

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 38 (1960)

Heft: 7

Artikel: Les propriétés des bandes magnétiques modernes = Die Eigenschaften neuzeitlicher Tonbänder

Autor: Werner, P.-H. / Kohler, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874615>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von der Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telefonverwaltung. Publié par l'administration des postes, télégraphes et téléphones suisses. Pubblicato dall'amministrazione delle poste, dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

P.-H. WERNER und E. KOHLER, Bern

Les propriétés des bandes magnétiques modernes

Die Eigenschaften neuzeitlicher Tonbänder

DK 681.84.083.84

Les applications de l'enregistrement magnétique sont aujourd'hui si diverses que les bandes doivent remplir des conditions de plus en plus sévères pour permettre l'enregistrement non seulement dans des conditions climatiques extrêmes, mais aussi à des vitesses de bande de plus en plus réduites. Une des principales applications, qui nous préoccupe ici particulièrement, concerne l'enregistrement dans les studios de radio, où l'on s'efforce d'atteindre une perfection des qualités de transmission, malgré les difficultés de l'exploitation et en particulier le manque de temps. Cette perfection dépend de plusieurs propriétés des bandes, dont les unes sont parfois obtenues au détriment des autres, de sorte que les fabricants ont dû trouver des compromis plus ou moins satisfaisants. Les nécessités de l'exploitation excluant toute modification du réglage des magnétophones pour les adapter à des bandes ayant des caractéristiques différentes, il faut établir, si l'on veut faire subsister la concurrence, un choix de bandes utilisables indifféremment sur des machines réglées une fois pour toutes.

Il y a environ 12 ans que notre laboratoire effectuait les mesures des premières bandes magnétiques, dont il existait deux types essentiels, celui dit homogène avec la poudre magnétique mélangée au support et celui à couche magnétique, utilisé exclusivement aujourd'hui. La bande homogène nous rappelle la grande vitesse de 76,2 cm/s que requerrait l'enregistrement des hautes fréquences à une faible sensibilité, mais aussi des propriétés mécaniques remarquables qui assuraient un enroulement parfait sans flasques, de grandes bobines de bande. A cette époque, les bandes à couches avaient des propriétés magnéti-

Die Anwendung der magnetischen Aufnahmeverfahren ist heute derart verschieden, dass die Bänder immer höhere Bedingungen erfüllen müssen, um Aufnahmen unter extremen klimatischen Verhältnissen und auch bei immer kleineren Geschwindigkeiten zu erlauben. Eine der wichtigsten Anwendungen – die uns hier besonders beschäftigt – betrifft die Aufnahme in den Radiostudios, wo man bestrebt ist, eine perfekte Qualität der Übertragung zu erzielen, auch wenn unter schwierigen betrieblichen und zeitlichen Voraussetzungen gearbeitet werden muss. Die Erreichung dieses Zieles hängt von verschiedenen Bändereigenschaften ab, von denen einige manchmal auf Kosten anderer gehen, was die Hersteller zu mehr oder weniger befriedigenden Kompromissen zwingt. Da es ausgeschlossen ist, im Betrieb die Tonbandgeräte ständig den verschiedenen Charakteristiken der Bänder anzupassen, muss eine Auswahl so getroffen werden, dass die Bänder auf den Maschinen mit einer bestimmten Einstellung benützt werden können und sich gegenseitig austauschen lassen.

Vor etwa 12 Jahren wurden in unserem Laboratorium Messungen an den ersten Tonbändern ausgeführt, von denen es damals zwei Haupttypen gab:

1. Der *homogene* Typ, in welchem das magnetische Pulver mit dem Träger zusammen vermischt war;
2. Der Typ mit einer *aufgetragenen* magnetischen Schicht, der heute allgemein verwendet wird.

Die homogenen Bänder erinnern noch an die hohe Geschwindigkeit von 76,2 cm/s, die für die Aufnahme der hohen Frequenzen nötig war und nur eine schwache Empfindlichkeit aufwiesen. Die mechanischen Eigenschaften dieser Bänder gestatteten jedoch ein

ques également médiocres, et elles avaient de nombreux défauts mécaniques; la couche magnétique partait parfois en poussière avec son précieux contenu sonore! Le retrait du solvant de la couche incurvait tellement les bandes dans le sens transversal qu'il devenait presque impossible de les utiliser.

Actuellement, les propriétés des bandes convergent toutes vers une même perfection mécanique et magnétique, qui est l'aboutissement d'une longue période de développement qu'il a fallu suivre en effectuant des essais à mesure que de nouvelles bandes apparaissaient sur le marché.

La régularité de fabrication des bandes européennes, qui laissait à désirer tant que le contrôle final était confié aux usagers, s'étant également considérablement améliorée, nous disposons d'au moins six bandes de provenance différente dont le choix n'est subordonné qu'à des questions financières, de confiance, voire d'habitude.

Les chapitres qui suivent ont pour but de comparer six bandes de diverses marques et d'exposer l'influence de certains paramètres et les moyens de les mesurer. Pour éviter toute rivalité qui ne concernerait que des détails, nous donnons ci-dessous les désignations des bandes mesurées dans un ordre qui n'a aucun rapport avec celui des résultats obtenus.

Les bandes de provenance européenne sont Agfa FR, BASF et Gevasonor F, celles de provenance américaine Audio, Irish, Scotch.

I. Propriétés mécaniques

Programme d'essais

L'essai complet d'une bande au point de vue mécanique nécessite au moins les mesures suivantes:

- a) Dimensions
- b) Propriétés dynamométriques statiques
- c) Effet abrasif et conservation

Valeurs obtenues

a) *La largeur des bandes* doit être comprise dans des tolérances serrées, dont dépend le guidage devant les têtes magnétiques et par conséquent la stabilité de l'enregistrement et de la lecture des courtes longueurs d'onde. La mesure est effectuée à l'aide d'un microscope qui assure une précision supérieure au 1/100 de mm. Sur 12 échantillons mesurés, nous trouvons des largeurs de 6,20 à 6,30 mm, soit exactement dans les nouvelles tolérances proposées par la CEI ($6,25 \pm 0,05$ mm). L'épaisseur totale de la bande est normalement de 50 μ m, mais les fabricants ont mis sur le marché des bandes minces et extra-minces respectivement de 33 et 25 μ qui augmentent de 1,5 ou 2 fois la durée d'enregistrement des appareils. Abstraction faite de l'effet d'écho plus prononcé dont nous parlerons plus loin, ces bandes ont les mêmes propriétés magnétiques que les modèles plus épais.

b) *Les propriétés mécaniques* comparatives sont mesurées à l'aide d'un dynamomètre classique, qui trace les courbes d'allongement d'un échantillon en

gutes Umwickeln ohne Flanschen, sogar für grosse Spulen. Zu jener Zeit hatten die Schichtbänder keine hervorragenden magnetischen Eigenschaften und dazu viele mechanische Fehler; die Schicht mit ihren wertvollen Aufnahmen fiel manchmal ab und ausserdem zog sich die Schicht zusammen, wodurch sich die Bänder in ihrer Breite stark krümmten, so dass sie fast unbrauchbar wurden.

Zurzeit nähern sich alle Bänder der gleichen mechanischen und magnetischen Vollkommenheit. Sie ist das Ergebnis einer langen Entwicklung. Die jeweils neu auf dem Markte erschienenen Bänder wurden laufend messtechnisch untersucht.

Die Regelmässigkeit in der Fabrikation, die zu wünschen übrig liess, solange die Kontrolle den Verbrauchern überlassen war, hat sich heute beträchtlich verbessert. Wir verfügen über mindestens sechs Bänder verschiedener Herkunft, deren Auswahl nur nach finanziellen Gesichtspunkten, Vertrauens- bzw. Gewohnheitsfragen erfolgte.

Die folgenden Kapitel bezwecken, die sechs Bänder verschiedener Marken zu vergleichen und den Einfluss bestimmter Parameter sowie die Mittel zu deren Messung zu erklären. Um eine Rivalität, die nur Einzelheiten betreffen könnte, zu vermeiden, geben wir die Bezeichnung der gemessenen Bänder in einer Reihenfolge, welche in keinem Verhältnis mit den erhaltenen Resultaten steht. Die Bänder europäischer Herkunft sind: Agfa FR, BASF und Gevasonor F, und amerikanischer Herkunft: Audio, Irish, Scotch.

I. Mechanische Eigenschaften

Prüfprogramm

Eine eingehende Prüfung der mechanischen Eigenschaften eines Tonbandes erfordert mindestens folgende Messungen:

- a) Der Dimensionen;
- b) Der statischen Dehnungs- und Zerreiissfestigkeit;
- c) Des Reibeffektes und der Aufbewahrungsmöglichkeiten.

