, la courbe de fréquence peut être encore rendue plus horizontale (voir courbes en tirets), ou bien on peut employer un filtre (voir même figure).

Dans le deuxième groupe, on trouve des pick-ups qui, tous, renferment un aimant, une bobine et un organe vibrant à la fréquence enregistrée, ce dernier provoquant des variations de flux.

Les pick-ups du deuxième groupe sont passés en revue au tableau ci-après :

TETES DE PICK-UP DU 2^e GROUPE (COMPARAISON)

Type	Description	Tension de sortie	Avantages	Inconvénients
Magnétique (fig. 6)	<p>Une armature en acier peut osciller entre les pôles NS d'un aimant permanent. En position médiane, le flux ne traverse pas la bobine B (fig. 6b). Au cours des oscillations de l'armature, le flux passe tantôt dans un sens tantôt dans l'autre dans l'armature. Les lignes de force (fig. b-c et d) montrent qu'il y a des variations de flux dans l'axe de la bobine et par conséquent f. e. m. induite dans celle-ci.</p>	Max. 0,1 V		<p>Faible tension. Amortisseurs en caoutchouc durcissent à la longue. Masse importante. Aimantation permanente de la palette produit déformation</p>
A réductance variable (fig. 7)	<p>Ressemble à la précédente. Toutefois, l'aimant est plus petit (masse plus faible, poids plus faible) et la bobine est en deux parties. L'armature présente un degré de liberté beaucoup plus grand. Au cours des oscillations, le flux (voir lignes de force) augmente dans une des bobines et diminue dans l'autre, d'où f. e. m. d'induction.</p>	Max. 8 mV	<p>Poids réduit (30 gr) Moins d'aimantation permanente de l'armature.</p>	<p>Faible tension.</p>

TETES DE PICK-UP DU 2^e GROUPE (COMPARAISON) --(suite)

Type	Description	Tension de sortie	Avantages	Inconvénients
Dynamique (fig. 8)	De par son principe, ressemblable à l'instrument de mesure Deprez-d'Arsouval, à cadre mobile. La bobine mobile oscille autour d'un axe horizontal dans un champ uniforme produit par l'aimant NS. Elle est donc le siège d'une f. e. m. d'induction. La tension développée est très faible parce que la bobine comporte peu de spires pour réduire la masse, d'où nécessité d'utiliser un transformateur d'adaptation.	Max. quelques mV.	Bonne linéarité.	Faible tension. Nécessité d'un transformateur coûteux nécessitant un bon blindage. Aimant assez lourd + attraction causant pression supplémentaire de l'aiguille avec plateaux en fer.
Magnéto-dynamique (fig. 9)	L'armature est constituée par un mince barreau de ferroxydure aimanté transversalement. Ce barreau peut tourner entre les branchés en U d'un circuit en matériau magnétique portant 2 bobines B. Le pôle N et le pôle S sont représentables par un trait vertical (voir description plus détaillée ci-après).	20 mV	Moins cher que la précédente. Plus sensible que la précédente. Pas de transformateur, grande gamme de fréquences.	Faible tension mais néanmoins plus élevée que dans le précédent.

Revue (S. R. T.
(R. T. S.)

