

**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:** 30 (1952)

**Heft:** 5

**Artikel:** Les propriétés mécaniques de diverses bandes magnétiques et leur répercussion sur la qualité de l'enregistrement = Die mechanischen Eigenschaften verschiedener Magnettonbänder und ihre Einfluss auf die Aufnahmequalität

**Autor:** Werner, Paul-Henri

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-876109>

### **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:** 14.03.2025

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

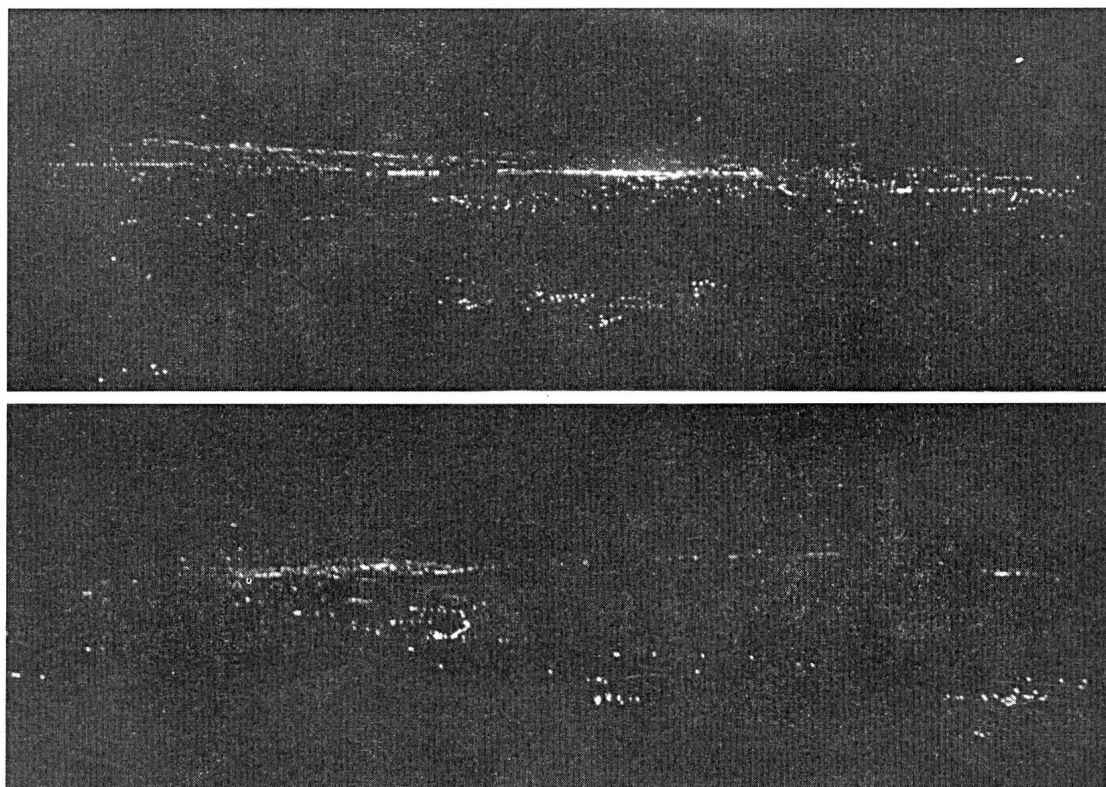


Fig. 8. Das Lichtermeer von Genf (oben) und Lausanne (unten) von der Dôle aus gesehen

### **Les propriétés mécaniques de diverses bandes magnétiques et leur répercussion sur la qualité de l'enregistrement**

Par *Paul-Henri Werner*, Berne

621.395.625.3

Les analyses spectrales du bruit de fond des enregistreurs à bandes magnétiques révèlent, lors de l'enregistrement d'un signal, une augmentation très sensible du niveau de bruit, à cause des irrégularités des propriétés magnétiques de l'oxyde de fer et des variations de l'épaisseur de la couche active des bandes. Une perturbation supplémentaire due aux bandes latérales d'une modulation contribue également à diminuer la netteté des sons<sup>1)</sup> (fig. 6 en haut).

A l'aide d'un discriminateur ou même d'un oscilloscope, on s'aperçoit qu'un signal enregistré est modulé en fréquence tout d'abord par des variations lentes de la vitesse de la bande pouvant aller jusqu'à 50 Hz environ. Lorsque la fréquence de modulation est très basse, l'impression subjective est un «pleurage» des sons tenus tandis qu'au-dessus d'environ 15 Hz on observe un roulement de ceux-ci. Une autre plage de fréquence de modulation est située entre 1000 et 3000 Hz environ suivant le type de machine et de bande. Pour cette plage de fréquence, l'impression subjective est un manque de netteté particulièrement prononcé pour un signal enregistré de fréquence

### **Die mechanischen Eigenschaften verschiedener Magnettonbänder und ihr Einfluss auf die Aufnahmequalität**

Von *Paul-Henri Werner*, Bern

621.395.625.3

Spektralanalysen des Grundgeräusches von Tonbandaufnahmegeräten zeigen bei der Aufnahme eines Signals eine erhebliche Zunahme des Grundgeräusches. Die Ursache davon sind Unregelmässigkeiten der magnetischen Eigenschaften des Eisenoxyds und Variationen der Dicke der aktiven Schicht. Durch eine mechanische Längsschwingung des Bandes wird das Signal ausserdem noch moduliert, und die dabei entstehenden Seitenbänder beeinträchtigen die Tonreinheit ebenfalls (Fig. 6 oben).

