OFFICE DE RADIODIFFUSION TÉLÉVISION FRANÇAISE

ÉTUDE
(COMPTE RENDU)

EMN. 110 A

LABORATOIRE D'ENREGISTREMENT

MESURES MECANIQUES
SUR LES MACHINES

Marcel

SERVICE DES ÉTUDES

LABORATOIRE D'ENREGISTREMENT

MESURES MÉCANIQUES SUR LES MACHINES

SOMMAIRE

1. MESURE DES VITESSES MOYENNES.

2. MESURE DES FLUCTUATIONS DE VITESSE.

3. MESURE DES TENSIONS DE BANDE.

4. MESURE DES TEMPS DE DEMARRAGE ET DE MONTEE EN VITESSE.

5. ESSAIS SUR LA STABILITE DE DEFILEMENT.

ANNEXES.

NOTE PRELIMINAIRE

Les performances d'une machine peuvent varier sensiblement au cours de la lecture d'un disque ou d'une bande magnétique. Dans la mesure du possible, les grandeurs caractéristiques seront donc enregistrées graphiquement de façon continue pendant une durée correspondant à la durée maximale prévue pour le type de machine en essai, afin de déceler toute variation systématique.

L'annexe V reproduit des exemples de tels enregistrements graphiques.

1. - MESURE DES VITESSES MOYENNES.

1.1. - GENERALITES.

Les machines d'enregistrement ou de lecture de programmes sonores à alimentation alternative sont généralement munies d'un moteur principal de défilement, synchronisé sur la fréquence du secteur. Les performances de vitesse moyenne sont spécifiées pour un secteur dont la fréquence est exactement de 50 Hz. Soit V50 la vitesse nominale pour un moteur alimenté à 50 Hz. Quand le moteur est alimenté à la fréquence f , cette vitesse devient $Vf = V50 \times \frac{f}{50}$

Les vitesses réelles sont V'50 et V'f légèrement différentes des précédentes, mais on a toujours sensiblement $\frac{V'f}{f} = \frac{V'50}{50}$

Les méthodes de mesure proposées ont pour but de donner V'50 (ou l'écart $\frac{V'50 - V50}{V50} = \frac{V'f - Vf}{Vf}$ en %) indépendamment de f.

Pour les machines autonomes, on mesurera la vitesse absolue V.

1.2. - METHODE DE LA REGLE.

1.2.1. - Principe de la mesure.

Cette mesure s'applique au magnétophone. Elle permet de faire la mesure d'une vitesse moyenne avec le type de bande qui doit servir à l'exploitation de la machine.

. . . /

La méthode consiste à enregistrer sur la bande un signal périodique dont la fréquence est égale à celle du secteur, et à mesurer sur une règle la longueur d'onde enregistrée : λ

$$V'50 = \frac{50}{f} V'f = 50\lambda \qquad \boxed{V'50 = 50\lambda}$$

Pour les machines autonomes, une méthode identique peut être employée en utilisant une base de temps de fréquence connue f_o. Alors $V = \lambda f_o$.

1.2.2. - Méthode de mesure.

Pour pouvoir mesurer la longueur d'onde du signal, il est nécessaire de faire apparaître sur la bande une trace visible de l'enregistrement et ceci n'est possible que si le signal possède des fronts suffisamment raides.

Il suffit pour cela d'enregistrer des impulsions ou une dent de scie synchronisée sur le secteur. (Voir schéma I, page 5).

Pour rendre l'enregistrement visible, on dépose sur la bande un liquide constitué par de l'huile ou par un vernis ne dissolvant pas la couche magnétique et contenant en suspension du fer carbonyle très divisé.

On observe, au bout d'une minute, la formation de traits parallèles très nets correspondant aux fronts raides.

Pour la vérification d'un appareil on effectue la mesure de la longueur correspondant à 50 ou 100 longueurs d'onde. On utilise pour cela une règle spécialement étalonnée pour la vitesse nominale et portant un index gradué directement en écarts relatifs par rapport à la vitesse nominale. La bande doit lors de cette mesure être soumise à une tension de 80 g (environ 0,8 Newton), sauf si la machine à vérifier est prévue pour fonctionner avec une autre tension de bande. La précision atteint $\pm$ 0,05 %.