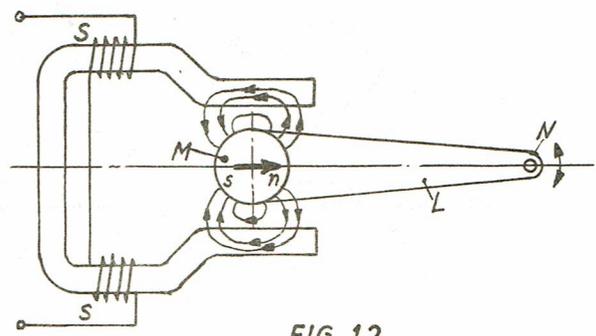


FIG. 12

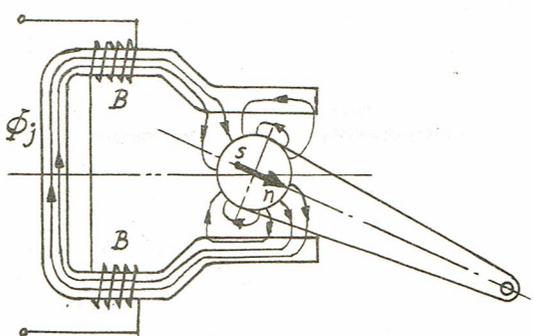


FIG. 13

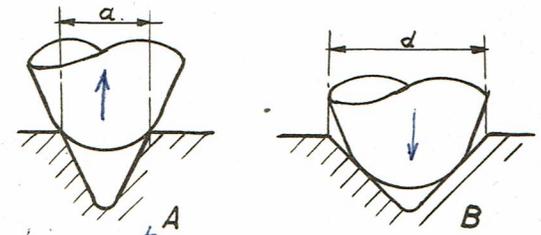
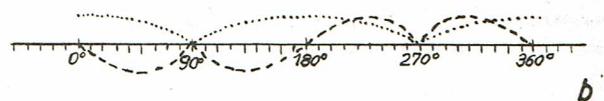
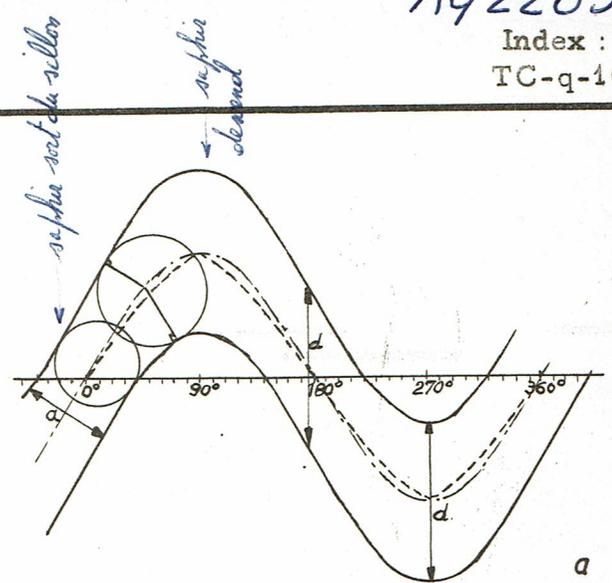


FIG 14
honnement
à partir de
1.000 c/s

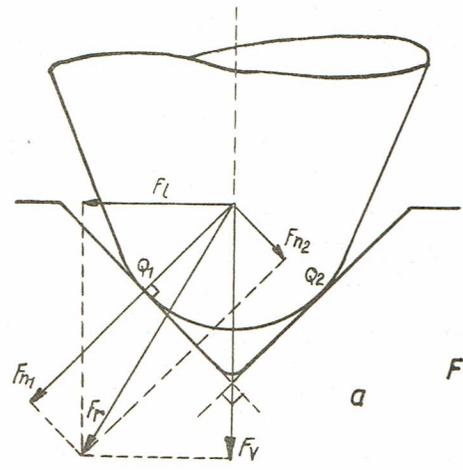
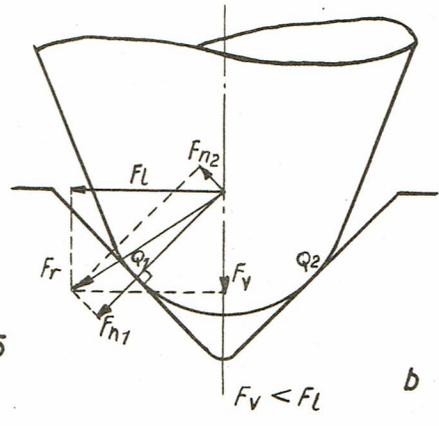


FIG. 15



$F_v > F_L$

Degré d'usure.

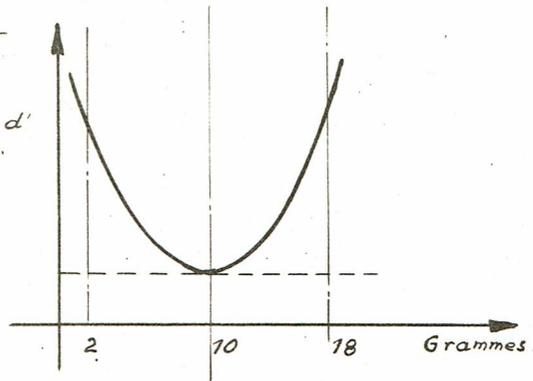


FIG. 16

Tous les pick-ups du 2e groupe sont caractérisés par le fait que la tension induite dans la bobine est provoquée par une variation de flux.

On a $e_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

Cette variation de flux est d'autant plus importante que la vitesse latérale de l'aiguille est plus grande. Par conséquent, la caractéristique de reproduction de ces pick-ups sera du type (v) (voir fig. 3) et contrairement aux pick-ups à cristal, les basses seront défavorisées. Etant donné que les tensions de sortie sont faibles (voir tableau ci-avant), une connexion par filtre est difficilement applicable à la sortie de la tête et on préfère l'appliquer à l'amplificateur.

d. La caractéristique d'enregistrement actuelle.

La caractéristique que nous venons de voir, remonte en fait à la période acoustique. Des perfectionnements continuels aux disques et aux lecteurs de son, ont résulté chez les divers fabricants, des caractéristiques d'enregistrement à peu près semblables, et qui ont toutes l'allure théorique indiquée à la fig. 10 (courbes a et v).

