

Propagation d'une onde. Ondes stationnaires.

ECHELLE DE PERROQUET

Référence : 222 016

- Mise en évidence des ondes :
 - progressives,
 - stationnaires.
- Etude de la réflexion
- Etude de la réfraction
- Amortissement sur impédance caractéristique

Manipulations simples et démonstratives :

- Ebranlement manuel,
- Propagation lente,
- Propagation sur 2 m
- barreaux à inertie réglable
- ébranlement entretenu avec moteur et réducteur (non livré avec modèle du CEMS).

PRINCIPE - DESCRIPTION

I - PRINCIPE

La propagation des ébranlements se fait verticalement et l'amortissement est variable de façon continue. On utilise pour cela les courants de Foucault.

L'inertie des barreaux est rendue variable par l'utilisation de barreaux télescopiques, ce qui présente l'avantage de faire varier l'indice du milieu, soit de façon continue, soit de façon brutale.

De plus, les masselottes sont ainsi imperdables et la manipulation rapide.

II - DESCRIPTION

L'ensemble comprend (voir photo 1) :

- Le support, formé par :
 - . le socle en T (1)
 - . la colonne (2)
 - . la potence (3)
- L'échelle proprement dite, soit :
 - la lame ressort en acier (4) et 35 barreaux télescopiques et leurs masselottes (5).
- Le système de freinage avec l'électro-aimant et le disque (qui correspond à un 36^{ème} barreau).
- Le système de blocage du disque pour extrémité fixe.

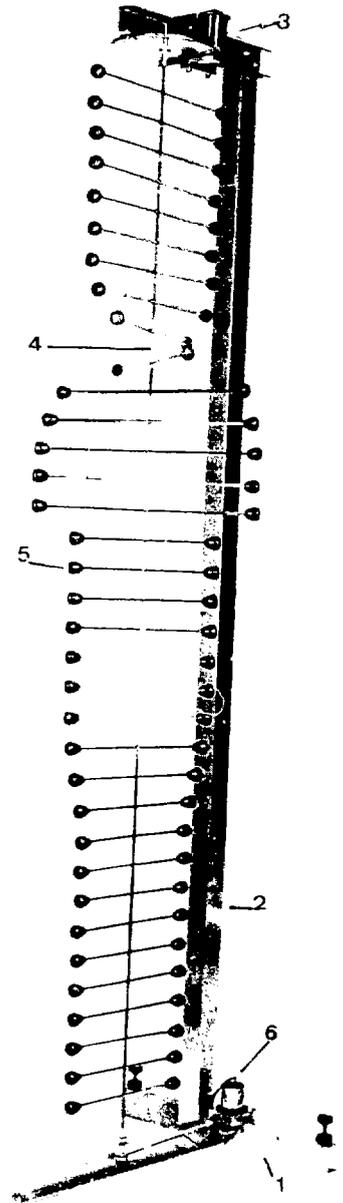


Fig. 4

Accessoire complémentaire, spécialement adapté :

Moteur courant continu (6) directement fixé sur le socle, avec dispositif de liaison pour l'excitation de l'échelle.

III - BRANCHEMENTS ELECTRIQUES

Tous les raccordements électriques se font sur la plaque à bornes, située à l'arrière de la colonne, dans sa partie médiane.

III-1/ Electro-aimant :

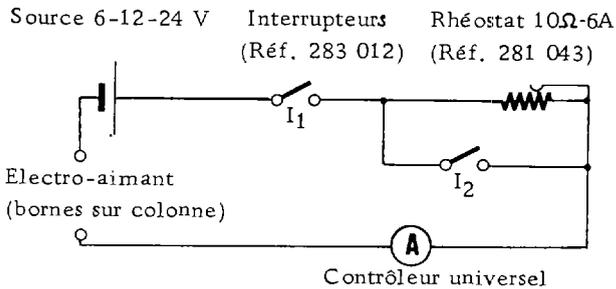
Branché, il permet un amortissement fluide du signal par courants de Foucault, et permet, en faisant croître le courant, d'obtenir un amortissement partiel sans changement de signe, un amortissement complet et un amortissement partiel avec changement de signe (Voir "Manipulations, paragraphe V)

Impédance caractéristique $\neq 2 \text{ A}$

Résistance électrique de l'électroaimant $\neq 8 \text{ ohms}$

Pour obtenir l'impédance caractéristique, une source continue de 24 V et débitant 5 A est nécessaire.

Le montage ci-dessous, réalisé avec les accessoires JEULIN, permet une réalisation aisée des différentes conditions .



La source étant sur 24 Volts, régler l'intensité à l'aide du rhéostat, pour obtenir l'amortissement complet, I_2 étant ouvert. En passant sur 12 Volts, puis en fermant l'interrupteur I_2 sous 24 Volts, on obtient successivement les 2 autres conditions.