1.3. - METHODE STROBOSCOPIQUE POUR LE MAGNETOPHONE.

Cette méthode permet de suivre commodément les variations de la vitesse moyenne en fonction du diamètre des bobines ou de tout autre paramètre.

1.3.1. - Principe de la mesure.

On éclaire avec une lampe au néon ou mieux avec une lampe à éclairs brefs, synchronisée sur le secteur, une bande perforée défilant sur la machine à mesurer.

. . . /

Si la bande est très régulièrement perforée au pas normalisé de 7,62 mm (50 perforations en 38,1 cm), le défilement sur une machine ayant une vitesse de 38,1 ou de 19,05 cm/s donne l'immobilité apparente des repères.

A 38,1 cm/s, la distance apparente des repères est

de 7,62 mm pour un éclairage à 50 éclairs par seconde
et de 3,81 mm pour un éclairage de 100 éclairs par seconde.

A 19,05 cm/s, cette distance apparente est

de 3,81 mm pour un éclairage à 50 éclairs par seconde
et de 1,90 mm pour un éclairage à 100 éclairs par seconde.

Si la vitesse n'est pas exactement la vitesse nominale, les repères apparents défilent et on peut compter le nombre n de repères défilant en une minute. Un calcul simple figurant dans l'annexe I montre que dans ce cas $\frac{\Delta V}{V}$ est donné par les formules suivantes :

	$\frac{\Delta V}{V}$	
Vitesse	Lampe à 50 éclairs/seconde	Lampe à 100 éclairs/seconde
76 cm/s	$\frac{n}{6.000}$	$\frac{n}{6.000}$
38 et 19 cm/s	$\frac{n}{3.000}$	$\frac{n}{6.000}$
9,5 cm/s	$\frac{n}{3.000}$	Méthode difficilement utilisable car les perforations sont plus larges que leur écartement apparent.
4,75 cm/s et au-dessous		

n est le nombre de repères apparents défilant en une minute.

1.3.2. - Limitation de la mesure.

La bande perforée pouvant ne pas défiler exactement à la même vitesse que la bande utilisée normalement par suite de son épaisseur, de sa rigidité, de son état de surface différents , la méthode n'est valable, en toute rigueur, que pour observer des variations de vitesse. Néanmoins la précision de cette mesure est très suffisante dans la grande majorité des cas.

. . . /

1.4. - ENREGISTREMENT CONTINU DE L'ECART DE VITESSE.

1.4.1. - Principe.

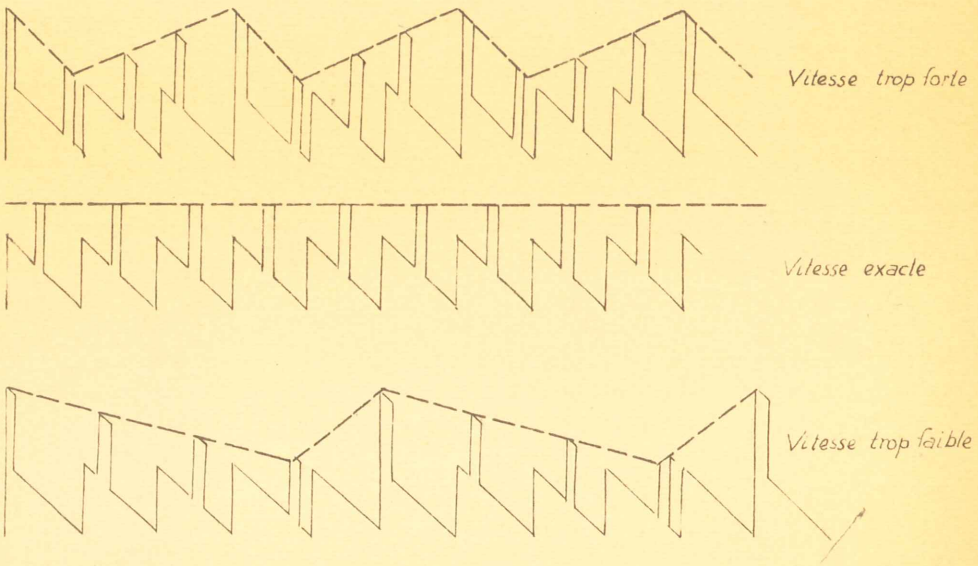
La méthode est basée sur la production d'un phénomène électrique caractéristique de la vitesse de la bande.