Examinons les diverses zones de la caractéristique moderne (toujours pour des vibrations d'intensité constante) et comparons-la à l'ancienne :

Ancienne caractéristique	Nouvelle caractéristique
78 t/min. ($a_1 - v_1$)	33 t/min. (a-v)
<u>Point A'</u> - A cet endroit (environ 10.000 c/s), l'amplitude est minimum. Toutefois, il faut qu'elle soit plus grande que la dimension des irrégularités de la matière (grain) pour éviter le bruit de fond.	<u>Point A'</u> - idem.
<u>De A' à E</u> - L'amplitude croît de 6 db par octave ; par conséquent, de A à E, la vitesse est constante comme déjà expliqué.	<u>De A' à C</u> : Cette zone est divisée en deux parties : a) de A' à B' : L'amplitude augmente progressivement de 10.000 à 2.000 c/s. b) de B' à C : La caractéristique est descendue parallèlement de 10 db par rapport à l'ancienne.
<u>De E à F</u> : L'amplitude est constante, la vitesse décroît de 6 db par octave.	<u>De C à D'</u> - Au point C, on passe de l'enregistrement à amplitude variable à celui à amplitude constante. Le niveau reste toujours à -10 db de l'ancienne caractéristique.
	<u>A gauche de D'</u> - Vers les fréquences basses, l'amplitude croît d'environ 3 db par octave.

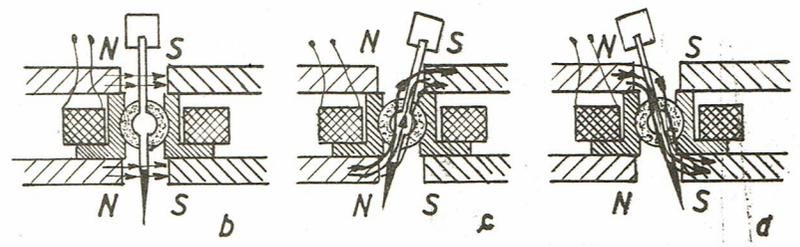
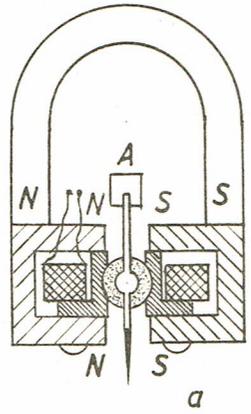


FIG. 6

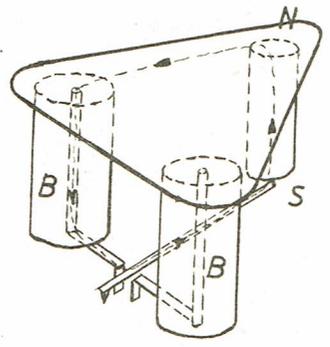


FIG. 7

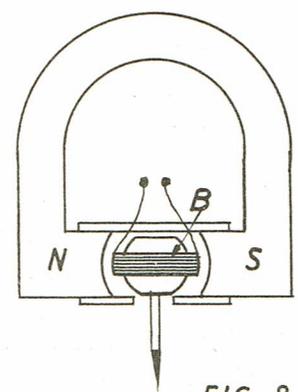


FIG. 8

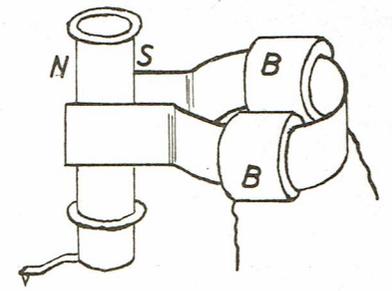


FIG. 9

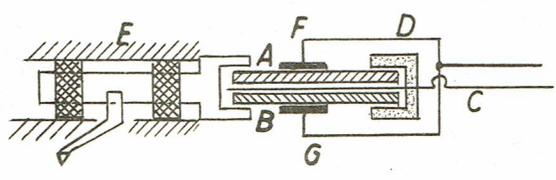


FIG. 4

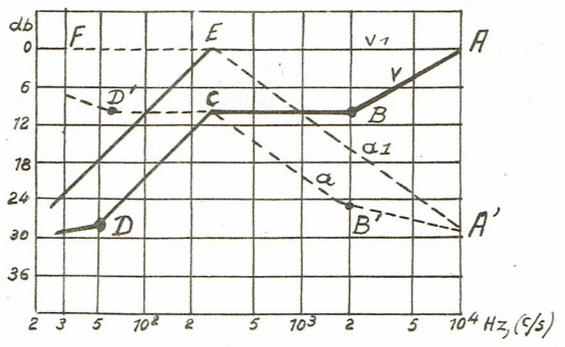


FIG. 10

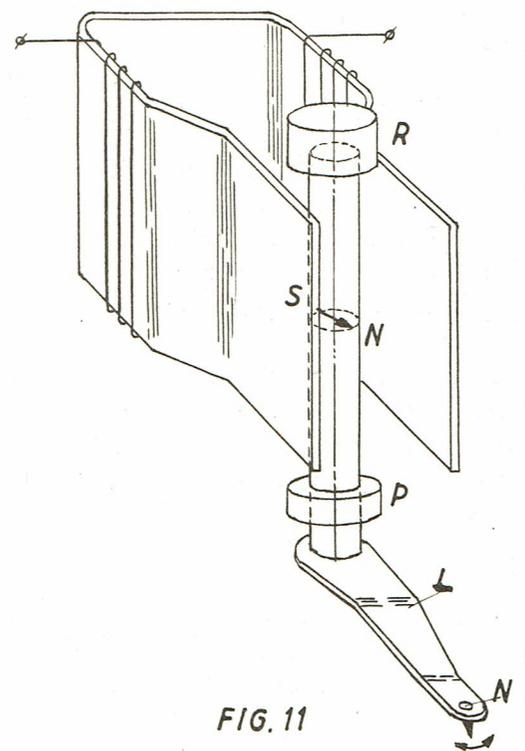


FIG. 11

Conclusions importantes :