Mit Hilfe eines Diskriminators (oder sogar schon mit einem Oszilloskop) erkennt man, dass ein aufgenommenes Zeichen durch langsame Variationen der Geschwindigkeit des Bandes mit Frequenzen bis zu etwa 50 Hz moduliert wird. Bei einer tiefen Modulationsfrequenz empfindet man subjektiv ein Heulen des Dauertones, während bei einer etwas höheren Modulationsfrequenz (etwa 15 Hz) ein Rollen dieser Töne gehört werden kann. Ein anderer Bereich der Modulationsfrequenz befindet sich ungefähr zwischen 1000 und 3000 Hz, je nach dem Typ der Maschine und des Bandes. In diesem Frequenzbereich hat man den subjektiven Eindruck mangelnder Tonreinheit, besonders wenn das aufgenommene Signal

<sup>1)</sup> «Bulletin technique PTT», n° 10, 1950

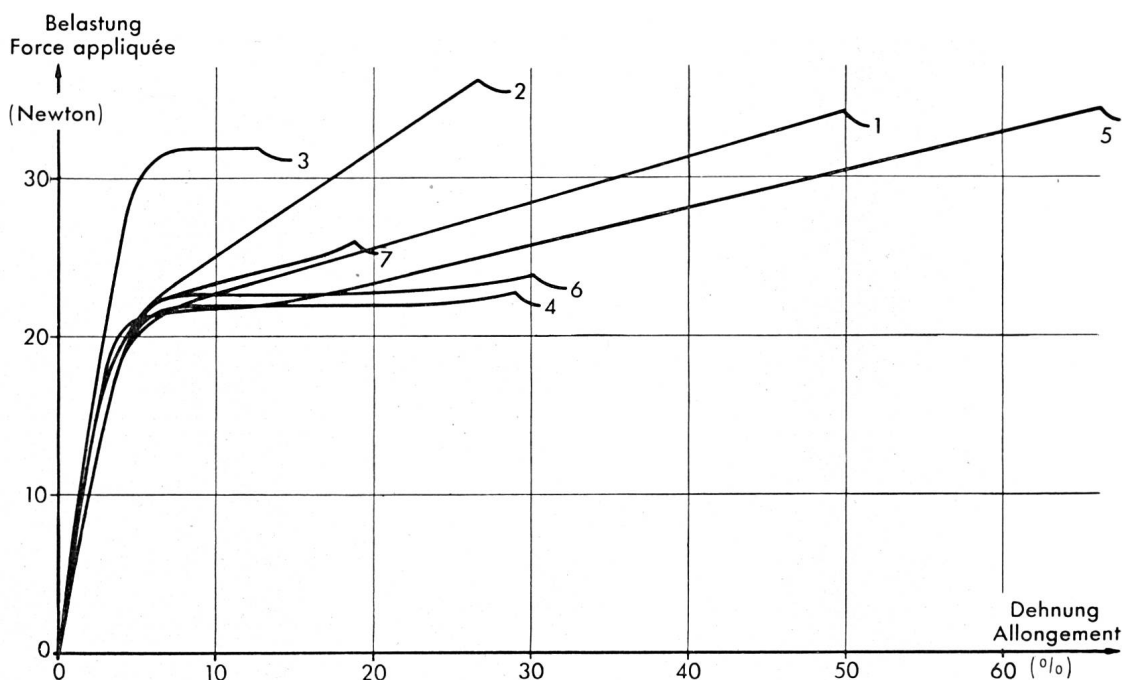


Fig. 1a.  
Diagrammes d'élasticité de 14 bandes magnétiques  
1 = BASF „LGH“  
2 = Genoton  
3 = Agfa „F“  
4 = Agfa „C“  
5 = LG  
6 = Pyral 512 E  
7 = Philips 10042/30

élevée. Cette modulation est provoquée par une oscillation de la bande dont la fréquence est une fonction de l'élasticité du matériau, de sa densité, de sa longueur et de sa sollicitation à la traction. Ce dernier paramètre n'ayant d'influence que sur l'oscillation transversale, en tant qu'on reste dans les limites d'élasticité, il est aisé, en faisant varier la tension de la bande, de discerner le genre d'oscillation qui provoque une perturbation. Les essais que nous avons faits et le recoupement de leurs résultats avec des mesures statiques des bandes prouvent qu'une oscillation longitudinale est la cause de cette modulation.

La figure 1 représente les diagrammes d'allongement de bandes de diverses provenances; ces mesures, complétées par celles des dimensions, permettent de calculer le module d'élasticité.

eine hohe Frequenz hat. Diese Modulation wird durch eine mechanische Schwingung des Bandes hervorgerufen, deren Frequenz durch seine Elastizität, seine spezifische Masse, seine Länge und seine Zugbeanspruchung bestimmt wird. Innerhalb der Elastizitätsgrenzen beeinflusst die Zugbeanspruchung nur die Querschwingung. Es ist daher leicht, die durch diese Schwingungsart verursachten Störungen zu unterscheiden, indem man die Bandspannung verändert.

Durchgeführte Versuche zeigen, dass es sich hier um eine reine Längsschwingung handelt, was ausserdem durch statische Messungen an den Bändern bestätigt wird.

Fig. 1 zeigt die Dehnungsdiagramme von Bändern verschiedener Herkunft: Aus diesen Messungen und den geometrischen Abmessungen ist es möglich, den Elastizitätsmodul der Bänder zu berechnen.

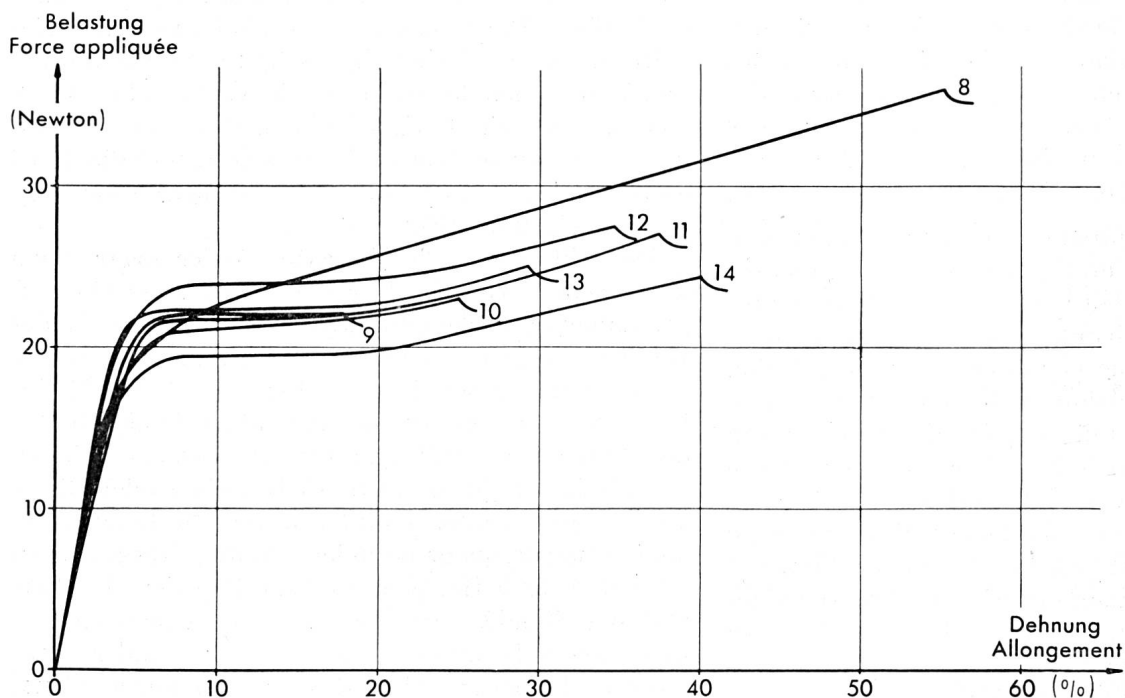


Fig. 1b.  
Elastizitätsdiagramm von 14 Magnettonbändern  
8 = Westinghouse  
9 = Audio  
10 = Sound Mirror  
11 = Sound Craft  
12 = Scotch III-A  
13 = Kodak V 62  
14 = Kodak V 64