Resultate

a) *Die Bandbreite* muss sich in sehr engen Toleranzen halten, denn von ihr hängt die Führung vor den Tonköpfen ab und von dieser die Stabilität der Aufnahme und Wiedergabe der kleinen Wellenlängen. Die Messung wurde mit einem Mikroskop ausgeführt, das eine Messgenauigkeit von mehr als $\frac{1}{100}$ mm gewährt. Bei 12 gemessenen Mustern fanden wir eine Breite von 6,20 bis 6,30 mm, also Masse, die sich genau in den vom CEI neu vorgeschlagenen Toleranzen bewegen ($6,25 \pm 0,05$ mm). Die normale Dicke eines Bandes beträgt 50 μ m. Die Fabrikanten haben jedoch dünne und extra dünne Bänder auf den Markt gebracht, die mit 33 beziehungsweise 25 μ die Aufnahmedauer um das 1,5- bzw. 2fache erhöhen. Ausser einem stärkeren Echoeffekt, auf den wir später zurückkommen, haben diese Bänder die gleichen magnetischen Eigenschaften wie jene normaler Dicke.

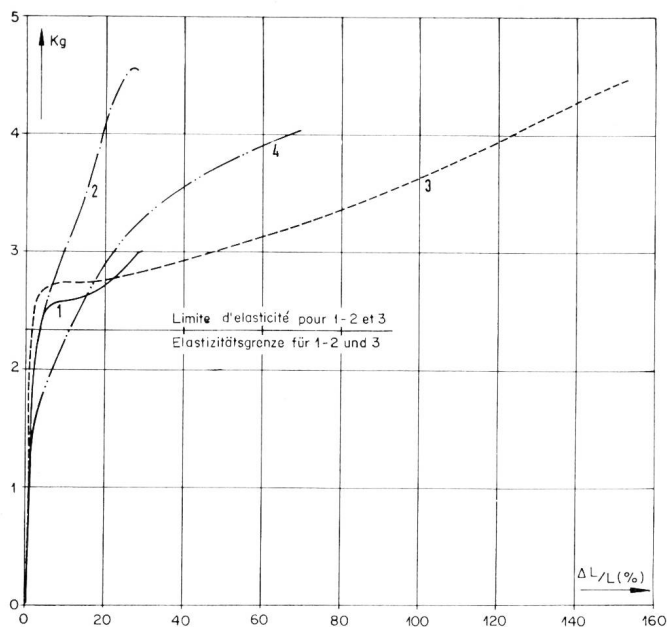


Fig. 1. Courbes comparatives d'allongement de bandes magnétiques.

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| 1. Triacétate de cellulose | } épaisseur 50 μ m |
| 2. Chlorure de polyvinyle | |
| 3. Polyester (Mylar) | |
| 4. Polyester pré-étiré | } épaisseur 33 μ m |
- Dehnungskurven magnetischer Bänder
- | | |
|---|--------------------|
| 1. Cellulose Triacetat | } Dicke 50 μ m |
| 2. Polyvinylchlorid | |
| 3. Polyester (Mylar) | |
| 4. Vorgerecktes Polyester, Dicke 33 μ m | |

fonction des forces qui lui sont appliquées. La figure 1 représente les diagrammes de trois bandes de 50 μ d'épaisseur dont les supports sont en chlorure de polyvinyle, triacétate et polyester (mylar).

Les trois courbes présentent d'abord une région rectiligne qui correspond aux allongements élastiques. A partir de la limite d'élasticité s'amorce une courbe complexe du domaine des allongements permanents limité par le point de rupture. Si la limite d'élasticité est pratiquement semblable pour les trois bandes, il n'en est pas de même de l'allongement permanent qui atteint 150% avec le polyester. On réduit partiellement ce grave défaut en pré-étirant la matière en cours de fabrication, mais malgré tout le polyester a l'inconvénient de s'étirer considérablement lors d'un accident d'enroulement au point de rendre une zone enregistrée complètement inutilisable à cause de la variation de hauteur du son qui en résulte. Cet inconvénient est moins important pour les appareils autonomes et d'amateurs dont les forces en jeu sont plus faibles que sur les magnétophones de studios. Les trois matières susmentionnées sont les seules utilisées pour la fabrication des bandes; le chlorure de polyvinyle a des propriétés assez semblables au triacétate à la température de 20°, mais il tend à devenir mou aux hautes et raide aux basses températures; il est encore utilisé par quelques maisons européennes parce que les bandes en chlorure de polyvinyle ont la réputation de s'enrouler très régulièrement même aux grandes vitesses. Le triacétate utilisé également pour les films de cinéma est le plus répandu.

b) Die mechanischen Eigenschaften wurden mit einer Zerreissmaschine gemessen, welche die Dehnungskurve eines Bandmusters in Funktion seiner angelegten Zugkraft aufzeichnet. In Figur 1 sind die Diagramme von drei Bändern mit einer Dicke von 50 μ wiedergegeben. Ihre Träger bestehen aus Polyvinylchlorid, Cellulose Triacetat und Polyester (Mylar). Die drei Kurven nehmen zuerst einen geradlinigen Verlauf, welcher der elastischen Dehnung entspricht. Nach der Elastizitätsgrenze befinden sich die Kurven im Gebiet der Fliesszone und werden durch den Bruch begrenzt. Wenn die Elastizitätsgrenze für diese drei Bänder praktisch ähnlich ist, so ist sie es nicht für die Fliesszone, die für Polyester 150% erreicht. Dieser grosse Nachteil kann teilweise durch Vorstrecken des Trägermaterials während der Fabrikation verringert werden. Trotzdem hat Polyester die unangenehme Eigenschaft, sich bei einer Störung beim Umwickeln sehr stark zu dehnen, so dass durch diese Veränderung eine Änderung der aufgenommenen Tonhöhe eintritt und ein Stück Band komplett unbrauchbar wird. Diese Unannehmlichkeit ist bei autonomen und Amateurgeräten weniger zu berücksichtigen, da deren Zugkraft wesentlich kleiner ist als bei Studiogeräten.

Für die Fabrikation von Tonbändern werden heute nur noch die drei vorerwähnten Materialien verwendet. Das Polyvinylchlorid weist bei einer Temperatur von 20°C ganz ähnliche Eigenschaften auf wie das Triacetat; aber es neigt dazu, bei hohen Temperaturen weich und bei tiefen Temperaturen steif zu werden. Dieses Material wird noch von einigen europäischen Firmen verwendet, weil es dafür bekannt ist, dass es sich auch bei hohen Geschwindigkeiten sauber und regelmässig wickeln lässt. Das Triacetat ist am meisten verbreitet und wird auch für Kinofilme verwendet.

Das Polyester (in den USA Mylar genannt) hat den Vorteil, gegenüber den andern Bändern sehr widerstandsfähig zu sein, so dass es fast ausschliesslich für die Fabrikation von dünnen und extradünnen Bändern in Frage kommt. Es hat weiter den Vorteil, keine Feuchtigkeit aufzunehmen und wärmebeständig zu sein, was für abnormale klimatische Verhältnisse günstig ist. Die mechanische Stabilität ist sehr wichtig für die Herstellung von Geschwindigkeitsmessbändern. Wir haben Vergleiche ausgeführt mit Triacetat und gefunden, dass die Dehnung eines aufgewickelten Bandes bei 35°C und 90% Feuchtigkeit 5‰ beträgt, während sie für Polyester nur 0,7‰ ausmacht. Diese Qualitäten werden für den vorerwähnten Verwendungszweck sehr geschätzt. Im professionellen Gebrauch zieht man aber Bänder vor, die bei Störungen schon nach kurzer Dehnung rasch zerreißen und sich durch eine einfache Klebstelle reparieren lassen.

c) Obschon der Zustand der Oberfläche der magnetischen Schicht für die Abnutzung der Tonköpfe massgebend ist, ist es doch unumgänglich, mindestens einen Vergleich des Reibeffektes anzustellen.

Le polyester (mylar aux USA) a l'avantage sur les autres bandes d'être si résistant qu'il entre pratiquement seul en considération pour la fabrication de bandes de longue durée minces et extra-minces. Il a encore l'avantage de ne pas être hygroscopique et de supporter la chaleur, ce qui convient particulièrement dans des conditions climatiques anormales. La stabilité mécanique étant très importante pour l'enregistrement de bandes étalon de la vitesse de défilement, nous avons effectué des comparaisons avec le triacétate et trouvé que l'allongement d'une bande enroulée, en triacétate, à 35°C et 90 % d'humidité, est de 50/100 alors qu'il est de 0,70/100 pour le polyester. Ces qualités sont très appréciables pour les buts susmentionnés, mais les usagers professionnels préfèrent une bande qui, lors d'accidents, se casse après un faible allongement, ce qui peut se réparer facilement par un collage, à une bande presque incassable que l'allongement accidentel rend irrémédiablement hors d'usage.

c) *L'état de surface* de la couche magnétique étant déterminant pour l'usure des têtes magnétiques, il est indispensable de faire au moins une comparaison de l'effet abrasif. A cet effet, nous utilisons des échantillons de bande de 1000 m qui défilent trois fois avec une pression et une vitesse données sur le tranchant d'une tôle de la même matière que celle dont sont constituées les têtes. L'usure est mesurée au microscope ou par pesée de la tôle; il y a quelques années, une des bandes de provenance européenne avait un pouvoir abrasif quatre fois supérieur à celui de la meilleure bande américaine, mais aujourd'hui, les effets abrasifs sont assez semblables et il y a plutôt lieu de se méfier de ceux que l'on a réduit à l'extrême en déposant une couche lubrifiante qui peut encrasser les têtes.