1. L'amplitude de l'enregistrement est réduite dans le procédé actuel sauf pour les extrêmes aiguës. Il en résulte un danger moindre de chevauchement de sillons aux fréquences basses où les amplitudes sont les plus grandes.
2. Grâce à cet artifice, la dynamique originale est mieux respectée aux fréquences basses (voir augmentations d'amplitude et de vitesse à gauche de D et D').
3. A l'utilisation d'un disque gravé suivant le nouveau procédé sur une installation prévue pour la reproduction de disques enregistrés suivant la caractéristique a_1 (par exemple avec une tête AG 3012 ou AG 3013), il y a lieu d'observer les points suivants :
 - a. Le volume-control de l'installation sonore doit être tourné d'avantage afin d'obtenir une intensité suffisante des sons de fréquence inférieure à 2.000 c/s.
 - b. Le contrôle de tonalité des aiguës doit être tourné de façon à obtenir moins d'aiguës ou bien le contrôle des graves doit être tourné pour obtenir plus de basses. En effet, si nous déplaçons la caractéristique a vers le haut, parallèlement à elle-même jusqu'à sa coïncidence avec a_1 (ceci correspondant à une augmentation de volume), nous voyons que la partie B' A' viendra à un niveau sonore supérieur à celui de la caractéristique a_1 , ce qui signifie que les fréquences supérieures à 2.000 c/s seront plus amplifiées. Par conséquent, sans la correction de tonalité, l'équilibre sonore serait détruit.

Remarques :

1. Les caractéristiques d'enregistrement ne sont pas anguleuses comme représenté à la fig. 10, mais varient progressivement.
2. Les basses fréquences inférieures à 70 c/s peuvent être enregistrées avec une intensité relativement plus grande dans la nouvelle caractéristique, de sorte que les graves sont mieux mises en valeur.
3. La caractéristique de reproduction doit être "l'image" de la caractéristique d'enregistrement si l'on veut fournir à l'amplificateur un signal indépendant de la fréquence. Nous en reparlerons au paragraphe 2 traitant des têtes magnétodynamiques.
4. Il existe différents standards, AES, etc. et maintenant le RIAA qui est la nouvelle norme pour laquelle les corrections fixes des amplificateurs sont établies.

2. LES TÊTES MAGNETODYNAMIQUES.

La plupart des pick-ups professionnels étaient équipés en règle générale d'une tête électrodynamique (bobine mobile, aimant immobile). Dans la tête magnétodynamique, c'est l'inverse (aimant mobile, bobine fixe). Cette tête présente l'avantage d'une plus grande sensibilité et d'un prix plus bas. De ce fait, elle permet d'équiper des ensembles non-professionnels.

Examinons succinctement les points importants relatifs aux têtes magnétodynamiques.

a. Description.

Au tableau des têtes de pick-up, par la fig. 9, nous avons déjà donné quelques renseignements sur le principe de fonctionnement.

Nous rappelons qu'un barreau aimanté en ferroxdure peut pivoter entre les pièces polaires d'un circuit en forme de U et magnétiquement conducteur.

Reprenant le porte-aiguille, nous voyons à la fig. 11 que l'aimantation est transversale comme l'indique la flèche SN. Les pôles de l'aimant pourraient être représentés par deux traits verticaux tracés en S et N à la surface du cylindre de ferroxdure. Le barreau est serré à la partie supérieure dans un manchon de caoutchouc, de sorte qu'en position neutre, le tout se présente comme indiqué à la fig. 12. Le manchon de caoutchouc s'oppose élastiquement à la rotation ; il y a donc un couple de rappel qui a tendance à ramener le barreau en position neutre. L'anneau P est en vinyle et le barreau n'est pas serré dans cet anneau.

b. Fonctionnement.

En examinant la fig. 12, on voit qu'en position neutre du barreau aimanté, les lignes de force se ferment partiellement dans l'air et en partie dans les extrémités des pièces polaires.

Si l'aimant est écarté de sa position de repos, la symétrie indiquée à la fig. 12 est détruite et une partie du flux traverse l'armature entière.

Le sens dans lequel cette partie de flux traverse l'armature dépend du sens dans lequel on a fait tourner l'aimant. Un mouvement de va-et-vient de l'aiguille entraîne donc l'apparition d'un flux alternatif dans l'armature et ce flux induit une tension dans les bobines B.

Remarquons que, vu les faibles déplacements du barreau, la conversion des petites rotations en tensions est remarquablement linéaire et que cette linéarité est absolument comparable à celle obtenue avec un lecteur de son électrodynamique.

Quels résultats quantitatifs peut-on attendre du capteur magnétodynamique ?
Pour une vitesse latérale maximum

$$v = 5 \text{ cm/s}$$

on obtient une tension efficace de 20 mV.