$$E = \frac{l}{\Delta l} \cdot \frac{F}{A}$$

$E$  = module d'élasticité en  $\frac{N}{m^2}$   
 $l$  = longueur en m  
 $\Delta l$  = allongement en m  
 $F$  = force en Newton  
 $A$  = section en  $m^2$

$$E = \frac{l}{\Delta l} \cdot \frac{F}{A}$$

$E$  = Elastizitätsmodul in  $\frac{N}{m^2}$   
 $l$  = Länge in m  
 $\Delta l$  = Dehnung in m  
 $F$  = Kraft in N  
 $A$  = Querschnitt in  $m^2$

Tableau I

Tableau récapitulatif - Zusammenstellung

Tabelle I

Type	F	d	l	A	$\rho$	E	f
Agfa C . . . . .	13,7	47.10 <sup>-6</sup>	6,5.10 <sup>-3</sup>	0,30.10 <sup>-6</sup>	1,63.10 <sup>3</sup>	4,5 .10 <sup>9</sup>	830
Agfa F . . . . .	16,7	57.	6,3 .	0,36.	1,63.	4,6 .	840
Audio . . . . .	10,3	53.	6,3 .	0,33.	1,58.	3,15.	700
Genoton . . . . .	14,7	45.	6,5 .	0,29.	1,96.	5,0 .	860
Kodak V 64 C . . . . .	10,8	55.	6,25.	0,34.	1,45.	3,15.	735
LG. . . . .	12,7	47.	6,5 .	0,30.	1,80.	4,2 .	760
BASF . LGH . . . . .	11,8	50.	6,35.	0,32.	1,57.	3,6 .	760
Philips 10042/30 . . . . .	12,3	50.	6,35.	0,32.	1,63.	3,8 .	765
Pyrat 512 E . . . . .	10,3	55.	6,3 .	0,35.	1,52.	2,9 .	695
Scotch 111 A . . . . .	9,8	58.	6,2 .	0,36.	1,47.	2,75.	680
Soundcraft . . . . .	9,8	48.	6,2 .	0,30.	1,54.	3,2 .	720
Soundmirror . . . . .	9,3	50.	6,1 .	0,30.	1,54.	3,1 .	715
Westinghouse . . . . .	10,8	55.	6,35.	0,35.	1,66.	3,05.	675
Einheiten - Unités . . . . .	N	m	m	m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	N/m <sup>2</sup>	Hz

$F$  = Force de traction pour un allongement de 10%  
 $d$  = Epaisseur  
 $l$  = Largeur  
 $A$  = Section  
 $\rho$  = Densité  
 $E$  = Module d'élasticité des bandes  
 $f$  = Fréquence propre d'oscillation pour une longueur de 1 m

Es bedeuten:  $F$  = Zugkraft für eine Dehnung von 10%  
 $d$  = Dicke  
 $l$  = Breite  
 $A$  = Querschnitt  
 $\rho$  = Dichte  
 $E$  = Elastizitätsmodul des Bandes  
 $f$  = Resonanzfrequenz der Schwingung für eine Bandlänge von 1 m

Le tableau I contient un point particulier du diagramme d'allongement mesuré avec plus de précision que n'en donnent les graphiques. Il est intéressant de remarquer que le module d'élasticité varie relativement peu d'une bande à l'autre mais que l'allongement non élastique jusqu'à la rupture diffère considérablement. Ce dernier allongement est particulièrement néfaste dans l'exploitation d'un studio radiophonique, car, lorsqu'il se produit accidentellement sur une bande enregistrée, il est la cause de variations de hauteur du son irréparables. A ce point de vue, la caractéristique de la bande Agfa F est la plus favorable parce qu'une rupture toujours réparable est au moins visible; elle peut en outre attirer l'attention de l'opérateur sur les efforts exagérés qu'une machine exerce sur la bande.

Afin d'établir une corrélation entre le module d'élasticité et la fréquence d'oscillation, considérons un fragment de bande de longueur  $l$  fixé à ses extrémités, que l'on fait osciller longitudinalement. Si  $v$  est la vitesse de propagation en m/s et  $\rho$  la densité du matériau en kg/m<sup>3</sup>, le module d'élasticité est par définition

$$E = v^2 \cdot \rho \tag{1}$$

Pour une longueur d'onde  $\lambda$  et la fréquence  $f$  la vitesse de propagation est  $v = \lambda f$ ; si le ventre d'oscillation de la bande est au milieu de sa longueur on a  $l = \frac{\lambda}{2}$  d'où  $v = 2 l f$  soit, en substituant dans (1)

In der Tabelle I wurde für jedes Band ein Dehnungswert mit besonders grosser Präzision gemessen. Es ist interessant zu beobachten, dass der Elastizitätsmodul von einem Band zum andern verhältnismässig wenig variiert, dagegen aber weichen die nicht-elastischen Dehnungen bis zur Bruchstelle beträchtlich voneinander ab. Letztere ist besonders im Betrieb eines Rundspruchstudios sehr nachteilig, da sie bei zufälligem Auftreten auf einem aufgenommenen Band die Ursache von nicht mehr auszubessernden Tonhöheschwankungen bildet. In dieser Hinsicht erweist sich die Charakteristik des Agfa-F-Bandes als die günstigste, da es sozusagen ohne vorangehende Deformation bricht; damit erkennt der Operateur sofort jede übermässige Beanspruchung des Bandes.