La mesure consiste à lire les fluctuations du niveau de lecture provoquées par les perforations d'une bande identique à celle du paragraphe 1.3. et à comparer la fréquence de ces fluctuations à la fréquence du secteur.

1.4.2. - Réalisation pratique. (Voir schéma I, page suivante).

On lit une fréquence enregistrée (du 5.000 Hz par exemp sur la bande perforée.

Du fait des perforations, ce signal, détecté, donne des i. pulsions à 50 Hz (ou 25 pour la vitesse 19 cm/s) qui sont additionnées avec une dent de scie synchronisée sur le secteur. Le signal résultant, détecté à son tour donne encore une dent de scie dont la fréquence est proportionnelle à l'erreur relative de vitesse, mais dont le sens dépend du sens de l'erreur (voir graphiques ci-dessous).

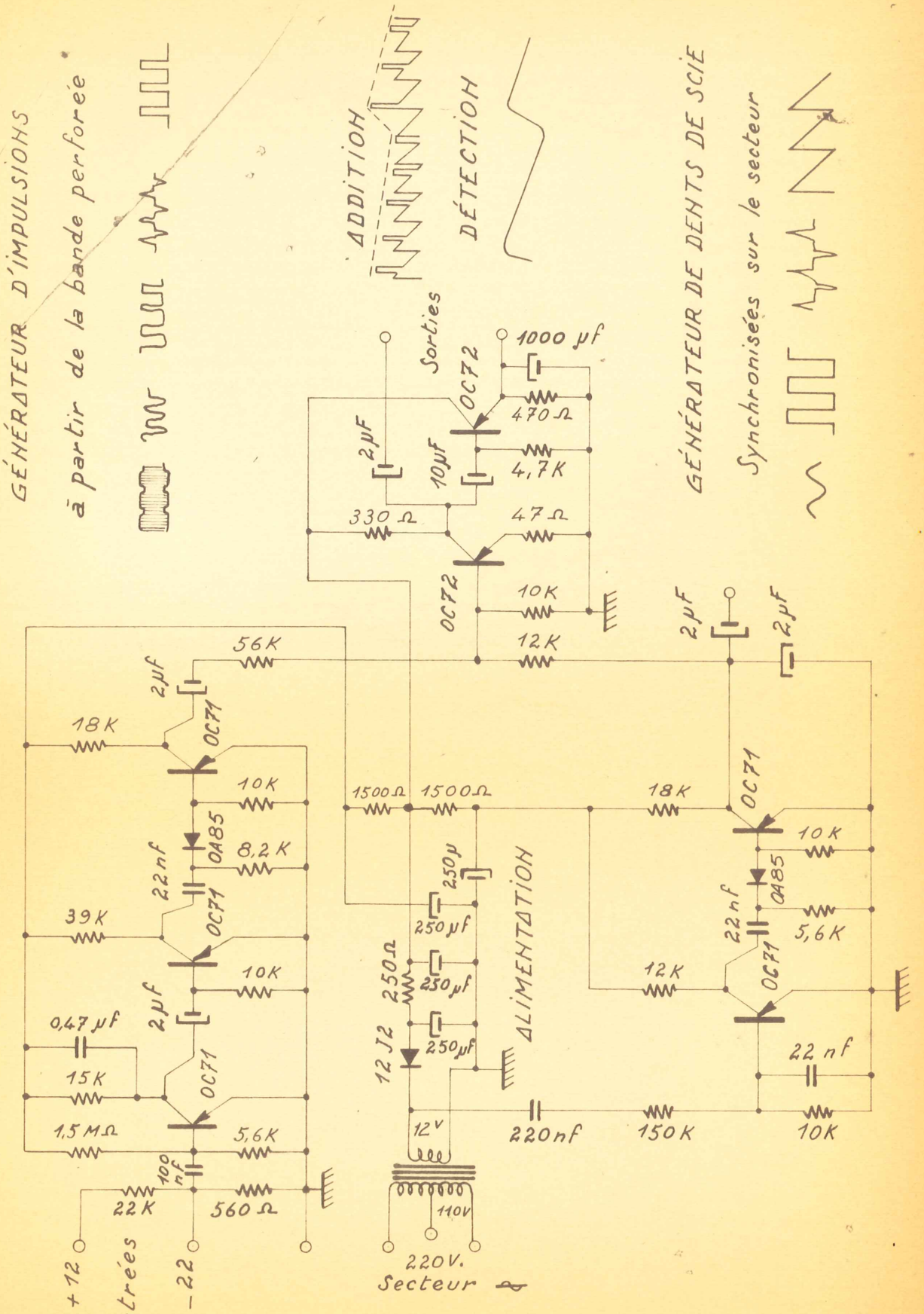


Cette dent de scie, enregistrée graphiquement a une fréquence de n dents par minute (n a la même valeur que le nombre de repères apparents qui défilent en une minute dans la méthode stroboscopique)

et $$\boxed{\frac{\Delta V}{V} = \frac{n}{3.000}}$$

(Voir graphiques à l'Annexe V.1).

. . . /



EMN.110A fig.1