La sensibilité est donc supérieure à celle des électrodynamiques (sans transformateur d'entrée), mais elle est inférieure à celle des lecteurs piézoélectriques de sorte qu'il est nécessaire d'utiliser un étage amplificateur supplémentaire pour attaquer un récepteur de radio ordinaire.

c. Particularités de la construction.

Barreau aimanté : L'aiguille, le levier et le barreau aimanté forment un ensemble qui se remplace en bloc. L'aimant a un diamètre d'environ 1 mm et une longueur de 12 mm. La force exercée par un plateau de fer sur un aimant de dimensions aussi réduites est tout à fait négligeable par rapport à la force minimum avec laquelle l'aiguille appuie sur le disque.

Levier porte-aiguille : Celui-ci présente une rigidité telle, pour les vibrations latérales correspondant à l'enregistrement, que la fréquence de résonance de l'ensemble aiguille-levier et aimant se situe au-delà de 20 kc/s donc en dehors de la bande utile.

Par ailleurs, sa rigidité verticale doit être assez faible, de sorte que la fréquence de résonance dans ce sens soit assez basse et située en-dessous de 1.000 c/s, fréquence à partir de laquelle l'effet dit de "pincement" se fait sentir.

L'effet de pincement est causé par le procédé de gravure. Vu la forme du burin-graveur (voir c) et son déplacement latéral, la largeur du sillon non-modulé n'est obtenue qu'en B (voir fig. 14a) où la vitesse latérale est nulle. En tous les autres points, le sillon est plus étroit.

Nous avons représenté une coupe du sillon en A et B ; on voit que l'aiguille est soumise à un mouvement vertical de fréquence double de celle qui est enregistrée et que nous supposons sinusoidale. La fig. 14b permet de se rendre compte que la fréquence due au pincement est bien de fréquence double. Par conséquent, la tension induite due à ce mouvement doit être minimisée si l'on veut éviter une distorsion d'harmonique 2.

D'autre part, le levier doit être suffisamment rigide verticalement pour supporter sans fléchir la pression de 10 grammes nécessaires pour une bonne exploration du sillon.

Aiguille : Le pick-up magnétodynamique est fabriqué en deux exécutions :

- a) le AG 3020 (point vert) pour 78 t/min., équipé d'un saphir, $R = 75\mu$
- b) le AG 3021 (point rouge) pour microsillons, équipé d'un diamant, $R = 25\mu$.

Le choix de l'aiguille pour cette dernière s'est porté sur le diamant parce qu'il est plus dur, donc qu'il s'use moins vite que le saphir ; il en résulte une distorsion moindre et une usure beaucoup plus lente des disques parce que l'arrondi garde beaucoup plus longtemps une forme voisine de la sphère, qui est idéale. Il ne faut pas perdre de vue qu'un saphir usé attaqué les flancs des sillons à la manière d'un burin.