Um zwischen dem Elastizitätsmodul und der Frequenz der Längsschwingung eine Beziehung herstellen zu können, betrachten wir ein an beiden Enden fixiertes Stück Band von der Länge  $l$ , das in seiner Längsschwingung erregt wird. Ist  $v$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in m/s und  $\rho$  die spezifische Materialdichte in  $\frac{kg}{m^3}$ , so wird der Elastizitätsmodul wie folgt ausgedrückt:

$$E = v^2 \cdot \rho \tag{1}$$

Für eine Wellenlänge  $\lambda$  und für die Frequenz  $f$  ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit  $v = \lambda \cdot f$ . Befindet sich der Schwingungsbauch des Bandes in der Mitte,

$$E = (2lf)^2 \cdot \varrho \quad (2)$$

ou

$$E = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\varrho}} \quad (3)$$

Le *tableau I* contient, dans la dernière colonne, la fréquence propre d'oscillation longitudinale d'un fragment de bande d'une longueur de 1 m. Cette fréquence est calculée à partir du module d'élasticité et on a réalisé une vérification expérimentale en transmettant les oscillations sinusoïdales du burin d'un graveur de disques à un lecteur, par l'intermédiaire d'une bande de longueur  $l$  (fig. 2). A la résonance, on observe une très forte accentuation de la tension du lecteur, de sorte que cette méthode peut servir inversement à mesurer  $f$  et à déterminer  $E$ . D'autres fréquences, pas forcément harmoniques de  $f$ , sont également accentuées par suite des réflexions dues à l'adaptation mal définie des extrémités de la bande. En appliquant un bruit thermique au graveur, on observe également à l'analyse de la tension du pick-up, une accentuation à la fréquence de résonance.

Cette expérience est réalisée avec une bande n'ayant pas d'autre contact qu'avec les générateurs et récepteurs d'oscillations; en touchant la bande au milieu de sa longueur avec une masse  $M$ , on provoque un amortissement considérable de la transmission des oscillations, mais on retrouve l'état normal à la

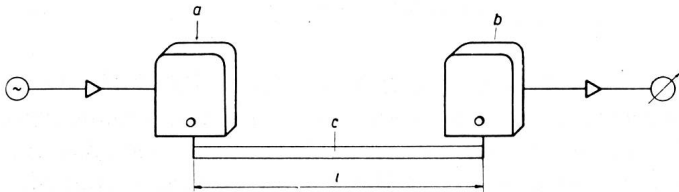


Fig. 2. Dispositif de mesure de la fréquence d'oscillation longitudinale

- a) graveur de disque
- b) pick-up
- c) bande magnétique

Vorrichtung zur Messung der Frequenz der Längsschwingung

- a) Plattenschneidese
- b) Tonabnehmer
- c) Magnetisches Band

fréquence de résonance dès que cette masse, toujours en contact avec la bande, a un petit mouvement de translation. L'expérience faite avec une roulette immobile puis animée d'une rotation même très lente prouve que l'adhérence diminue très fortement dès que prend naissance une vitesse relative entre la bande et la masse en contact. Dans un enregistreur représenté schématiquement par la fig. 3, la bande passe sur les têtes d'effacement, d'enregistrement et de lecture; souvent des guides fixes sont encore intercalés entre les têtes. Par analogie avec les expériences précédentes et considérant que la bande est animée d'une vitesse de translation, on observe que tous les points solidaires de la machine (têtes et guides) sont des contacts qui n'amortissent pas les oscillations longitudinales; ils sont au contraire les générateurs par frottement d'oscillations aperiodiques dont l'am-

so ist  $l = \frac{\lambda}{2}$ , woraus sich  $v = 2lf$  ergibt. Beim Einsetzen dieses Resultates in die Formel (1) erhalten wir:

$$E = (2lf)^2 \cdot \varrho \quad (2)$$

oder

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\varrho}} \quad (3)$$

Die *Tabelle I* enthält in der letzten Kolonne die Eigenfrequenz der Längsschwingung eines Bandstückes von 1 m Länge. Diese Eigenfrequenz wurde zuerst aus dem Elastizitätsmodul berechnet und dann noch experimentell ermittelt. Dabei wurde das Band zwischen den Stichel einer Schneidese und der Nadel eines Tonabnehmers eingespannt; die von der Schneidese erzeugte Schwingung wird durch das Band auf den Tonabnehmer übertragen (Fig. 2). Bei Resonanz bemerkt man einen starken Anstieg der Spannung des Tonabnehmers. Diese Tatsache gestattet andererseits wieder die Resonanzfrequenz  $f$  und den Elastizitätsmodul  $E$  des Bandes zu bestimmen. Andere, zu  $f$  nicht harmonische Frequenzen werden ebenfalls betont, da durch mechanische Fehlanpassung an den Enden des Bandes Reflexionen entstehen. Wenn die Schneidese durch eine Rauschspannung gespeist wird, stellt man bei der Analyse der Tonabnehmerspannung eine Zunahme bei der Resonanzfrequenz fest.

Bei diesen Versuchen wurde darauf geachtet, dass das Band an keiner Stelle einen Gegenstand berührte und absolut frei schwingen konnte. Wird nämlich das Band in der Mitte mit einer Masse  $M$  berührt, so wird die Schwingungsübertragung wesentlich ge-

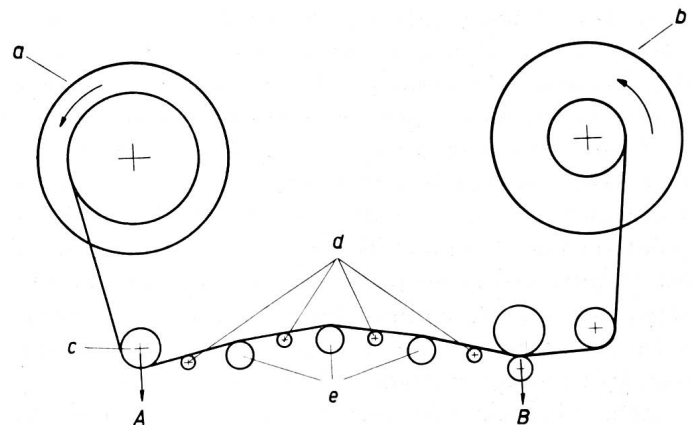


Fig. 3. Tracé schématique de la bande sur un enregistreur; la longueur de la bande comprise entre les points A et B détermine la fréquence de l'oscillation longitudinale

- a) bobine débitrice
- b) bobine réceptrice
- c) galet de guidage
- d) guides fixes avec flasques
- e) têtes d'effacement, d'enregistrement et de lecture

Schematischer Verlauf des Bandes auf einem Aufnahmeapparat; die Länge des Bandes zwischen den Punkten A und B bestimmt die Frequenz der Längsschwingungen

- a) Abwicklungsspule
- b) Aufwicklungsspule
- c) Umlenkrolle
- d) Feste Führungen mit Flanschen
- e) Lösch-, Aufnahme- und Wiedergabekopf

plitude est particulièrement élevée à la fréquence de résonance du fragment de bande. Les points qui définissent la longueur de ce fragment de bande sont le galet de guidage et le galet d'entraînement en caoutchouc qui, ayant une vitesse relative nulle avec la bande, représentent des points fixes au delà desquels les vibrations ne peuvent se propager. Cet avis est d'ailleurs confirmé par les mesures de diverses machines pour lesquelles la fréquence d'oscillation est inversement proportionnelle à la longueur définie ci-dessus.