La conservation des bandes en polyester ne présente pratiquement aucune difficulté; par contre, les autres bandes doivent être conservées dans une atmosphère ayant une humidité d'environ 60 %, afin de maintenir la souplesse du support. Les variations de température et surtout l'humidité provoquent des déformations mécaniques dont résulte un mauvais enroulement aux grandes vitesses. Lorsqu'une bande entreposée dans une atmosphère très sèche est placée quelques heures dans un local plus humide avant d'être jouée, l'humidification ne se produit que sur les bords et peut-être que sur l'un d'eux suivant la position de la bobine, d'où résulte une déformation qui se traduit par un mauvais enroulement à vitesse rapide. Le cas le plus typique que nous avons observé jusqu'ici est celui de notre horloge parlante; les bandes magnétiques qui servent aux annonces de l'heure sont en triacétate; elles ont une longueur de 3500 mm, une largeur de 16 mm et une épaisseur de 0,1 mm. L'enroulement s'effectue sans flasques, mais avec un galet tangentiel de guidage muni de flasques. Les bobines ont leur axe horizontal; leur diamètre maximum est d'environ 60 cm. En maintenant seulement la température constante, l'enroulement était si irrégulier que l'on devait parfois redouter l'écroulement des bobines; depuis le main-

Zu diesem Zweck wurde je ein Bandmuster von 1000 m verwendet, das wir dreimal mit gleichem Druck und gleicher Geschwindigkeit über die Seitenfläche eines Bleches von gleichem Material wie die Magnetköpfe gleiten liessen. Die Abnutzung wurde unter einem Mikroskop oder durch Wägen des Bleches festgestellt. Noch vor einigen Jahren verursachte ein in Europa hergestelltes Band eine Abnutzung, die viermal grösser war als jene des besten amerikanischen Bandes; aber heute ist die Reibwirkung aller Bänder sehr ähnlich und durch die aufgetragene schmierende Schicht stark reduziert, doch befürchtet man dadurch eine Verschmutzung der Tonköpfe.

Das Aufbewahren der Polyester-Bänder bietet praktisch keine Schwierigkeiten; hingegen benötigen die andern eine Umgebungsfeuchtigkeit von etwa 60 %, um die Geschmeidigkeit des Trägers beizubehalten. Ständige Temperatur- und vor allem Feuchtigkeitswechsel verursachen mechanische Deformationen, die ein schlechtes Wickeln bei grossen Geschwindigkeiten hervorrufen. Wird ein Band aus einem trockenen Raum vor dem Abspielen einige Stunden in einem feuchten Lokal aufbewahrt, so wird die Feuchtigkeit, je nach seiner Lage, nur an den äusseren Rändern aufgenommen, allenfalls sogar nur einseitig, woraus sich eine Deformation ergibt, die sich bei raschem Umspulen schlecht auswirkt. Den bisher typischsten Fall, welchen wir beobachten konnten, war jener unserer sprechenden Uhr. Die magnetischen Bänder, die zur Zeitansage dienen, sind aus Triacetat; sie haben eine Länge von 3500 m, eine Breite von 16 mm und eine Dicke von 0,1 mm. Aufgewickelt wird ohne Flanschen, aber mit einer kleinen tangentialen Führungsrolle. Die Spulen haben einen Durchmesser von etwa 60 cm und ihre Achse ist horizontal. Solange nur die Temperatur konstant gehalten wurde, liess sich das Band so schlecht wickeln, dass man zeitweise ein Auseinanderfallen der Spulen befürchten musste; seitdem auch die Feuchtigkeit auf 60 % reguliert wird, lässt sich das Band sehr regelmässig wickeln.

II. Magnetische Eigenschaften

a) *Empfindlichkeit*

Die Grundcharakteristik eines Bandes ergibt sich durch den aufgenommenen Fluss in Funktion der Hochfrequenzvormagnetisierung. *Figur 2* zeigt die Ausgangsspannung eines Magnetophons in dB in Funktion des Vormagnetisierungsstromes und *Figur 3* die kubische Verzerrung, ebenfalls in Funktion der Vormagnetisierung. Aus diesen Kurven wird der Vormagnetisierungsstrom gewählt. Wenn letzterer schwach ist, zum Beispiel 6 dB, so ist der maximale Fluss bei mehreren Bändern fast erreicht und die Verzerrung weist ein Minimum auf. Dieser Arbeitspunkt ist jedoch ungünstig, weil jede Abweichung der Vormagnetisierung eine starke Erhöhung der Verzerrung mit sich bringt. Man wählt daher einen Vormagnetisierungsstrom, der eine gleichbleibende Verzerrung gewährleistet (12 dB bei *Fig. 3*). Um in der Praxis ein

tien d'une humidité constante de 60 %, l'enroulement est d'une parfaite régularité.

II. Propriétés magnétiques

a) Sensibilité

La caractéristique de base d'une bande est l'efficacité, c'est-à-dire le flux enregistré en fonction de la polarisation haute fréquence. La *figure 2* représente la tension de sortie en dB d'un magnétophone en fonction du courant de polarisation, et la *figure 3* la distorsion cubique également en fonction de la polarisation. Ces courbes servent au choix du courant de prémagnétisation. Si ce dernier est faible, par exemple 6 dB, l'efficacité maximum est presque atteinte pour plusieurs bandes et la distorsion accuse un minimum; ce point de travail est cependant défavorable parce qu'une faible variation de la polarisation entraîne une forte augmentation de la distorsion. La polarisation est choisie généralement de façon à obtenir une distorsion stable (12 dB à la fig. 3); en pratique, pour éviter de tracer complètement les courbes, on cherche l'efficacité maximum, puis on augmente la polarisation jusqu'à ce que la tension de sortie baisse de 2 dB. Les figures 2 et 3 montrent que le courant de 12 dB convient pour toutes les bandes, sauf une, de provenance européenne; cette dernière a cependant une si faible distorsion que l'on peut déroger à la règle ci-dessus et admettre qu'il y a une polarisation qui convient à l'ensemble des bandes examinées. La polarisation exerce aussi une influence sur la caractéristique de fréquence; lorsqu'elle croît, la sensibilité

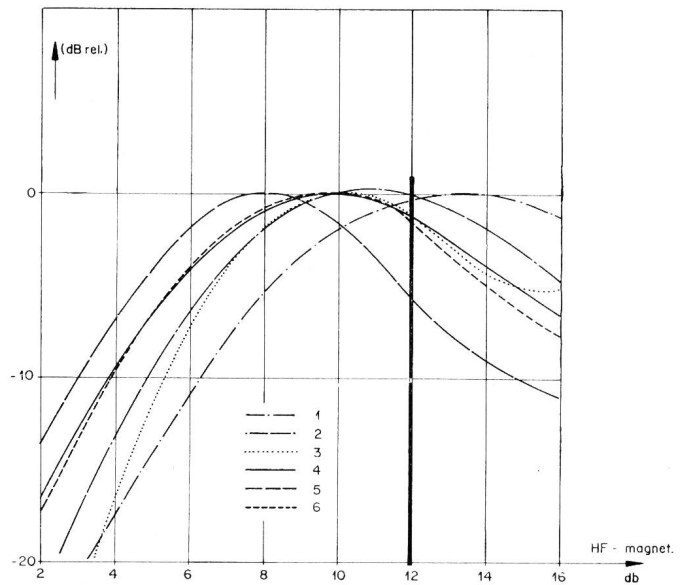


Fig. 2. Courbes d'efficacité de six bandes magnétiques à 400 Hz et une vitesse de 38,1 cm/s. La tension de sortie du magnétophone en ordonnée et le courant haute fréquence de polarisation en abscisse sont en dB relatifs.

Empfindlichkeitskurven von 6 Tonbändern bei 400 Hz und einer Geschwindigkeit von 38,1 cm/s. Die Ausgangsspannung des Magnetophons in der Ordinate und der Hochfrequenz-Vormagnetisierungsstrom in der Abszisse sind in relativen dB ausgedrückt.

jeweiliges Aufzeichnen der Kurven zu umgehen, sucht man die maximale Empfindlichkeit und erhöht dann den Vormagnetisierungsstrom, bis die Ausgangsspannung um 2 dB sinkt. Die Figuren 2 und 3 zeigen, dass der Strom von 12 dB für alle Bänder passt, ausser bei einem Band europäischer Herkunft. Dieses hat jedoch eine so schwache Verzerrung, dass es die vorerwähnte Regel nicht beeinträchtigt, und so kann die gewählte Vormagnetisierung für alle geprüften Bänder angewendet werden. Die Vormagnetisierung beeinflusst auch den Frequenzgang; wenn sie ansteigt, nimmt die Empfindlichkeit der aufgenommenen kleinen Wellenlängen ab; aber die Wahl der Vormagnetisierung ist nach den vorstehenden Bedingungen festgelegt, und man vergewissert sich nachher, ob die Frequenzgänge in den zugelassenen Grenzen bleiben.

b) Frequenzgänge

Die amerikanischen Fabrikanten brachten als erste Bänder mit hoher Koerzitivkraft auf den Markt, mit denen sehr kurze Wellenlängen (Frequenzen über 10 kHz) bei einer Geschwindigkeit von 19 cm/s aufgenommen werden konnten. Diesen Fortschritt machte man sich in Europa leider erst mehrere Jahre später nutzbar, so dass es noch nicht so lange her ist, dass einige Länder die erste Geschwindigkeit von 76,2 cm/s endgültig aufgegeben haben. Gegenwärtig halten sich die Frequenzgänge der Bänder sogar mit 19 cm/s in den empfohlenen Toleranzen des CEI.