Cette formule est valable pour les vitesses de 38 cm/s, 19 cm/s et 9,5 cm/s.

La méthode s'applique difficilement en 76 cm/s.

1.4.3. - Complément.

Voici un raisonnement simple permettant d'établir la formule ci-dessus :

- Désignons par N le nombre de perforations qui devraient défiler devant l'entrefer de lecture pendant un certain temps Tmn. Il en passe en réalité N + ΔN et $\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta N}{N}$.

Prenons pour temps T le temps nécessaire à l'enregistrement graphique d'une dent de scie.

Pour la vitesse 38 cm/s:

$\Delta N = 1$ et N est égal au nombre de périodes du secteur contenues dans le temps T, soit 3.000 Tmn et $\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{3.000\ Tmn}$.

Pour la vitesse 19 cm/s:

$\Delta N = \frac{1}{2}$ et N est égal à la moitié du nombre de périodes du secteur contenues dans T donc encore $\frac{\Delta V}{V} = \frac{\frac{1}{2}}{1.500\ T} = \frac{1}{3.000\ Tmn}$

Or $Tmn = \frac{1}{n}$, donc dans les deux cas $\frac{\Delta V}{V} = \frac{n}{3.000}$.

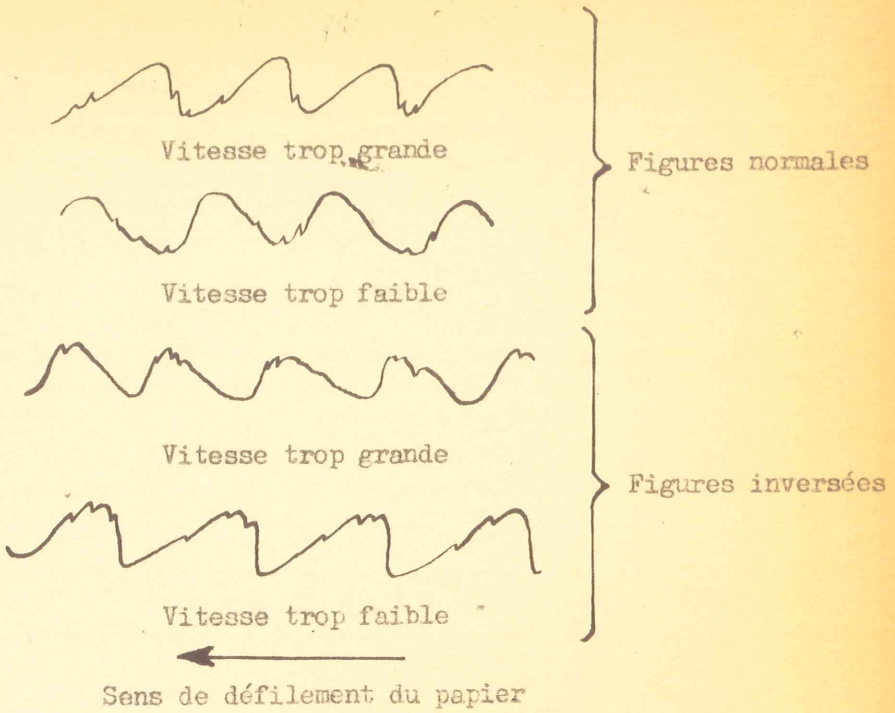
1.4.4. - Remarque très importante.