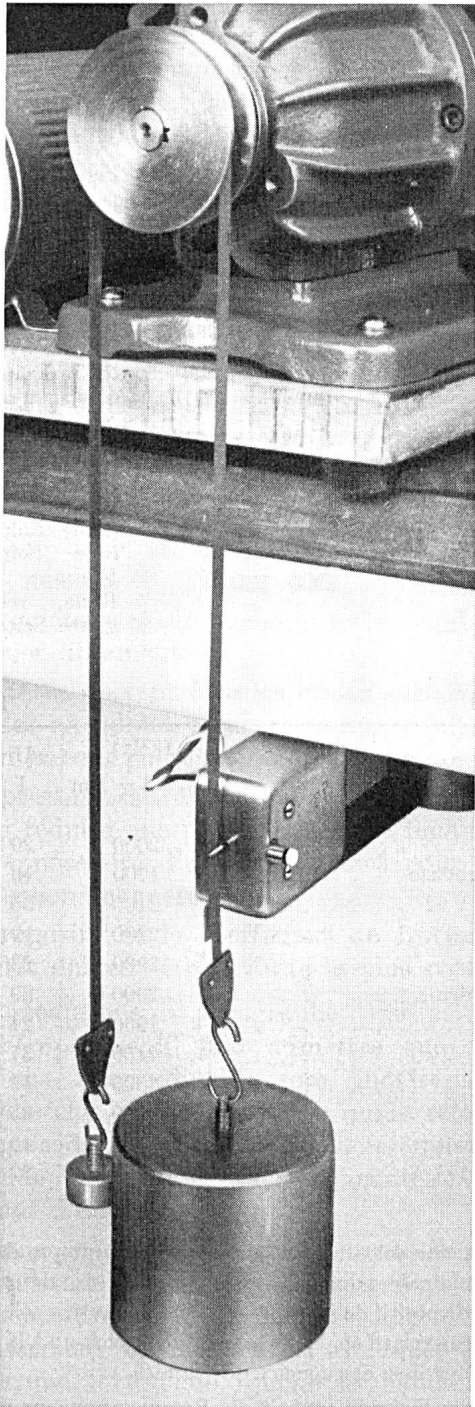


Fig. 4. Dispositif servant à analyser le bruit de frottement d'une bande sur une poulie  
 Versuchsanordnung für die Analyse des Reibungsgeräusches eines Bandes auf einer Rolle

dämpft. Die Dämpfung verschwindet jedoch sofort, wenn diese Masse gegenüber dem Band eine relative Geschwindigkeit aufweist. Unsere Untersuchungen ergaben nämlich, dass der Reibungskoeffizient eines Bandes an einer Rolle sofort stark abnimmt, sobald diese Rolle nicht mehr stillsteht, sondern auch nur eine ganz kleine Drehung ausführt. Wie Fig. 3 zeigt, wird bei einem Aufnahmegerät das Band der Reihe nach am Lösch-, Aufnahme- und Wiedergabekopf vorbeigeführt; dabei verwendet man häufig feststehende Führungen.

Aus den eben beschriebenen Versuchen ergibt sich also, dass alle die feststehenden Bandführungen und Köpfe eine Längsschwingung des Bandes nicht dämpfen, sondern im Gegenteil aperiodische Längsschwingungen durch Reibung an dem vorbeigleitenden Bande erzeugen. Die Amplitude dieser Schwingungen ist natürlich bei der Resonanzfrequenz des in Frage kommenden Bandstückes besonders gross. Die Länge des Bandstückes ist übrigens durch den Abstand zwischen der Umlenkrolle und der Antriebsrolle bestimmt, da sich beide drehen und daher gegenüber dem Band feste Punkte darstellen, über die hinaus sich keine Schwingungen mehr fortpflanzen können.

Diese Ansicht wird auch durch Messungen an verschiedenen Maschinentypen bestätigt, weil die Resonanzfrequenz umgekehrt proportional zu der eben definierten Länge ist.

Die Modulationstiefe (ausgedrückt durch die Amplituden der Seitenbänder) hängt einerseits vom Reibungskoeffizienten des betreffenden Bandes und andererseits vom senkrechten Druck des Bandes auf seine Stützpunkte ab und damit indirekt von der Längsspannung im Bande. In der Fig. 4 ist die Versuchsanordnung abgebildet, mit der die Reibungsgeräusche bestimmt wurden; die dabei benützte Rolle hatte eine Umfangsgeschwindigkeit von 0,38 m/s. Am anlaufenden Bandende befand sich ein Gewicht von 19,6 N, was praktisch als ein Fixpunkt gelten kann; am anderen Ende wurde jedoch nur ein kleines Gewicht von 0,245 N angehängt. Die Schwingungen werden von einem Tonabnehmer empfangen, gegen dessen Nadel das Band mit einer Kraft von 0,098 N gedrückt wird. Analysen mit Hilfe eines Bandfilters von 50 Hz Bandbreite zeigen ein Maximum bei der Resonanzfrequenz der Längsschwingung (ungefähr 2000 Hz für  $l = 0,5$  m). Dieses Maximum ist je nach Bandtyp mehr oder weniger ausgeprägt; Fig. 5 stellt zwei sehr charakteristische Fälle dar, bei denen die Schwingungsanregung das erste Mal durch Reibung auf der aktiven Schicht, das zweite Mal auf der glatten Fläche des Bandes erzeugt wurde. Die *Tabelle II* zeigt den Pegel des Grundgeräusches der glatten und aktiven Fläche der geprüften Bänder sowie die Resonanzfrequenz für  $l = 0,5$  m. Ersetzt man die Stahlrolle durch eine weniger glatte Aluminiumrolle, so erhöht sich das Grundgeräusch um ungefähr 6 dB, und die Resonanz ist eher besser ausgeprägt. Wir