Figur 4 zeigt den Streubereich der erhaltenen Kurven für die sechs Versuchsbänder mit der relativen Vormagnetisierung von 12 dB. Da die meisten Magnetophone eine Einstellmöglichkeit der Höhenent-

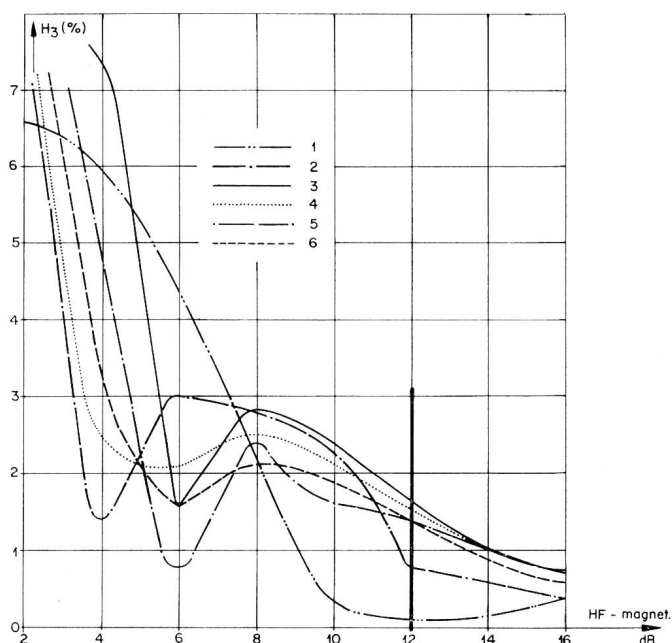


Fig. 3. Distorsion cubique en % à 400 Hz et une vitesse de 38,1 cm/s en fonction du courant haute fréquence de polarisation en dB.

Kubische Verzerrung in % bei 400 Hz in Funktion des HF-Vormagnetisierungsstromes in dB bei einer Geschwindigkeit von 38,1 cm/s.

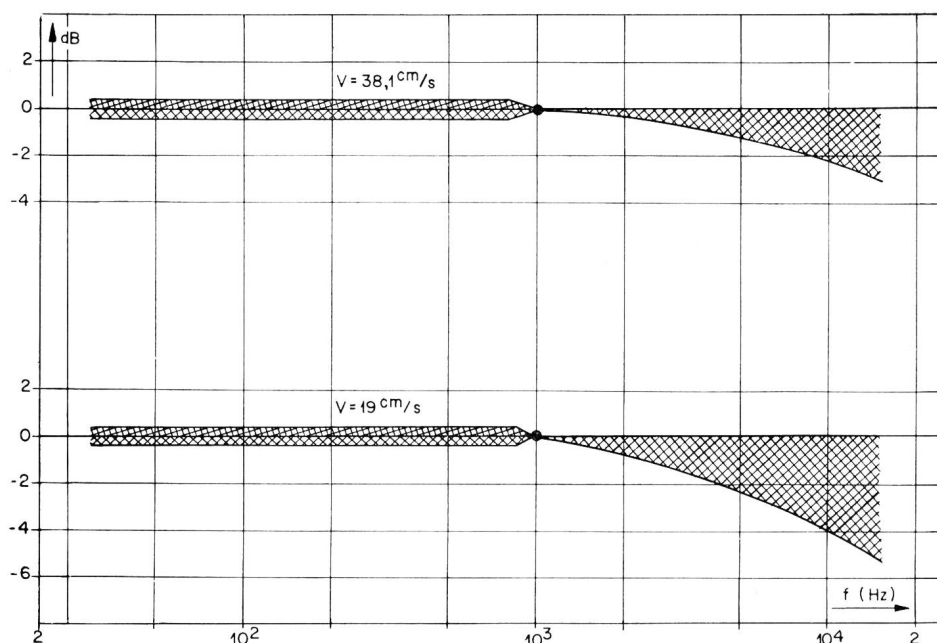


Fig. 4.
Enveloppe des courbes de réponse obtenues avec les six bandes examinées, aux vitesses de 38,1 et 19 cm/s. Streuungsbereich für die Frequenzgänge der 6 geprüften Bänder bei Geschwindigkeiten von 38,1 und 19 cm/s

aux petites longueurs d'onde enregistrées diminue, mais le choix de la polarisation n'est fixé que par les conditions ci-dessus, et l'on s'assure ensuite que les courbes de réponse sont dans les tolérances admises.

b) Courbes de réponse

Les fabricants américains ont été les premiers à mettre sur le marché des bandes à haute coercivité, avec lesquelles il est possible d'enregistrer de très courtes longueurs d'onde, correspondant à des fréquences supérieures à 10 kHz à la vitesse de 19 cm/s. Ce progrès n'a été malheureusement suivi que plusieurs années après en Europe, de sorte qu'il n'y a pas très longtemps que certains pays ont abandonné définitivement la vitesse primaire de 76,2 cm/s; actuellement, les caractéristiques de fréquence des bandes, même à 19 cm/s, ont une dispersion qui entre dans les tolérances recommandées par la CEI.

La figure 4 représente l'enveloppe des courbes obtenues avec les six bandes mesurées avec la polarisation de 12 dB relatifs; la plupart des magnétophones ayant des correcteurs d'aiguës réglables, il est aisé de rendre la courbe de réponse plate à $\pm 1,5$ dB pour un type de bande. La tension requise à l'entrée pour obtenir un niveau de sortie déterminé accuse également une dispersion; nous avons mesuré 3 dB d'écart maximum entre les six bandes à 1000 Hz. Cet écart peut être corrigé sur tous les magnétophones, mais comme nous l'avons dit plus haut, il est impossible pour les exploitants d'apporter sans cesse des modifications de réglage de sorte que l'on ne peut atteindre de très hautes performances de transmission qu'en utilisant toujours le même type de bande. Cette remarque n'implique pas la nécessité d'utiliser le même type de bande dans tous les studios parce que le dispositif de lecture de tous les magnétophones européens est normalisé; il incombe donc à chaque usager de régler le correcteur d'enregistrement selon le type de bande qu'il a choisi.

zerrung aufweisen, ist es sehr einfach, den Frequenzgang für jeden Bandtyp flach auf $\pm 1,5$ dB zu korrigieren. Die notwendige Spannung am Eingang, für einen bestimmten Ausgangspegel umfasst ebenfalls eine gewisse Streuung; wir stellten nur einen maximalen Unterschied von 3 dB bei 1000 Hz zwischen diesen 6 Bändern fest. Dieser Unterschied kann auf jedem Magnetophon korrigiert werden, aber wie bereits erwähnt wurde, ist es im Betrieb unmöglich, ständige Änderungen der Einstellungen vorzunehmen. Um hohe Übertragungseigenschaften zu gewährleisten, ist es daher empfehlenswert, immer das gleiche Bandfabrikat zu verwenden. Das heisst jedoch nicht, dass alle Studios das gleiche Fabrikat verwenden müssen. Da die Wiedergabecharakteristik aller europäischen Magnetophone normalisiert ist, hat jeder Benützer die Möglichkeit, die Aufnahmeentzerrer seinem gewählten Bandtyp anzupassen.

c) Verzerrung

Die hauptsächliche Verzerrung eines Bandes rührt von der dritten Harmonischen her; deswegen ist in Figur 5 nur die kubische Verzerrung in Funktion des Ausgangspegels dargestellt. Für unsern Bezugspegel von 15 dB, der auch auf unsern Messbändern aufgenommen ist, beträgt die Verzerrung im Maximum 2%.

d) Geräuschspannung und Löschung

Wird ein Band unter guten Bedingungen durch ein verzerrungsfreies Hochfrequenzfeld gelöscht, so befindet es sich in einem neutralen magnetischen Zustand, der praktisch jedes Grundgeräusch ausschliesst. In der Praxis gibt es jedoch immer ein rückständiges Gleichstromfeld, auch wenn es noch so schwach ist, treten doch die magnetischen Unregelmässigkeiten eines Bandes hervor. Diese Unregelmässigkeiten erscheinen mit einem aufgenommenen Signal, so dass der Abstand der Grundgeräusche in moduliertem und unmoduliertem Zustand verschieden ist. Spektral-

c) Distorsion

La principale distorsion provoquée par la bande étant l'harmonique 3, on n'a représenté à la *figure 5* que la distorsion cubique en fonction du niveau de sortie; le niveau de référence que nous avons adopté, et qui est donné par nos bandes étalon, étant de 15 dB, la distorsion maximum est de 2%.

d) Bruit de fond et effacement

Lorsqu'une bande est effacée dans de bonnes conditions par un champ haute fréquence exempt de distorsion, la bande est dans un état magnétique neutre qui exclut pratiquement tout bruit de fond. En pratique, il y a toujours un champ continu résiduel qui, si faible soit-il, fait ressortir les irrégularités magnétiques d'une bande; ces irrégularités ressortent aussi lorsqu'un signal est enregistré, de sorte que les reculs de bruit de fond de bandes modulées et non modulées sont différents. Les analyses spectrales au moyen de filtres à bande passante étroite permettent de dissocier le bruit de modulation du signal enregistré, mais en pratique on applique un courant continu dans la tête d'enregistrement pour obtenir une valeur relative de bruit de modulation; celui-ci est rapporté ci-dessous en dB au niveau normal de sortie.