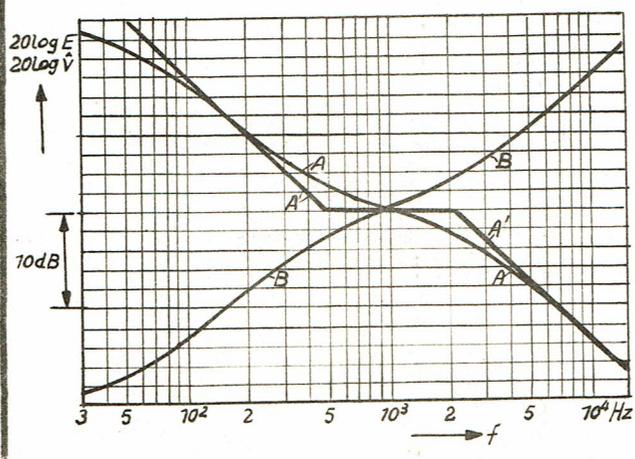


FIG. 17

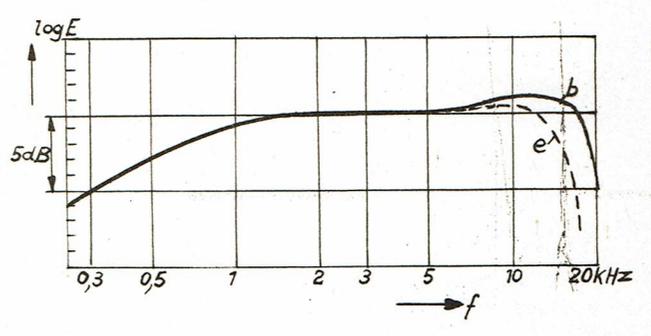


FIG. 18

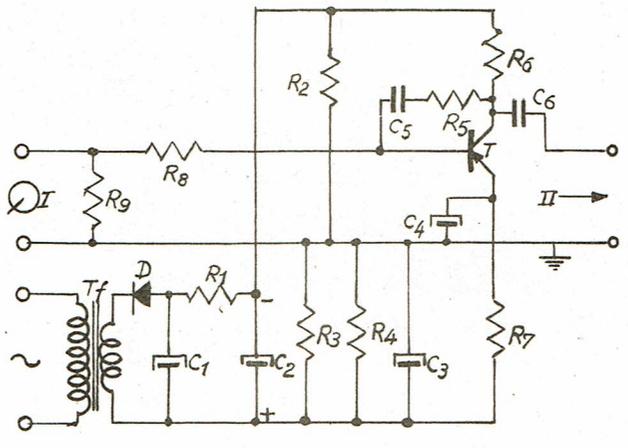


FIG. 19

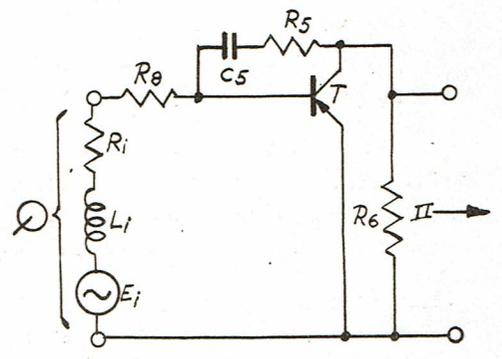


FIG. 20

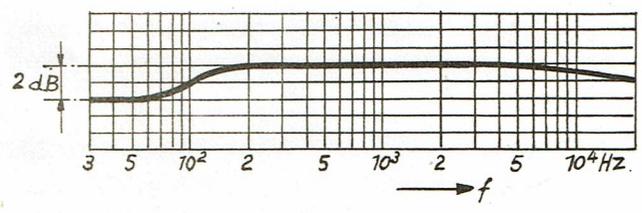


FIG. 21

Protection : L'armature portant les bobines est plongée dans une résine synthétique en même temps que deux bagues d'aluminium dans lesquelles sont placées par la suite les manchons. Les bobines sont donc complètement enfermées et l'ensemble est capable de résister au climat tropical.

Le bloc de résine synthétique est protégé à son tour par une coiffe en aluminium qui sert de blindage magnétique.

Une fois pourvu de son blindage, le système est monté dans un boîtier de "Philite" pourvu d'une barrette de connexion, grâce à laquelle le blindage peut être relié à la masse de l'amplificateur, ce qui lui permet de jouer également le rôle d'un blindage électrostatique. Le circuit magnétique est également relié à cette barrette, ce qui prévient certains phénomènes indésirables, qui pourraient résulter d'une charge statique se formant par suite du frottement de l'aiguille sur le disque.

d. Valeur optimum de la force verticale exercée par l'aiguille.

Voyons quelles sont les forces qui s'exercent sur la pointe de l'aiguille. Regardons la fig. 15a). Soient F_v la force avec laquelle l'aiguille appuie sur le sillon et F_1 la force latérale totale à laquelle l'aiguille est soumise. F_1 et F_v ont une résultante F_r qui peut être décomposée en une force normale F_{n1} au flanc gauche du sillon et F_{n2} au flanc droit. Tant que $F_v > F_1$, F_{n1} applique l'aiguille sur le flanc gauche et F_{n2} sur le flanc droit.

Si $F_v < F_1$ (cas de la fig. 15b), F_{n2} n'applique plus l'aiguille en Q2. Si F_{n2} peut surmonter le frottement (que nous négligeons ici), l'aiguille montera le long du flanc gauche, d'où distorsion et possibilité de déraillement de l'aiguille.

La force latérale F_1 est la résultante de 3 forces :

- La force d'inertie, qui dans le cas des disques à 78 t/min., peut atteindre 20 milliNewton, soit 2 grammes-poids.
- La force constante due au mouvement du capteur vers le centre du disque ; elle peut s'élever à 15 mN.
- La force due à l'élasticité du disque : 20 mN.

F_1 vaut donc au maximum : $20 + 15 + 20 = 55$ mN.

Il faut aussi tenir compte de l'effet de pincement qui donne à la force F_v une composante alternative pouvant atteindre 10 mN. De sorte que la valeur statique de F_v doit être d'au moins : $55 + 10 = 65$ mN.

En pratique, on constate que la valeur à donner à F_v , pour avoir une certaine marge dans les fabrications des têtes et des bras, est d'environ 100 mN, ce qui correspond à 10 grammes-poids.

En-deçà et au-delà de cette valeur, l'usure du disque augmente sensiblement (voir courbe de la fig. 16).

e. Caractéristique de réponse d'un canal de reproduction.

La courbe de réponse, en fonction de la fréquence, d'un phonocapteur dépend non seulement des caractéristiques du capteur lui-même, mais aussi des diverses propriétés du disque. Donner la caractéristique de réponse d'un phonocapteur n'a donc pas de sens si on ne spécifie pas en même temps avec quel disque elle a été relevée. De plus, elle dépend encore de la pression de l'aiguille sur le disque ainsi que de l'endroit du disque qui est reproduit.

Par courbe de réponse, on entend la valeur de E (valeur efficace) en fonction de f que l'on doit avoir après le filtre de reproduction (point B fig. 1). En d'autres mots, cette caractéristique donne la manière dont l'amplification doit varier avec f pour que le haut-parleur reproduise aussi fidèlement que possible les variations de pression acoustique auxquelles le microphone était soumis lors de l'enregistrement.