Le sens de la dent de scie enregistrée qui donne celui de l'erreur de vitesse dépend :

- du sens de la dent de scie synchronisée sur le secteur (celui-ci est déterminé une fois pour toutes dans l'appareil),
- de la polarité du signal appliquée à l'enregistreur ou à l'amplificateur à courant continu qui le précède,
- du sens de défilement du papier dans l'enregistreur.

Il y a cependant un moyen de déterminer sans ambiguïté le signe de l'erreur grâce aux petits "accidents" (dûs à des impulsions mal placées) qui se produisent toujours quand on devrait avoir un creux de la dent de scie et sont dirigés vers la pointe.

. . . /



Il est cependant conseillé, au début d'une série de mesures d'effectuer un contrôle au stroboscope et de ne plus toucher au montage.

1.5. - METHODE STROBOSCOPIQUE POUR LES MACHINES DISQUES.

1.5.1. - Principe de la méthode.

Le principe est le même que celui de la méthode décrite en 1.3. à cette seule différence près que les vitesses linéaires sont remplacées par des vitesses angulaires.

1.5.2. - Méthode de mesure.

On utilisera le disque stroboscopique à encoches défini par la spécification SN 437 A et les formules suivantes (voir Annexe I) donnant $\frac{\Delta\Omega}{\Omega}$:

Vitesse	$\frac{\Delta\Omega}{\Omega}$ Lampe à 50 éclairs/seconde	$\frac{\Delta\Omega}{\Omega}$ Lampe à 100 éclairs/seconde
78, 125 t/m	$\frac{n - 15}{6.000}$	$\frac{n - 15}{6.000}$
45 t/m	$\frac{n + 15}{6.000}$	$\frac{n + 15}{6.000}$
33 1/3 t/m	$\frac{n}{6.000}$	$\frac{n}{6.000}$
16 2/3 t/m	$\frac{n}{3.000}$	$\frac{n}{6.000}$

. . /

n désigne le nombre de repères apparents qui défilent par minute et est affecté du signe + ou - selon que le défilement apparent se fait dans le même sens que le mouvement réel ou dans le sens contraire.

2. MESURE DES FLUCTUATIONS DE VITESSE.

2.1. - DEFINITION - GENERALITES.

Le taux de fluctuation de vitesse est défini comme le rapport

$$\pm \frac{V_M - V_m}{2V} = \pm \frac{V_M - V}{V}$$

où V_M est la vitesse maximum, V_m la vitesse minimum et V la vitesse moyenne.

Ces fluctuations de vitesse se traduisent par une modulation de fréquence du signal.

L'excursion relative de fréquence est égale au taux de fluctuation $\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta V}{V}$.

Les fréquences modulantes occupent un spectre assez complexe où se retrouvent :

- les fréquences de rotation des pièces tournantes , (25 Hz en particulier pour les moteurs à 1.500 t/m)
- 100 Hz lorsque les moteurs sont alimentés avec une phase secteur et une seconde phase auxiliaire mal équilibrées
- des fréquences plus basses correspondant à la rotation de galets, ou à la résonance propre des systèmes élastiques tels que les bras tendeurs
- des fréquences plus élevées dues aux vibrations de la bande.

La gêne provoquée par ces fluctuations croît naturellement avec le taux de fluctuation, pour une fréquence de fluctuation donnée, mais dépend aussi de cette fréquence.

L'effet produit est couramment appelé "pleurage" pour les fréquences inférieures à 15 Hz, et "scintillement" au-dessus, jusqu'à 200 Hz. Les fréquences de fluctuations les plus élevées sont perçues comme un bruit (bruit de modulation).

. . . /

Le C.C.I.R. a récemment adopté une courbe de pondération qui est donnée en Annexe IV où l'effet des fréquences comprises entre 2 et 10 Hz est prépondérant.

Cette pondération correspond bien au résultat des études qui ont pu être faites concernant l'influence subjective de ces défauts.

2.2. - PRINCIPE DE LA METHODE.

On mesure les fluctuations de fréquence survenant lors de la lecture d'un signal supposé idéalement enregistré à une fréquence donnée.