Bande n°	Recul de la tension parasite en dB	Recul de la tension de bruit mesurée avec le filtre psophométrique en dB
1	—45	—46
2	—47	—50
3	—48	—51
4	—45	—51
5	—47	—48
6	—40	—48

Ces résultats font ressortir que certaines bandes ont un bruit de modulation élevé aux très basses fréquences, mais qu'à travers le filtre psophométrique le bruit de fond audible est de —46 à —51 dB.

L'effacement ne présente aucune difficulté avec les bandes actuelles exemptes de cobalt.

L'effet d'écho et les moyens de le combattre

Lors de la lecture des bandes sur lesquelles sont enregistrés de courts signaux isolés, qui correspondent en pratique à des éclats de voix, on observe les effets d'écho et de pré-écho dus à l'impression magnétique d'une spire de bande à l'autre. Cette magnétisation par contact, qui se produit sur plusieurs spires, décroît assez rapidement avec la distance pour que l'on ne se préoccupe que des pré-échos et échos des spires contiguës.

La *figure 6* représente le résultat typique d'une mesure de l'effet d'écho à l'aide de l'hypsographe sur lequel sont transcrits, à travers un filtre, l'impulsion de base d'une durée inférieure à celle d'une révolution de la bobine débitrice et les effets d'écho engendrés après que la bande a reposé quelques heures. A l'aide de ce diagramme, on détermine le recul de l'effet d'écho

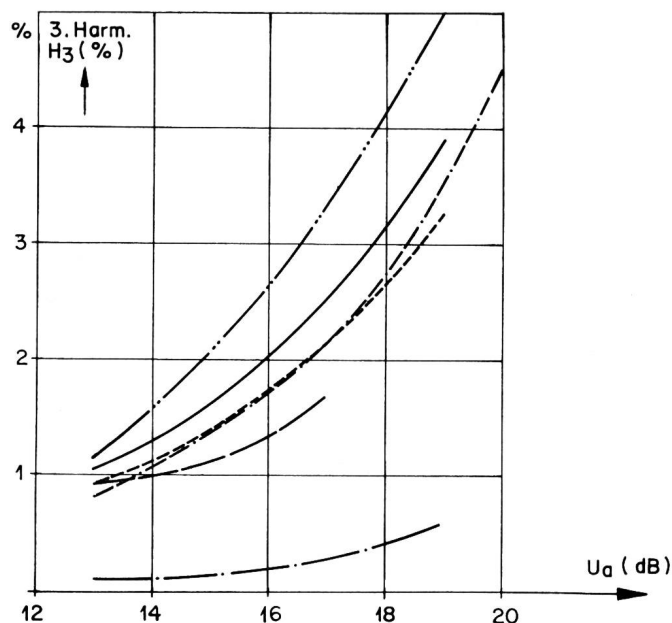


Fig. 5. Distorsion cubique en fonction du niveau relatif à la sortie d'un magnétophone. (Gain de l'amplificateur de lecture constant).

Kubische Verzerrung in Funktion des relativen Ausgangspegels eines Magnetophones (Verstärkung des Wiedergabeverstärkers konstant)

analysen mit Verwendung eines schmalen Bandpassfilters gestatten, das Geräusch vom aufgenommenen Signal zu trennen. In der Praxis erreicht man einen relativen Wert der Modulationsgeräusche durch Anlegen eines Gleichstromes an den Aufnahmekopf. Nachfolgende Tabelle erläutert diesen Wert in bezug auf den normalen Ausgangspegel in dB:

Band Nr.	Fremdspannungs- abstand in dB	Geräuschspannungsabstand, durch das Filter eines Psophometers gemessen in dB
1	—45	—46
2	—47	—50
3	—48	—51
4	—45	—51
5	—47	—48
6	—40	—48

Diesen Resultaten ist zu entnehmen, dass einige Bänder ein hohes Modulationsgeräusch mit tiefen Frequenzen aufweisen, während durch das psophometrische Filter das gut hörbare Grundgeräusch in den Grenzen von —46 bis —51 dB bleibt.

Die Löschung bietet bei den gegenwärtigen Bändern ohne Kobalt keine Schwierigkeiten.

Der Echoeffekt und dessen Bekämpfung

Bei der Wiedergabe von Bändern, auf denen kurze Signale mit Abständen aufgenommen sind, was in der Praxis lauten Rufen entspricht, bemerkt man Echo- und Vorechoeffekte, die durch die magnetische Beeinflussung von einer Windung zur andern hervorgerufen werden. Diese Magnetisierung überträgt sich auf mehrere Windungen und nimmt mit der Distanz sehr rasch ab, so dass man sich nur mit dem Vorecho und dem Echo der angrenzenden Windungen befassen kann.

Die *Figure 6* stellt das typische Resultat der Messung eines Echoeffektes mit Hilfe eines Pegelschnell-

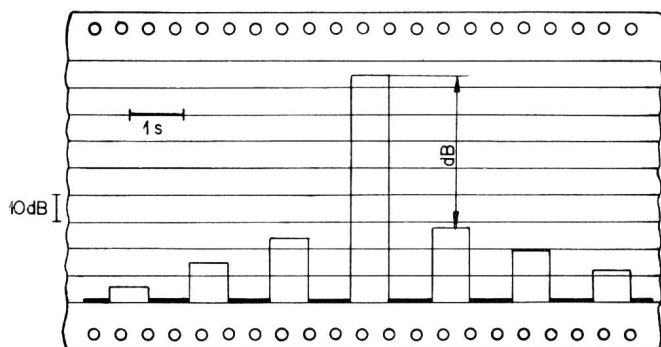


Fig. 6. Mesure du recul d'écho à l'aide de l'hypsographe. Au milieu, l'impulsion enregistrée; à gauche et à droite respectivement les échos et pré-échos.

Messung der Echodämpfung mit Hilfe eines Pegelschnellschreibers. In der Mitte der aufgenommene Impuls; links und rechts davon die Echos bzw. die Vorechos

en décibels rapporté au niveau du signal enregistré. Il faut remarquer que les effets d'écho et de pré-écho n'ont pas la même amplitude; cette différence s'explique par le fait que le flux magnétique longitudinal enregistré existe de chaque côté de la couche active et que le champ de dispersion atteint plus rapidement la surface extérieure de la couche active d'une spire que de l'autre (*figure 7*). Suivant que la bande est enroulée avec la couche magnétique dirigée contre le centre ou à l'extérieur de la bobine, ce sont respectivement le pré-écho et l'écho qui sont les plus forts. Il n'y a donc pas lieu de distinguer l'écho du pré-écho dans ce qui va suivre, mais de tenir compte uniquement de l'écho le plus prononcé, quel que soit le mode d'enroulement de la bande.

Les fabricants s'efforcent d'obtenir un effet d'écho aussi faible que possible et certains d'entre eux sont parvenus dernièrement à des améliorations très sensibles. Avant d'envisager des comparaisons entre les bandes examinées, nous allons étudier les divers paramètres de l'effet d'écho.

1. Influence de la fréquence enregistrée

Le courant dans la tête d'enregistrement d'un magnétophone étant pratiquement constant en fonction de la fréquence, le flux de la bande enregistrée l'est aussi et, par conséquent, la densité du champ de dispersion, d'une période enregistrée, est inversement proportionnelle à la longueur d'onde. L'effet d'écho, qui dépend directement de cette densité, croît donc avec la fréquence, mais ceci jusqu'à une certaine limite car, aux très petites longueurs d'onde, l'espace entre deux couches magnétiques est plus grand que la dispersion du champ des petits aimants que constitue chaque demi-période. Il existe donc une valeur optimum de la longueur d'onde où l'écho est maximum.

$$\text{La relation } D = \frac{\lambda}{\pi \cdot d} e^{\frac{2\pi \cdot dg}{\lambda}}$$

où D est l'atténuation relative, d l'épaisseur de la couche de la bande et dg l'épaisseur totale, permet de calculer le recul d'écho en fonction de la longueur

schreibers und eines Filters dar. Es zeigt den aufgenommenen Impuls, der von kürzerer Dauer ist, als eine Umdrehung der Abwickelspule, sowie den durch einige Stunden Lagerung erzeugten Echoeffekt. Auf Grund dieser Aufzeichnung wird der Abstand des Echoeffektes auf den Ausgangspegel des aufgenommenen Signales in Dezibel bezogen. Es ist zu bemerken, dass der Echo- und der Vorechoeffekt nicht die gleiche Amplitude aufweisen. Dieser Unterschied erklärt sich durch die Tatsache, dass sich der Fluss der Längsmagnetisierung auf beiden Seiten der aktiven Schicht auswirkt und dass das Streufeld die äussere Oberfläche der aktiven Schicht der Windung b rascher erreicht als diejenige der Windung c (siehe *Figur 7*). Je nachdem das Band mit der aktiven Schicht gegen das Zentrum oder gegen die Aussenseite gerichtet gewickelt ist, wird also das Vorecho, beziehungsweise das Echo, stärker sein. Im folgenden handelt es sich nun aber nicht darum, das Echo und das Vorecho auseinander zu halten, sondern einfach das stärkere Echo zu berücksichtigen, gleichgültig, wie das Band gewickelt ist.