Une courbe d'enregistrement fréquemment utilisée est donnée en B fig. 17. Elle donne la variation de la vitesse maximum en fonction de la fréquence, obtenue pour une pression acoustique constante au microphone d'enregistrement; donc pour une tension constante à l'entrée de l'amplificateur de studio. Ceci pour un disque microsillon.

La tension fournie par un phonocapteur magnétique étant proportionnelle à la vitesse de l'aiguille, la courbe de réponse du canal de reproduction doit donc être, avec un tel disque, l'inverse de la courbe B, c. à. d. la courbe A. Il existe des disques étalon donnant une succession de fréquences enregistrées avec les vitesses voulues.

f. Avantages d'un spectre étendu de fréquences.

1. Le timbre des divers instruments est mieux reconnaissable.
2. Le bruit de fond est rendu moins gênant par "coloration".

Le phonocapteur magnétodynamique permet d'atteindre de façon pratique 12 à 13 kc/s avec les disques microsillons. C'est évidemment un grand avantage, mais cela ne servirait à rien si des résonances parasites tombaient dans le spectre audible. Voyons quelles sont les résonances qui se produisent :

1. Du fait de l'élasticité de la matière des disques, l'aiguille en mouvement, et même au repos, "s'imprime" en quelque sorte dans les flancs du sillon ; ce phénomène est le plus intense du côté convexe, de sorte que l'amplitude du mouvement de l'aiguille est réduite. C'est la "perte statique". Pour la fréquence de coupure, la tension de sortie s'annule par suite d'une résonance de l'ensemble levier + aimant + aiguille (dans la direction latérale). Cette fréquence de résonance est heureusement supérieure à 20 kHz dans les têtes AG 3020 et AG 3021.
2. La résonance de torsion de l'ensemble levier + aimant + aiguille est supérieure à 20 kHz également.

3. La résonance sillon-aiguille est due à la résonance mécanique de l'ensemble constitué par la masse effective de la partie mobile du capteur supposée concentrée à la pointe de l'aiguille (analogue à une self-induction) et de l'élasticité de la paroi du sillon (analogue à une capacité).

Dans le cas du capteur magnétodynamique, c'est cette dernière résonance qui limite le spectre. Celle-ci s'élève à environ 15 kc/s et elle ne tombe donc pas dans le spectre audible. S'il en était ainsi, chaque fois que la note en question se présenterait, elle sortirait de façon exagérée (phénomène de surtension). De même, au cours des "attaques" d'instruments produisant des oscillations amorties (contenant tout un spectre de fréquence), la fréquence en question pourrait aussi être émise.

D'autre part, des phénomènes transitoires, ayant des composantes aux environs de cette fréquence de résonance, se perdraient en grande partie lors de la reproduction par suite des déphasages entre les diverses composantes.

g. Effet de la charge appliquée au phonocapteur magnétodynamique.

Considérons une tête AG 3021 dont on relève la courbe de réponse avec un disque Cook n° 10 A ; on obtiendra la caractéristique de la fig. 18a.

On constate, en examinant la figure du côté des aiguës, qu'une résonance se produit vers 13 kc/s, ce qui est indésirable parce que cette fréquence tombe dans le domaine d'audibilité. Elle est due au circuit oscillant constituée par la self du capteur et une capacité de quelques dizaines de pF (mesure à l'aide d'un voltmètre à lampe, donc avec une grande impédance).

On peut toutefois amortir cette résonance en plaçant une résistance de charge de 68 k. ohms et une capacité shunt de 250 pF, cette dernière constituée essentiellement par la capacité du câble de raccordement. On obtient alors la courbe b. La différence entre les deux courbes ne dépasse 2 db que pour des fréquences supérieures à 14 kc/s. Dans le cas de la plupart des disques, cette différence est à peine perceptible ; c'est pourquoi les valeurs ci-dessus sont recommandées.

3. PREAMPLIFICATEUR A TRANSISTOR AG 9005.

Pour l'application d'une tête magnétodynamique à un récepteur courant, il y a lieu d'utiliser un préamplificateur. Il y a deux raisons à cela.

a. Tension fournie et caractéristique de reproduction.

La sensibilité du capteur qui est d'environ 4 mV/cm/sec., donne pour une vitesse de crête moyenne de 5 cm/sec. rencontrée dans un disque microsillon, une tension efficace de 20 mV. Ceci est insuffisant pour l'attaque d'un récepteur ; il faut donc un amplificateur supplémentaire.

La tension fournie est proportionnelle à la vitesse de l'aiguille et la courbe de réponse du capteur, obtenue dans les conditions énoncées précédemment,

a donc la forme B de la fig. 17. Il est donc indispensable d'apporter une correction pour que la tension fournie au récepteur soit indépendante de la fréquence. Ceci ne peut être obtenu que par voie électrique dans le préamplificateur.