On peut mettre en évidence

- Soit les variations de fréquence instantanée et l'excursion maximum de fréquence ; la mesure se fait alors au fluctuomètre (voir 2.3.).
- Soit les bandes latérales de modulation et la mesure, faite à l'analyseur de fréquence, se confond avec l'étude des bruits de modulation (voir EMN 108 A). Elle n'est valable que pour les fréquences élevées de fluctuations.

  Il y a d'ailleurs une correspondance, entre le niveau des bandes latérales et le taux de fluctuation, donnée par le tableau Annexe III.

2.3. - LE FLUCTUOMETRE (voir SN 983 B).

Il fonctionne, en principe, sur une fréquence centrale de 3.000 Hz avec les niveaux d'entrée + 12 dB et - 22 dB. Des étages limiteurs sont suivis d'un discriminateur qui délivre dans une certaine plage une tension proportionnelle à l'écart de fréquence. Cette tension est appliquée aux plaques de déviation d'un tube cathodique qui indique la valeur instantanée de l'écart de vitesse. Elle est par ailleurs détectée et appliquée à un galvanomètre à constantes de temps convenables dont l'aiguille indique le taux de fluctuation, avec éventuellement filtrage de certaines composantes, ou pondération. Enfin, cette tension est disponible sur une sortie, ce qui permet un enregistrement graphique. (Voir Annexe V.2).

2.4. - METHODE DE MESURE AU FLUCTUOMETRE.

On doit disposer d'enregistrements de référence appelés improprement "étalons de pleurage" dont le défaut propre soit au moins inférieur à la moitié de celui de la machine en essai. Le Laboratoire édite de tels enregistrements. En l'absence d'indications contraires, les taux de fluctuations indiqués aux spécifications correspondent aux valeurs indiquées par le galvanomètre en valeur directe, c'est-à-dire sans filtrage ni pondération.

Lorsque la machine sert à la fois à l'enregistrement et à la lecture (c'est le cas du magnétophone), il est possible de se passer de bande étalon. On peut alors opérer soit en enregistrement-lecture simultanés, soit en lecture seule d'un enregistrement antérieur, et on obtient selon les cas des résultats très différents (voir les calculs en Annexe II). La valeur mesurée peut théoriquement, dans les cas extrêmes, varier de 0 à 2 fois sa valeur réelle.

En pratique, on obtient une composition aléatoire des fluctuations sauf dans le cas où il existe des composantes à fréquence et phase définies, comme la composante à 100 Hz due au déséquilibre du moteur.

. . . /

On pourra alors admettre que la mesure effectuée par lecture d'une bande préalablement enregistrée sur la machine donne une valeur majorée du taux de fluctuation de vitesse de la machine.

Lorsque cette valeur majorée est inférieure à la valeur fixée aux spécifications, il n'y a pas lieu de rechercher une mesure plus exacte.

3. MESURE DES TENSIONS DE BANDE.

3.1. - PRINCIPE DE LA METHODE.

La grandeur intéressante est la tension de la bande au niveau du bloc de têtes. La méthode a pour but de modifier aussi peu que possible cette tension à mesurer, malgré l'introduction nécessaire d'un appareil de mesure.

Pour cela le bloc de têtes est remplacé par un instrument de mesure dont les parties en contact avec la bande reproduisent aussi exactement que possible les surfaces correspondantes du bloc de têtes.

La bande défile sur deux appuis fixes entre lesquels se trouve un appui mobile. Cet appui mobile est poussé contre la bande par un ressort. L'équilibre se produit pour une position de l'appui mobile caractéristique de la tension de bande.

Une liaison mécanique transcrit cette position sur un potentiomètre linéaire dont la résistance est placée dans une branche d'un pont. La tension diagonale du pont sert à faire dévier un milliampèremètre qu'on gradue directement en tensions de bande. Cette même tension (0,5 volt environ) peut être envoyée sur un enregistreur graphique à courant continu. (Annexe V.3).

3.2. - DESCRIPTION DETAILLEE.

Les deux appuis fixes simulent les têtes d'effacement et lecture.

L'appui mobile occupe approximativement la place d'une tête d'enregistrement. Il est relié à un levier dont l'axe est situé dans le prolongement du brin de bande allant de l'appui mobile à l'appui de sortie afin d'éliminer autant que possible l'effet du frottement de la bande sur l'appui mobile.