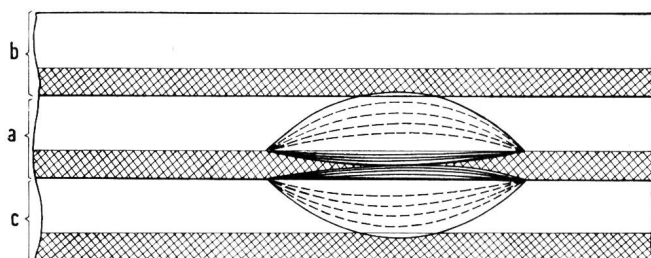


Fig. 7. Trois spires de bande A, B et C enroulées avec la couche magnétique dirigée vers le centre de la bobine. Le champ du signal enregistré sur la couche «a» atteint plus rapidement la surface active de «b» que de «c» (pré-écho plus fort que l'écho).

Drei Windungen eines gewickelten Bandes A, B und C mit der aktiven Schicht gegen den Spulenkern gerichtet. Das Streufeld des aufgenommenen Signals der Schicht «a» trifft die Oberfläche der Schicht «b» schneller als jene der Schicht «c» (das Vorecho ist hier stärker als das Echo)

Die Fabrikanten bemühen sich, einen so schwachen Echoeffekt als möglich zu erzielen. In neuerer Zeit ist es einigen gelungen, merkliche Verbesserungen zu erreichen. Bevor wir Vergleiche zwischen den geprüften Bändern ziehen, betrachten wir die verschiedenen Parameter des Echoeffektes.

1. Einfluss der aufgenommenen Frequenz

Der Strom im Aufnahmepkopf eines Magnetophones ist in Funktion der Frequenz praktisch konstant, ebenso der magnetische Fluss eines aufgenommenen Bandes. Daraus resultiert, dass die Streufeldstärke einer aufgenommenen Periode umgekehrt proportional zur Wellenlänge ist. Da der Echoeffekt direkt von dieser Feldstärke abhängig ist, wächst er mit der Frequenz, aber nur bis zu einer gewissen Grenze; denn für ganz kleine Wellenlängen ist der Abstand zwischen zwei Magnetschichten grösser als das Streufeld der kleinen Magnete, die jeder Halbperiode entsprechen. Es ergibt sich daher ein optimaler Wert

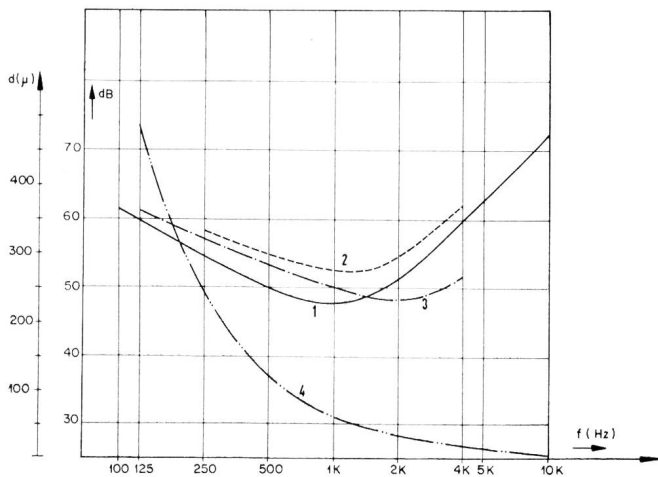


Fig. 8. Recul d'écho en fonction de la fréquence pour la vitesse de 38,1 cm/s.

1. Courbe calculée
2. Courbe mesurée avec une bande de 50 μ m d'épaisseur
3. Courbe mesurée avec une bande de 25 μ m d'épaisseur
4. Courbe calculée de la fréquence du minimum de recul d'écho en fonction de l'épaisseur de la bande d (μ) pour la vitesse de 38,1 cm/s

Echodämpfung in Funktion der Frequenz für eine Geschwindigkeit von 38,1 cm/s

1. Berechnete Kurve
2. Kurve eines 50 μ m dicken Bandes
3. Kurve eines 25 μ m dicken Bandes
4. Berechnete Kurve der Frequenz der minimalen Echodämpfung in Funktion der Dicke d (μ m) eines Bandes

der Wellenlänge, bei dem das Echo ein Maximum erreicht.

$$\text{Die Beziehung } D = \frac{\lambda}{\pi \cdot d} e^{\frac{2 \pi \cdot dg}{\lambda}}$$

wobei D die relative Dämpfung, d die Dicke der aktiven Schicht des Bandes und dg die gesamte Dicke bedeutet, erlaubt die Berechnung des Abstandes des Echos in Funktion der aufgenommenen Wellenlänge. Das Minimum dieser Funktion erreicht man mit

$$\lambda = 2 \pi \cdot dg$$

Aus Figur 8 ist ersichtlich:

Kurve 1: Die berechnete Echodämpfung in Funktion der Frequenz bei einer Bandgeschwindigkeit von 38,1 cm/s und einer Banddicke von 50 μ .

Kurve 2: Das Resultat eines Scotchbandes 111 von 50 μ .

Kurve 3: Das Resultat eines Scotchbandes 200 von 25 μ .

Kurve 4: zeigt die minimale Echodämpfung in Funktion der Dicke und der Frequenz eines Bandes bei einer Geschwindigkeit von 38,1 cm/s.

Dieser Darstellung ist zu entnehmen, dass die minimale Echodämpfung eines extradünnen Bandes ungefähr eine Oktave über jener eines Bandes normaler Dicke liegt. Sie ist also im umgekehrten Verhältnis zur Dicke des Bandes und zeigt, dass die Echodämpfung des dünnen Bandes kleiner ist. Nach der berechneten Kurve 4 liegt das Minimum der Echodämpfung eines 50 μ dicken Bandes bei 1200 Hz, was dem Resultat der Kurve 2 entspricht. Aus diesen Punkten können folgende Schlüsse gezogen werden:

- a) Die Frequenz der minimalen Echodämpfung ist proportional zur Bandgeschwindigkeit. Die Reduktion der Bandgeschwindigkeit von 76,2 auf 38,1 und sogar auf 19 cm/s hat somit das Minimum von 2400 auf 1200 bzw. auf 600 Hz gebracht, d. h. in ein Frequenzgebiet, das immer weiter vom Maximum der Gehörempfindlichkeit entfernt liegt.
- b) Die Verminderung der Dicke der Bänder steht im Gegensatz zu obiger Feststellung, so dass sich extradünne Bänder, im Handel Langspielbänder genannt, aus diesem Grunde sehr schlecht eignen.

2. Einfluss der Kopierdauer und der Temperatur

Der Echoeffekt verstärkt sich sehr rasch in Funktion der Zeit zu Beginn der Lagerung einer Spule und wächst nachher nur noch sehr langsam. Es gibt heute noch keine genaue Erklärung über den Einfluss der Zeitdauer. Man hat angenommen, dass sich die magnetischen Partikel in ihrem Bindemittel langsam ausrichten; aber die hier vorkommenden Kräfte sind zu klein, um diese Hypothese in Betracht zu ziehen. Es scheint, dass eher die Struktur der Partikel mitspielt, jedoch fehlt dazu eine entsprechende, genaue Erklärung. Auch die Temperatur hat einen beschleunigenden Einfluss auf den Kopiereffekt. Aus Figur 9 kann die Veränderung des Echoeffektes in Funktion der Zeit und

d'onde enregistrée. Le minimum de cette fonction est atteint lorsque

$$\lambda = 2 \pi \cdot dg$$

La figure 8 représente:

1. La courbe du recul d'écho calculée en fonction de la fréquence pour une vitesse de bande de 38,1 cm/s et une épaisseur de 50 μ .
2. La courbe mesurée avec une bande Scotch 111 de 50 μ .
3. La courbe mesurée avec une bande Scotch 200 de 25 μ .
4. La fréquence correspondant au minimum de recul d'écho en fonction de l'épaisseur de la bande pour la vitesse de 38,1 cm/s.

Elle montre que le minimum du recul d'écho de la bande ultra-mince est d'environ un octave en dessus de celui de la bande normale, soit bien dans le rapport inverse des épaisseurs de bande, et que le recul d'écho de la bande mince est plus faible. D'après la courbe calculée 4, on peut déduire que le minimum de recul d'écho pour une bande de 50 μ est à 1200 Hz, ce qui correspond au résultat pratique de la courbe 2.