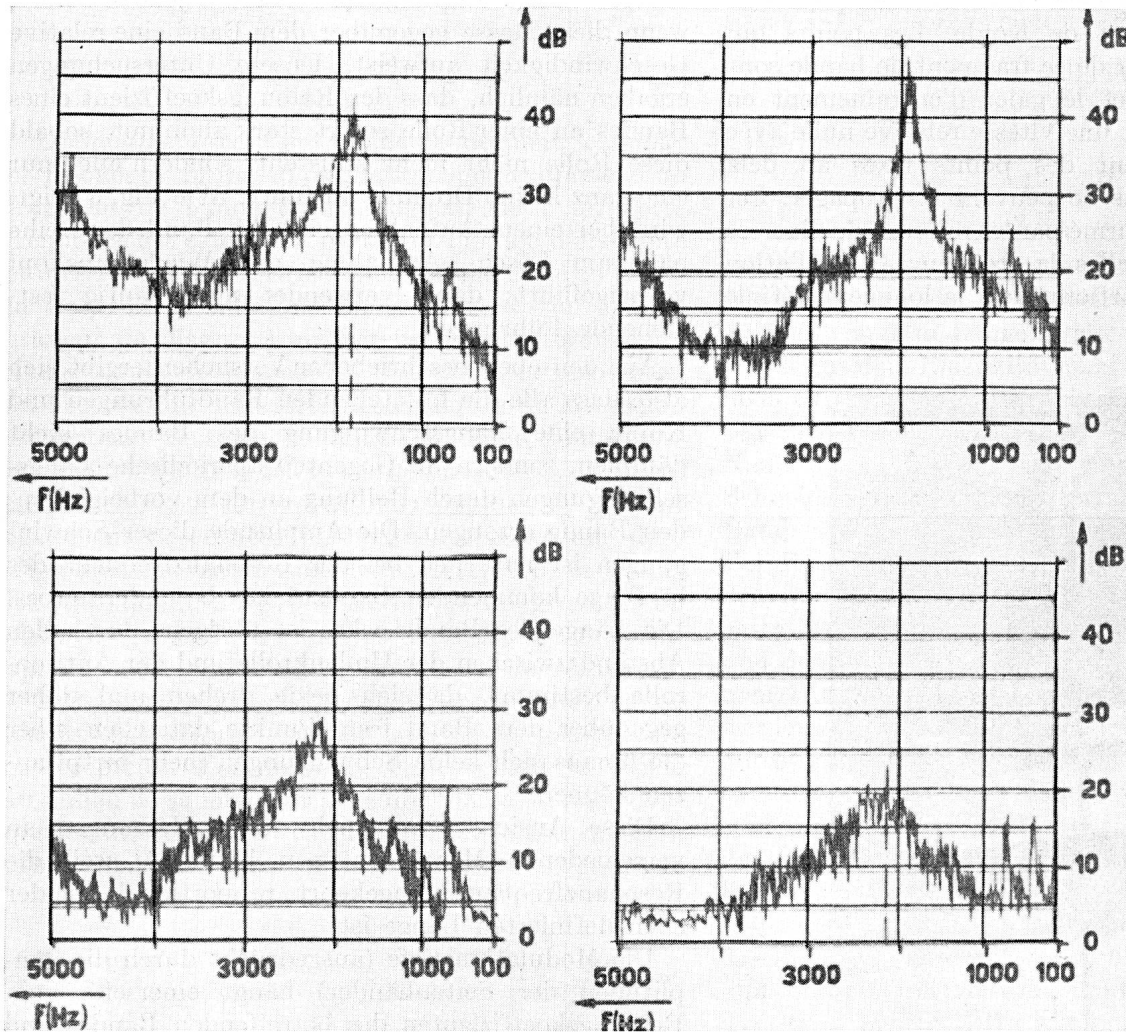


Fig. 5. Exemples caractéristiques d'analyses du bruit de frottement de deux types de bandes; à gauche le côté rugueux est en contact avec la poulie, à droite c'est le côté lisse qui est appliqué sur la poulie  
Typische Geräuschanalysen von zwei verschiedenen Bändern; links ist die rohe Schicht im Kontakt mit der Rolle, rechts die glatte Seite

La profondeur de modulation, pour une machine donnée, caractérisée par l'amplitude des bandes latérales, varie selon le coefficient de frottement des bandes et suivant la force de traction, dont dépend la pression sur les têtes et par conséquent le frottement. La fig. 4 représente le montage avec lequel nous avons analysé le bruit du frottement des bandes, sur une poulie dont la vitesse circonférentielle est de 0,38 m/s. La bande est fixée à une de ses extrémités par un poids de 19,6 N et elle est tendue à l'autre extrémité par un poids de 0,24 N. Les oscillations sont détectées par un pick-up contre l'aiguille duquel la bande est appliquée avec une force de 0,098 N. Les analyses au moyen d'un filtre dont la bande passante est de 50 Hz, accusent un maximum à la fréquence propre d'oscillation longitudinale (environ 2000 Hz pour  $l = 0,5$  m). Ce maximum est plus ou moins prononcé suivant le type de bande; la fig. 5 représente deux cas très caractéristiques pour lesquels l'excitation de l'oscillation est faite une fois par frottement sur la couche active de la bande et la seconde fois sur le côté lisse. Le tableau II donne le niveau du bruit pour les côtés lisse et actif des bandes examinées et la fréquence de résonance pour  $l = 0,5$  m. Si on remplace la poulie en acier par une poulie d'aluminium, moins bien polie, le bruit de fond est

Tableau II

Tabelle II

Typ — Type	f (Hz)	dB	
	pour für $l = 1$ m	1	2
BASF . . . . .	2000	20	
Westinghouse. . . . .	1700	19	30
Kodak V 62 . . . . .	2100	35	39
Philips. . . . .	2200	19	28
Genoton . . . . .	2900	23	23
Soundmirror . . . . .	2000	29	40
Audio . . . . .	1950	24	35
LG . . . . .	2150	37	50
Pyral . . . . .	2000	35	35
Agfa F . . . . .	2200	35	42
Soundraft . . . . .	1900	46	39
Scotch III A . . . . .	2250	37	30

La deuxième colonne indique la fréquence propre de l'oscillation longitudinale pour une longueur de 1 m, déterminée au moyen du dispositif de la figure 4. Les deux autres colonnes donnent le niveau relatif en dB de la tension du pick-up à la résonance pour les côtés lisse et rugueux des bandes.