L'axe de rotation du levier est monté sur roulement à billes pour augmenter sa sensibilité.

A l'autre extrémité du levier est fixé un ressort étalonné.

. . . /

La commande du potentiomètre linéaire est reliéeau levier par une liaison à roulement à billes éliminant les frottements indésirables. Le point de liaison à l'axe est choisi de façon à profiter de toute la course du potentiomètre pour une gamme de tensions de bande déterminée.

Le potentiomètre dont l'impédance varie de 0 à 800 ohms est monté dans un pont de résistances de 820 ohms dont l'alimentation est une pile de 1,5 volt.

La tension diagonale varie donc de 0 à 0,7 volt.

3.3. - ETALONNAGE.

3.3.1. - Etalonnage électrique.

Le potentiomètre a sa course limitée par deux butées. La première permet de refaire le zéro du pont qui doit correspondre au 0 du galvanomètre : on agit pour cela sur un potentiomètre placé dans une des branches du pont.

La deuxième, qui correspond à la déviation maximum du galvanomètre, permet d'étalonner les indications de celui-ci en fonction de la tension délivrée par la pile : on agit pour cela sur un potentiomètre placé en série avec le galvanomètre.

3.3.2. - Etalonnage mécanique.

Le ressort de rappel du levier peut être ajusté en réglant la position de son point d'attache sur le bloc. Le réglage électrique étant fait, on applique une tension de bande connue et l'on ajuste le ressort jusqu'à ce que l'indication lue soit égale à cette valeur. Cette opération peut se faire en statique à condition de remplacer la bande par un fil pour éliminer les frottements. En principe, cet étalonnage n'a pas à être retouché.

3.4. - ECHELLES DE MESURE.

L'appareil est muni de deux échelles de mesure graduées en grammes-force (Un gramme-force vaut environ un centi-Newton).

La première permet de mesurer des tensions de bande comprises entre 20 et 120 g avec un maximum de sensibilité entre 60 et 100 g.

La deuxième permet de mesurer avec une précision un peu moins bonne les tensions supérieures à 100 g.

Le changement d'échelle est obtenu en changeant le point d'application de la force du ressort sur le levier.

Nota - Le système n'étant que très approximativement linéaire, la graduation initiale de l'appareil doit se faire point par point.

. . . /

4. MESURE DES TEMPS DE DEMARRAGE ET DE MONTEE EN VITESSE.

4.1. - DEFINITION.

Pour un appareil donné, les conditions techniques imposent une limite supérieure aux fluctuations de vitesse. Le temps de démarrage T d'un appareil doit être défini comme l'intervalle de temps qui sépare l'action sur la commande mécanique ou électrique de mise en marche, de l'instant à partir duquel les fluctuations de vitesse restent inférieures à la limite prescrite.

Il est également nécessaire de connaître le temps t de montée en vitesse de l'appareil. Ce temps est défini par la même origine que dans le paragraphe précédent. Il se termine quand l'appareil a une vitesse supérieure à sa vitesse nominale moins 7%.

4.2. - METHODE DE MESURE.

La mesure s'effectue avec un fluctuomètre dont la sortie est branchée sur un enregistreur rapide.

L'instant du démarrage est défini électriquement en doublant le contact de télécommande par un contact dont la fermeture peut être enregistrée simultanément avec les variations de vitesse.

Pour les machines sans télécommande, le top de démarrage est commandé par la mise sous tension du moteur principal.

Le signal de sortie du fluctuomètre en fonction de la fréquence a l'allure de la fig. 2 a . La vitesse de la machine varie en fonction du temps et à partir de l'instant de mise en marche, comme l'indique la fig. 2 b. L'enregistrement d'un temps de démarrage a,en général,l'allure de la fig. 2 c.

Le premier extremum observé correspond à une vitesse de V - 7%. Le temps t est par convention le temps de montée en vitesse.

Le moment à partir duquel les fluctuations de vitesses restent comprises dans les tolérances est la fin du temps de démarrage T.

La mesure doit se faire à la lecture d'un enregistrement préalable de 3.000 Hz, et non en enregistrement-lecture simultanés.

Pour les machines de lecture de disques, on utilise un disque étalon de pleurage.

. . . /