Les conclusions que l'on peut tirer de ce qui précède sont les suivantes:

- a) La fréquence du minimum de recul d'écho est proportionnelle à la vitesse de la bande; la réduction de vitesse de 76,2 à 38,1, voire 19 cm/s a donc déplacé ce minimum de 2400 à 1200, voire 600 Hz, c'est-à-dire dans une zone de fréquences toujours plus éloignées du maximum de sensibilité de l'oreille.

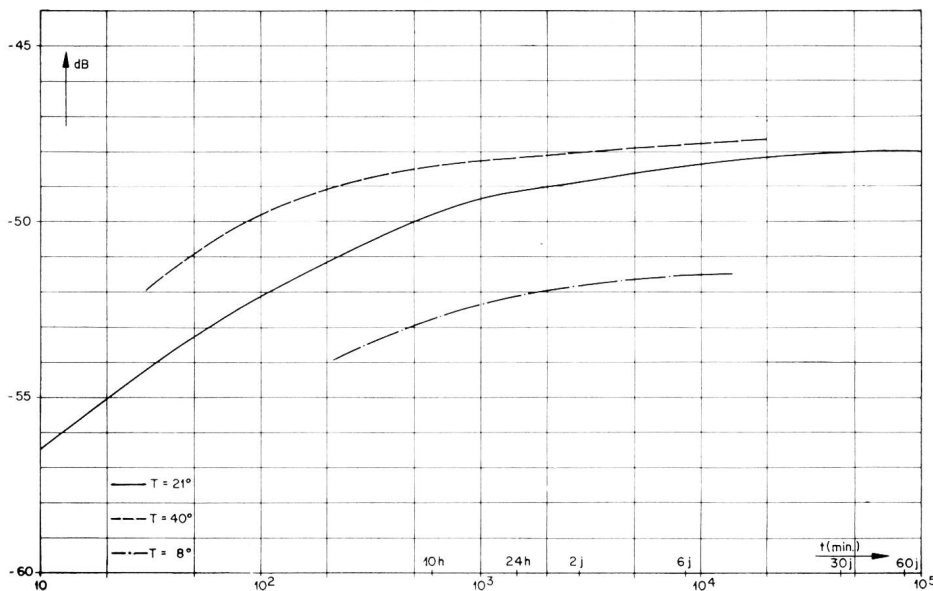


Fig. 9.

Variation du recul d'écho en fonction du temps en minutes et de la température. (h et j sont des repères du temps en heures et jours.)

Veränderung der Echodämpfung in Funktion der Zeit in Minuten und der Temperatur (h und j bedeuten Stunden und Tage)

b) La réduction de l'épaisseur des bandes est en opposition de ce qui précède, de sorte que les bandes extra-minces, dites de longue durée, sont particulièrement défavorables.

2. Influence de la durée de copie et de la température

L'effet d'écho augmente rapidement en fonction du temps au début du contact entre spires et n'augmente ensuite que très lentement. Il n'existe jusqu'ici pas d'explication exacte de l'influence du temps; on a supposé que les particules magnétiques pouvaient s'orienter lentement dans leur liant, mais les forces en jeu sont si faibles que cette hypothèse doit être écartée; il semble que c'est plutôt la structure même des particules qui soit en jeu et on n'a pas pu donner d'explication exacte jusqu'ici. Il est connu en outre que la température a aussi une influence qui joue essentiellement le rôle d'accélérateur de l'effet d'écho. La figure 9 représente la variation du recul d'écho en fonction du temps et de la température, que nous avons obtenue avec la bande n° 4; pour des raisons pratiques, il n'a pas été possible de poursuivre les essais plus de 15 jours aux températures extrêmes, mais nous en déduisons qu'il y a un gain sensible du recul d'écho aux basses températures.

3. Influence du niveau du signal enregistré

Le recul d'écho, que nous avons mesuré à différents niveaux d'enregistrement, est resté constant de -12 à $+3$ dB, mais il a diminué de 4 dB pour une surmodulation de la bande de 5 dB.

4. Résultats obtenus avec des bandes de diverses marques

Le tableau contient les résultats de mesure du recul d'écho de diverses bandes en fonction du temps de copie. Il fait nettement ressortir l'avantage de toutes nouvelles bandes américaines nos 4 et 6 «low print», qui ont un recul d'écho 5 à 7 dB supérieur à la moyenne des autres bandes; il en ressort aussi que le faible recul d'écho d'une des bandes ordinaires varie peu en fonction du temps.

der Temperatur entnommen werden, welche wir mit dem Band Nr. 4 erhalten haben. Es war uns nicht möglich, die Versuche über eine Zeit von mehr als 15 Tagen vorzunehmen. Aus den erhaltenen Resultaten kann man jedoch schliessen, dass sich die Echodämpfung bei tiefen Temperaturen stark vergrößert.

3. Einfluss des aufgenommenen Signalpegels

Bei der Aufnahme verschiedener Pegel von -12 bis $+3$ dB blieb die Echodämpfung konstant, verminderte sich aber um 4 dB bei einer Übersteuerung des Bandes von 5 dB.

4. Resultate mit verschiedenen Bandfabrikaten

Die Tabelle enthält die Messresultate der Echodämpfung in Funktion der Kopierdauer verschiedener Bänder. Der Vorteil der neuesten amerikanischen Bänder Nr. 4 und Nr. 6 «Low Print» tritt eindeutig hervor, ist doch ihre Echodämpfung 5 bis 7 dB höher als das Mittel aller andern. Es ist auch ersichtlich, dass sich die schwache Echodämpfung eines der gewöhnlichen Bänder mit der Zeit nur wenig verändert.

Bande No	Epaisseur en μm Dicke	Recul d'écho en dB Echodämpfung in dB					
		24 h	48 h	8 jours Tage	1 mois Monat	2 mois Monate	4 mois Monate
1	57	-51	-47	-47	-46	-46	-45
2	50	-56	-55	-54	-53	-53	-52,5
3	50	-46	-46	-46	-45	-44	-44
4	50	-50	-49	-49	-48	-48	-48
4 «low print»	50	-59	-58,5	-57	-57	-56,5	-56
5	47	-54	-52	-52	-52	-51	-50,5
6	47	-52	-50	-50	-49	-49	-49
6 extra mince extra dünn	25	-50	-47	-47	-46	-45,5	-45
6 «low print»	46	-60	-58	-57	-56	-56	-55,5

Tableau récapitulatif du recul d'écho de six bandes de marques différentes en fonction du temps.

Echodämpfung in Funktion der Zeit für 6 Bänder verschiedener Fabrikate

5. Les moyens utilisés pour réduire l'effet d'écho

L'absence de polarisation haute fréquence rend l'enregistrement de l'écho instable, ce qui offre la possibilité de le réduire sans amortissement du signal utile.

- a) La première mesure à prendre, et aussi la plus simple, consiste à dérouler et réenrouler la bande quelques minutes avant la reproduction; l'écho est ainsi diminué d'environ 3 dB; il est probable que c'est en partie pour cette raison que les radio-diffusions américaines conservent leurs bandes non réenroulées.
- b) Les nouvelles bandes américaines «low print» ont un effet d'écho fortement atténué (8 dB); le prix environ 20% plus élevé de ces bandes se justifie pour des enregistrements de grande valeur.
- c) Au moyen d'un champ magnétique haute fréquence ou même continu, orienté dans le sens transversal de la bande, on peut réduire l'écho dans certaines limites que l'on ne peut pas dépasser au risque d'influencer l'enregistrement proprement dit. Cette méthode, expérimentée en Allemagne avec une tête spéciale, vient d'être répandue par une maison américaine, qui met en vente deux bâtonnets en laiton nickelé sur lesquels est collé un bout de bande magnétisée. L'un d'eux, de couleur rouge, à faible champ, n'a aucune influence sur le flux de la bande et atténue l'écho de 2 dB; l'autre, de couleur noire, atténue les très hautes fréquences, de 1,5 dB à 15 000 Hz, et l'écho de 7 dB. L'efficacité du bâtonnet noir présentant un intérêt tout particulier, nous nous sommes assurés que l'atténuation du flux de la bande qu'il provoque n'augmente pas avec le nombre des passages de la bande. Après dix passages de signaux enregistrés à des niveaux différents, on n'a pas constaté d'affaiblissement supérieur à 1,5 dB à 15 000 Hz. L'atténuation de l'écho est d'autant plus forte que l'enregistrement est récent. Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus:

Age de l'enregistrement	Atténuation de l'écho en dB	
	Bâtonnet noir	Bâtonnet rouge
1 heure	9	6
24 heures	8	5
1 semaine	7	2
5 semaines	7	2
4 mois	7	2

Cette méthode d'atténuation de l'écho nous paraît la meilleure et son application peut être vivement recommandée.

III. Conclusions

L'enregistrement sur bande magnétique a atteint une qualité remarquable grâce à l'évolution des caractéristiques des bandes; les seules améliorations qui puissent encore être souhaitées concernent la régularité d'enroulement aux grandes vitesses, les bruits de modulation, la similitude des propriétés

5. Angewandte Mittel, um die Echowirkung zu vermindern

Das Fehlen der Hochfrequenzvormagnetisierung bei der Kopie führt zu einer Unstabilität des Echos, was uns die Möglichkeit gibt, das Echo zu vermindern, ohne das Nutzsignal zu dämpfen.