Die zweite Kolonne enthält die Resonanzfrequenz der Längsschwingung für eine Länge von 1 m, gemessen mit der in Fig. 4 dargestellten Anordnung. Die beiden andern Kolonnen zeigen den relativen Pegel der Spannung des Tonabnehmers in dB bei der Resonanz für die glatte und die raue Fläche der Bänder.

augmenté d'environ 6 dB, et la résonance est plutôt mieux marquée. Nous avons également mesuré le coefficient de frottement sur la poulie d'acier en cherchant l'équilibre de masses suspendues aux extrémités de la bande. La classification de ces derniers résultats ne concorde pas avec les mesures du bruit de frottement, les conditions pouvant fortement varier suivant l'état d'usure de la bande au cours des mesures, la température et apparemment l'humidité de l'air. Le *tableau II*, dont il ne faut pas considérer la classification des bandes comme rigoureuse, est surtout destiné à mettre en évidence les différences considérables de la rugosité des surfaces et de l'adhérence. La rugosité, dans le cas de machines où la bande passe sur de nombreux dispositifs de guidage, engendre des oscillations qui, lors de l'audition de sons purs se traduisent par un bruit de fond désagréable. Il est évident que lorsque le contact de la bande avec les têtes est assuré par la pression de feutres et que par surcroît les têtes sont mal polies, le bruit de fond est tel que cette catégorie de machines ne rentre plus dans la classe «professionnelle».

Pour conclure, nous récapitulerons les précautions à prendre pour rendre les oscillations aussi faibles que possible puis nous verrons comment on peut les atténuer, voire les supprimer.

- a) Les guides fixes de la bande ne doivent toucher celle-ci que dans les bords (guidage latéral), le contact avec la surface active n'ayant qu'un effet nuisible.
- b) Les galets servant à conduire la bande doivent tourner librement.
- c) Les têtes doivent être les seules surfaces sur lesquelles on admet un frottement, réduit au minimum par un polissage aussi fin que possible.
- d) La pression de la bande sur les têtes doit être aussi réduite que possible, tout en tenant compte de la nécessité d'un bon contact pour éviter la dispersion magnétique<sup>2)</sup>.
- e) La rugosité et le coefficient de frottement des bandes doivent être réduits le plus possible.

Les précautions du paragraphe d) ne pouvant être qu'un compromis, il faut admettre que de faibles oscillations longitudinales sont inévitables. Nous avons cherché à les amortir en nous référant aux essais précédents où les oscillations que transmet une bande fixe sont considérablement amorties par le contact d'une masse.

Sur une machine d'enregistrement où naturellement la bande a une certaine vitesse, l'amortissement peut être réalisé par une roulette entraînée sans glissement. La masse ainsi appliquée a un effet très marqué lorsqu'elle touche la bande entre les têtes d'enregistrement et de lecture où précisément se trouve le ventre de l'oscillation de la bande. Au

<sup>2)</sup> R. L. Wallace. The reproduction of Magnetically Recorded Signals. Bell Syst. Techn. J. **30** (1951), 1145.

haben ebenfalls den Reibungskoeffizienten auf der Stahlrolle gemessen. Die Reihenfolge dieser Werte stimmt nun nicht überein mit der Reihenfolge der aus den Geräuschmessungen gefundenen Werte. Es scheint daher, dass der Abnutzungszustand, die Temperatur sowie die Luftfeuchtigkeit einen ziemlichen Einfluss auf die Messungen haben. Die in *Tabelle II* gezeigten Werte erheben keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit; sie sollen nur zeigen, welche grosse Unterschiede in der Oberflächenbeschaffenheit (Rauheit und Haftreibung) bei verschiedenen Bändern vorkommen. Bei Maschinen, bei denen das Band über zahlreiche Führungsvorrichtungen läuft, verursacht diese Rauheit Schwingungen, die sich beim Anhören reiner Töne als unangenehmes Geräusch bemerkbar machen. Wenn der Kontakt zwischen Band und Köpfen durch Andrücken mit Filz erzeugt wird und dazu noch die Köpfe schlecht poliert sind, dann wird der Geräuschpegel so gross, dass diese Kategorie von Maschinen keinen Anspruch auf höchste Qualität mehr erheben kann.

Zum Schluss sei eine Zusammenstellung der notwendigen Massnahmen gegeben, durch die die störenden Schwingungen abgeschwächt oder sogar unterdrückt werden können:

- a) Die festen Bandführungen dürfen das Band nur an den Rändern berühren (Seitenführung), da der Kontakt mit der aktiven Oberfläche eine schädliche Wirkung zur Folge hat.
- b) Die zur Führung des Bandes dienenden Rollen müssen frei drehen können.
- c) Die Köpfe sollen die einzigen Flächen sein, an denen eine Reibung zugelassen wird, und diese Reibung soll ausserdem durch eine möglichst feine Politur auf ein Minimum beschränkt werden.
- d) Der Druck des Bandes auf die Köpfe soll ebenfalls möglichst herabgesetzt werden, jedoch ohne dass dabei der Kontakt mit dem Magnetkopf leidet, weil sonst magnetische Streuungen entstehen würden<sup>1)</sup>.
- e) Die Rauheit und der Reibungskoeffizient der Bänder sind nach Möglichkeit zu reduzieren.

Da die unter d) angeführten Massnahmen den Charakter von Kompromissen haben, folgt daraus, dass schwache Längsschwingungen unvermeidlich sind. Wir haben versucht, sie abzuschwächen, wobei wir auf die eben beschriebenen Versuche abstellten, bei denen die durch stillstehendes Band übertragenen Schwingungen durch Kontakt mit einer Masse wesentlich abgeschwächt wurden.

Bei einem Aufnahmegerät kann diese Zusatzdämpfung erreicht werden, indem man eine kleine mitlaufende Rolle an das Band drückt. Die Dämpfung dieser Rolle ist besonders gross, wenn sie zwischen dem Aufnahme- und dem Wiedergabekopf befestigt wird, weil sich dort ein Schwingungsbauch befindet. Fig. 6 ist ein charakteristisches Beispiel für eine

<sup>1)</sup> R. L. Wallace. The Reproduction of Magnetically Recorded Signals. Bell Syst. Techn. J. **30** (1951), 1145.