Le préamplificateur à transistor AG 9005 répond à ces buts et cela sous une forme très pratique. Il est très compact (330 cm³), ne nécessite que peu de courant et s'intercale sans difficulté. Il ne comporte qu'un seul transistor OC73 de format plus réduit qu'un tube et ne nécessitant pas de filament. Un germanium sert à redresser le courant alternatif nécessaire à l'alimentation. Cette diode présente les mêmes avantages par rapport à un tube redresseur que le transistor précité.

Nous avons dit précédemment que la tension fournie par la tête magnétique est proportionnelle à la vitesse, suivant la courbe B. Le préamplificateur devra donc présenter une courbe de réponse conforme à la caractéristique A, car la partie restante du canal de reproduction est conçue pour l'attaque par un signal qui est indépendant de la fréquence. En d'autres termes, le préamplificateur doit donc amplifier, par rapport à la gamme centrale (voisine de 1 kc/s), plus faiblement les fréquences élevées et plus fortement les fréquences basses.

La forme désirée de la courbe de fréquence R. I. A. A. est approximativement obtenue, grâce à deux dispositions.

1. Un couplage à contre-réaction R5-C5 entre collecteur et base, et
2. Une résistance R8 en série avec le phonocapteur (voir schéma fig. 19).

La fig. 20 représente uniquement la partie à courant alternatif de la fig. 19. La tête de pick-up se représente par E_i , L_i et R_i en série.

Afin de comprendre plus facilement ces dispositions, au lieu de la phononorme idéale 'A', considérons la forme schématisée A'.

On voit qu'il y a un palier central entre 0,5 et 2,1 kc/s ; les autres parties indiquent une amplification qui diminue quand la fréquence augmente.

Pour les fréquences centrales (entre 10^3 c/s et environ 500 c/s), $\frac{1}{\omega C_5}$ est beaucoup plus petit que R5 ; de ce fait, la contre-réaction provoquée par R5-C5 est pratiquement indépendante de la fréquence, et par conséquent, également l'amplification.

Pour les fréquences très basses, $\frac{1}{\omega C_5}$ est beaucoup plus grand que R5 ; la contre-réaction augmente proportionnellement à f tandis que le gain diminue proportionnellement à f.

Nous obtenons, pour les fréquences inférieures à 10^3 c/s, la caractéristique A' qui se rapproche sensiblement de la phononorme A.

Le passage de l'une des gammes de fréquence à l'autre est caractérisé par la fréquence

$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_5 C_5}$$

Les valeurs de R5 et C5 sont choisies de telle façon que $f_1 = 0,5$ kc/s env.

Le circuit constitué par L_i , R_i , R8 et la résistance interne R_{be} entre la base et l'émetteur fonctionne précisément de manière inverse.

Le courant alternatif de base est pratiquement indépendant de f pour des fréquences beaucoup plus petites que f_2 qui vaut

$$\frac{R_i + R8}{2 \pi L_i}$$

et est inversement proportionnel à f pour f beaucoup supérieur à f_2 .

Nous obtenons donc pour des fréquences supérieures à 1.000 c/s, la 2e partie de la caractéristique A' qui se rapproche de la phononorme A. La fréquence de transition de cette partie est de 2,1 kc/s. La résistance R8 est choisie de façon que la fréquence f_2 soit voisine de cette valeur.

La fig. 21 montre le résultat des deux dispositions combinées. Elle représente la tension de sortie E_o du préamplificateur en fonction de f , alors que la tension E_i varie suivant la caractéristique d'enregistrement (voir B fig. 17). Comme on peut le voir, E_o ne comporte pas de variations supérieures à 2 db dans la gamme des fréquences comprises entre 40 et 20.000 Hz.

Il est à remarquer que la résistance externe aux bornes du pick-up est de 150 k, ohms pour le relevé de cette caractéristique.

Nous terminerons en donnant quelques données sur l'alimentation et l'exécution mécanique.

b. Alimentation.

Tension d'alimentation aux bornes de C2 : 36 V.

Diode D : 0A81 - tension inverse max. : 115 V.

Courant requis : 0,4 mA.

Filtre C1-R1-C2 : ramène la tension de ronflement en-dessous de 1,5 mV, soit 65 db en-dessous de la tension de sortie maximum.

Transformateur d'alimentation: présente la particularité de ne pas être équipé d'une thermique. En régime normal, la puissance dissipée est constituée surtout des pertes fer. En cas de court-circuit au secondaire, les pertes cuivre n'augmentent pas beaucoup, parce que les résistances des enroulements sont assez élevées. Par suite de la chute de tension accrue dans le primaire, la f. e. m. induite diminue de même que les pertes fer. Donc, lors d'un court-circuit, les pertes totales ne varient guère, de sorte que le transformateur n'est pas porté à une température trop élevée.

c. Exécution mécanique.

Le préamplificateur et son alimentation sont montés dans un petit boîtier de "Philite" de 86 x 78 x 49 mm.

Le préamplificateur forme un élément distinct et contenu dans un boîtier, qui a les dimensions et l'aspect d'un classique blindage de bobinage haute fréquence muni d'une base en bakélite avec des cosses deraccordement.

Cette disposition permettra de loger facilement le préamplificateur dans un châssis de radiorécepteur équipé d'une source donnant 36 V sous 0,4 mA.