- a) Der erste und auch einfachste Vorgang ist der, das Band einige Minuten vor der Wiedergabe rasch vor- und rückzuspulen; das Echo wird damit um ca. 3 dB gedämpft. Vermutlich ist dies zum Teil ein Grund, warum in amerikanischen Radiostudios die Tonbänder vorgewickelt gelagert werden.
- b) Die neuen amerikanischen Bänder «Low Print» haben einen sehr stark gedämpften Echoeffekt (7 dB). Der um ca. 20% höhere Preis dürfte sich für wertvolle Aufnahmen rechtfertigen.
- c) Mit einem Hochfrequenz- oder auch einem permanenten Magnetfeld in der Querrichtung zum Band kann das Echo bis auf gewisse Grenzen vermindert werden, aber nur in dem Masse, dass die Aufnahme nicht beeinflusst wird.

Diese Methode wurde in Deutschland mit einem Spezialkopf ausprobiert und von einer amerikanischen Firma in Form eines vernickelten Messingstäbchens, auf das ein Stück magnetisiertes Band geklebt ist, auf den Markt gebracht. Eines dieser Stäbchen mit rotbraunem Band und schwachem Magnetfeld beeinträchtigt den magnetischen Fluss des Tonbandes gar nicht und dämpft das Echo um 2 dB. Ein anderes mit schwarzem Band dämpft die hohen Frequenzen um 1,5 dB bei 15 000 Hz und das Echo um 7 dB. Die Wirkung des letzten Stäbchens interessiert uns ganz besonders, und wir haben uns überzeugt, dass die Dämpfung des magnetischen Flusses durch mehrmaliges Abspielen des Bandes von diesem Magneten nicht erhöht wird. Zehnmaliges Abspielen eines mit verschiedenen Pegeln modulierten Bandes ergab keine grössere Abschwächung als 1,5 dB bei 15 000 Hz. Die Dämpfung des Echos ist umso grösser, je jünger die Aufnahme ist. Folgende Tabelle fasst die erhaltenen Resultate zusammen:

Alter der Aufnahme	Dämpfung des Echos in dB	
	schwarzes Stäbchen	rotbraunes Stäbchen
1 Stunde	9	6
24 Stunden	8	5
1 Woche	7	2
5 Wochen	7	2
4 Monate	7	2

Dies scheint uns die beste Methode zu sein, um das Echo zu dämpfen, und ihre Anwendung kann empfohlen werden.

III. Schlussfolgerungen

Das Aufnahmeverfahren mit Magnettonbändern hat dank der fortschreitenden Entwicklung der Bandcharakteristiken eine bemerkenswerte Qualität erreicht. Die einzigen Verbesserungen, die noch zu wünschen wären, betreffen ein regelmässigeres Umwickeln bei grossen Geschwindigkeiten, die Modulationsgeräusche, eine grössere Ähnlichkeit der magne-

magnétiques entre marques de bandes et l'effet d'écho. Sur les six bandes de marques différentes que nous avons examinées, cinq ont des caractéristiques très semblables et la seule critique que l'on puisse formuler au sujet de la 6^e est l'effet d'écho trop prononcé. Ces bandes peuvent toutes être utilisées sur les magnétophones professionnels et d'amateurs. Il y a un compromis du réglage des magnétophones qui garantit de très bonnes caractéristiques de transmission avec les six bandes examinées, mais il faut tenir compte du fait que les studios doivent parfois effectuer des copies successives de bandes et qu'alors les fautes s'additionnant, la qualité peut baisser d'une manière audible. Il faut donc, si possible, éviter d'utiliser simultanément dans un même service, des bandes de marques différentes.

E. R. HAURI, Bern

Transistorverstärker mit Gegenkopplung (2. Teil *)

DK 621.375.432

B) Gegenkopplungsverstärker mit Transistoren

Schon im Teil A wurde weitgehend auf die Eigenschaften der Transistoren Bezug genommen, hauptsächlich indem die h -Parameter zur Beschreibung des Verhaltens von G. K.-Verstärkern benützt wurden, aber auch durch einige Schaltungsbeispiele. Im Teil B soll nun hauptsächlich die Schaltungstechnik der Transistorverstärker mit G. K. betrachtet werden.

1. Gegenkopplung über eine Stufe

Schon in Figur 10 wurde ein Beispiel für die typische Serie-Serie-G. K. und in Figur 13 für die typische Parallel-Parallel-G. K. bei Transistorstufen gegeben. Diese G. K.-Arten sind sehr einfach durch einen einzigen Widerstand auszuführen; ihre Eigenschaften wurden bereits früher eingehend besprochen.

Auch die Serie-Parallel- und die Parallel-Serie-G. K. können im Prinzip nach den in Kapitel 4 von Teil A angegebenen Schaltungen verwirklicht werden, indem man für den Vierpol einen Transistor (einschliesslich Widerstände zur Bestimmung des Arbeitspunkts) setzt. Die Schaltungen für G. K. über eine einzige Stufe nach den Figuren 14 und 15 werden aber praktisch nie gebraucht.

Eine *Serie-Parallel-G. K. mit Transformator* über eine Stufe, die in Treiber- und Endstufen oft verwendet wird, ist in Figur 23 dargestellt.

Der Ausgang ist über einen Transformator an den Kollektor angekoppelt (Übersetzung $\ddot{u}_1$), während im Emittterpfad eine G. K.-Wicklung liegt (Übersetzung $\ddot{u}_2$).

Die Spannungsbilanz ergibt:

$$\begin{cases} U_1' = U_1 - \ddot{u}_2 U_2' \\ U_2 = (\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2) U_2' \end{cases} \quad (114)$$

* Teil I erschienen in der Techn. Mitt. PTT Nr. 6, 1960, 185...200.

tischen Eigenschaften der verschiedenen Fabrikate und die des Echoeffektes. Von den sechs geprüften Bändern verschiedener Herkunft haben fünf sehr ähnliche Eigenschaften; der einzige kritische Punkt beim sechsten Band ist der zu starke Echoeffekt. Diese Bänder können alle sowohl auf Berufsmaschinen als auch auf Amateurgeräten verwendet werden. Für Tonbandgeräte im professionellen Gebrauch gibt es bei der Einstellung der HF-Vormagnetisierung einen Kompromiss, der für die sechs geprüften Bänder noch sehr gute Übertragungseigenschaften gewährleistet. In Radiostudios werden jedoch öfters mehrere sich folgende Kopien hergestellt, so dass kleine Fehler sich addieren und hörbar werden. Es ist daher, wenn irgendwie möglich, zu verhüten, dass in einem Dienstzweig gleichzeitig Bänder verschiedener Fabrikate verwendet werden.

Wenn ein idealer und verlustloser Trafo angenommen wird, ergibt sich folgende Leistungsbilanz:

$$\left. \begin{aligned} I_2' U_2' &= I_2 \ddot{u}_1 U_2' + (I_1 + I_2) \ddot{u}_2 U_2' \\ \text{also } I_2 &= \frac{I_2' - \ddot{u}_2 I_1}{(\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2)} \end{aligned} \right\} \quad (115)$$

Eliminiert man die ungestrichelten Grössen, so folgen die h' -Parameter für den Vierpol mit G. K. unter Einschluss des Transformators:

$$\left. \begin{aligned} h_{11}' &= h_{11} \\ h_{12}' &= h_{12} (\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2) - \ddot{u}_2 \cong -\ddot{u}_2 \\ h_{21}' &= h_{21} (\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2) + \ddot{u}_2 \cong h_{21} (\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2) \\ h_{22}' &= h_{22} (\ddot{u}_1 + \ddot{u}_2)^2 \end{aligned} \right\} \quad (116)$$

Diese G. K.-Schaltung nimmt eine Mittelstellung zwischen der Emitterschaltung und der Kollektorschaltung ein. Lässt man die G. K.-Wicklung weg ($\ddot{u}_2 = 0$), so hat man eine reine Emitterschaltung mit Transformator am Ausgang (mit $\ddot{u}_1 = \ddot{u}$ ist dann (116) mit (113) identisch). – Lässt man andererseits die Kollektorstückung weg ($\ddot{u}_1 = 0$), so hat man eine Kollektorschaltung mit Trafo am Ausgang; mit $\ddot{u}_2 = -1$ folgt aus (116):

$$\begin{aligned} h_{11}' &= h_{11} & h_{12}' &= 1 - h_{12} \\ h_{22}' &= h_{22} & h_{21}' &= -(1 + h_{21}) \end{aligned}$$

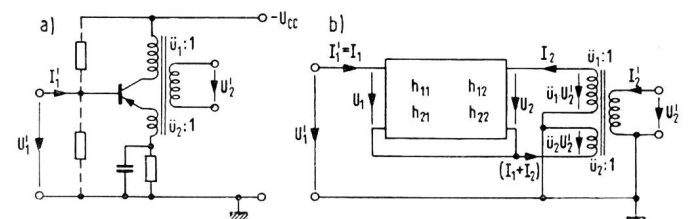


Fig. 23. Serie-Parallel-G. K. durch Trafowicklung in der Emitterschaltung. a) schaltungsmässig; b) vierpolmässig