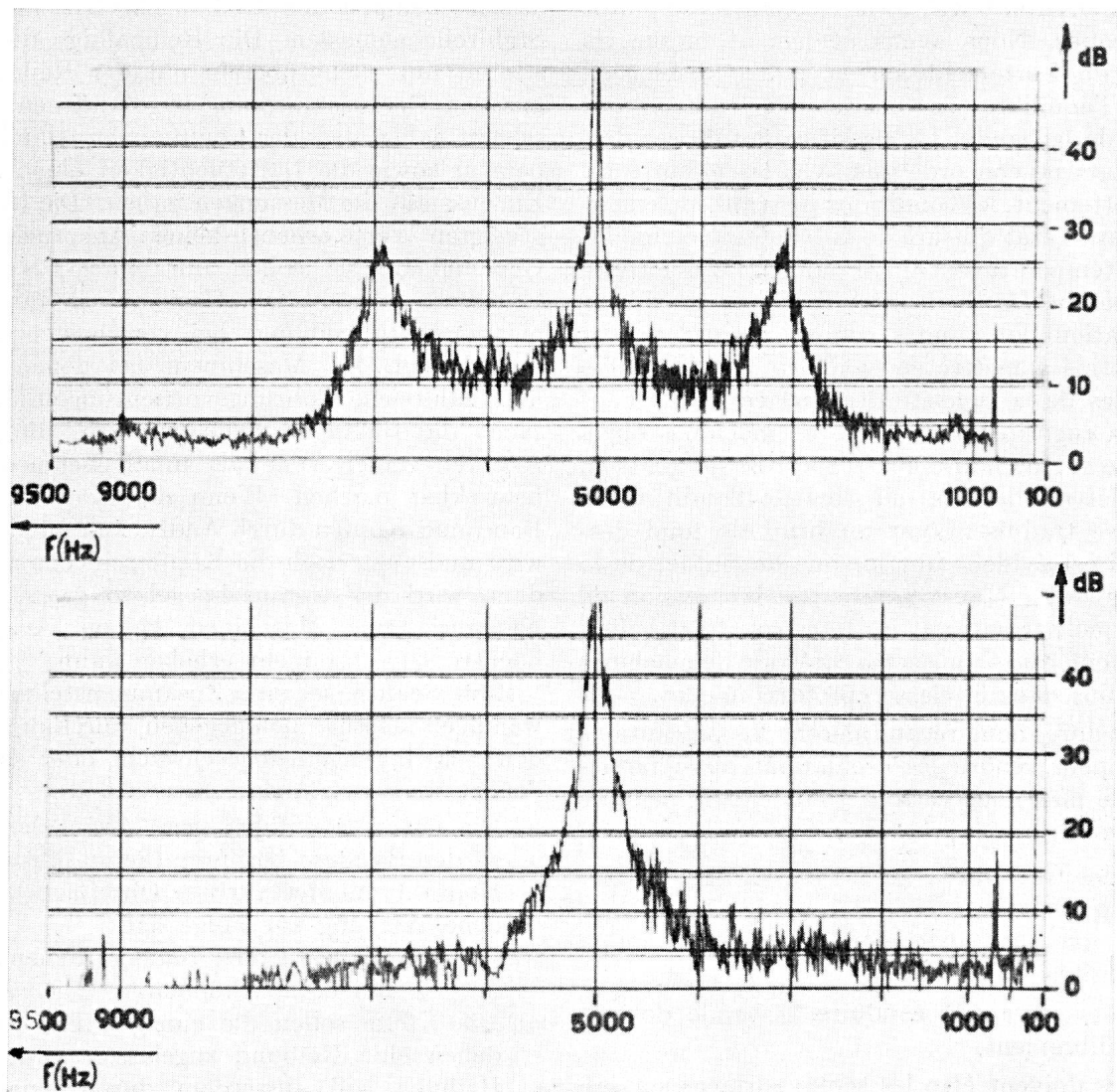


Fig. 6. Analyses du bruit de fond et de la modulation du signal enregistré, en haut sur le magnétophone représenté schématiquement à la fig. 4, en bas sur la même machine munie d'un amortisseur de l'oscillation longitudinale de la bande. Le niveau du signal enregistré (5000 Hz) est de 65 dB

Analyse von Grundgeräusch und Modulation der aufgenommenen Frequenz; oben auf dem in Fig. 4 schematisch dargestellten Magnetophon, unten auf der gleichen Maschine mit einer Dämpfungsvorrichtung der Längsschwingung des Bandes. Der Pegel der aufgenommenen Frequenz (5000 Hz) ist 65 dB

moyen d'un roulement à billes dont l'anneau extérieur sert de poulie, on obtient des résultats très positifs dont un exemple caractéristique est celui de la fig. 6. Il est évident que ce roulement à billes doit tourner sans chocs pour ne pas engendrer à son tour des perturbations supplémentaires.

Le montage du dispositif d'entraînement de la bande aussi près que possible de la tête de lecture et la diminution de la distance entre les têtes sont également des conditions favorables à l'atténuation des oscillations dont la fréquence propre devient en outre très élevée.

Le bruit de fond superposé à la modulation est pratiquement la seule imperfection du procédé d'enregistrement à bandes magnétiques, il est indéniable que le développement de bandes plus homogènes conjugué avec une conception des machines toujours mieux étudiée supprimeront ce défaut particulièrement perceptible aux fréquences élevées.

solche Dämpfung, bei der ein Kugellager verwendet wird, dessen äußerer Ring auf das Band drückt; damit wurden sehr gute Resultate erzielt. Selbstverständlich muss sich dieses Kugellager leicht und vibrationsfrei drehen, damit es nicht seinerseits weitere Störungen verursacht. Für die Dämpfung der Schwingungen ist es ferner günstig, wenn sich die Antriebsrolle möglichst nahe beim Wiedergabekopf befindet und wenn die Distanz zwischen den Köpfen sehr klein gemacht wird; die letztere Massnahme bewirkt dann eine Erhöhung der Resonanzfrequenz der Schwingung.

Das der Modulation überlagerte Grundgeräusch bildet praktisch die einzige Unvollkommenheit des Aufnahmeverfahrens mit Magnettonbändern. Es ist anzunehmen, dass die Entwicklung homogenerer Bänder, verbunden mit einer noch besser durchdachten Konstruktion der Maschinen, diesen besonders bei hohen Frequenzen wahrnehmbaren Fehler aufheben wird.