Remarque : Pour I supérieur à 2,5 A, ne pas laisser le courant dans l'électroaimant trop longtemps.

III-2 Moteur :

Ensemble moto-réducteur continu 13,5V maxi, permettant la réalisation d'ondes stationnaires ou d'ondes progressives.
Vitesse nominale : 75 tours/minute à 12 Volts.
La variation de vitesse (environ de 10 à 75 tours/minute) est obtenue par une variation de tension continue entre 1 et 12 Volts. Cette variation peut être obtenue par un montage potentiométrique approprié ou en alimentant le moteur à l'aide d'une alimentation stabilisée variable, telle que notre alimentation 281051.

IV. REGLAGES PRELIMINAIRES

IV-1/ Verticalité :

A l'aide d'un fil à plomb, ou d'un niveau, agir sur les vis calantes du socle (7, sur photo n° 2) pour obtenir la verticalité nécessaire à une bonne expérimentation.

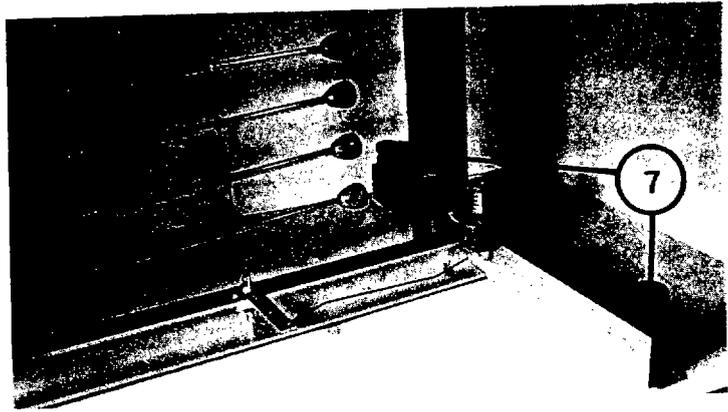


photo n° 2

IV-2/ Tension de l'échelle

Agir sur l'écrou moleté (8) (photo n° 3) pour obtenir la tension idéale de l'échelle.
Une tension trop faible ou trop forte favorise les vibrations parasites.

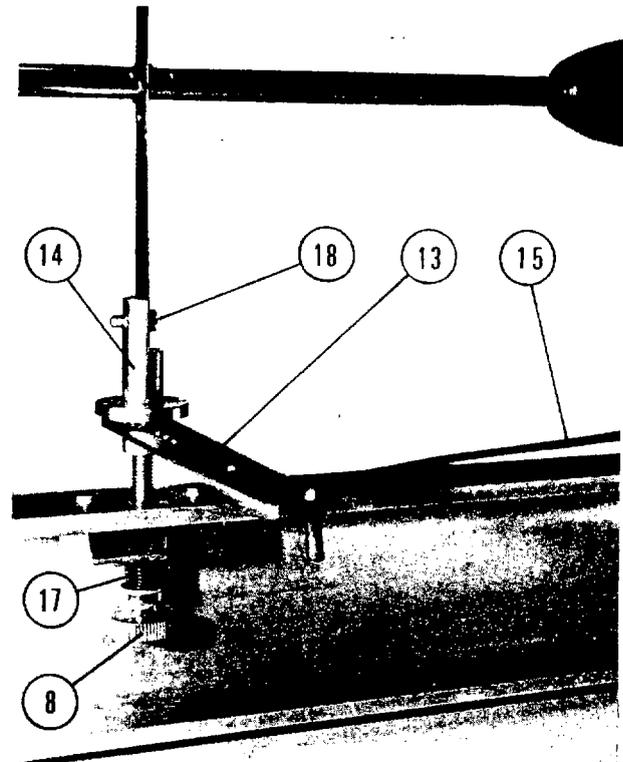


photo n° 3

IV-3/ Réglage du disque de freinage

(Voir photo n° 4)

Les roulements à billes, aux extrémités de l'échelle, sont des roulements à gorges profondes. Ils forment un guide, mais ont cependant un léger jeu axial. De ce fait, si l'échelle acquiert un déplacement transversal trop important, les bords du disque (9) viennent légèrement frotter contre

le circuit magnétique de l'électroaimant.
Cela traduit de mauvaises conditions de manipulations et des vibrations parasites trop importantes,

Lors d'une manipulation correcte, le disque ne doit pas frotter.

Dans le cas contraire, vérifier la verticalité de l'appareil, ou contrôler un éventuel "voilage" du disque qui aurait pu survenir lors du transport ou lors du déballage de l'appareil.

Nota :

On notera que les dimensions du disque ont été choisies afin qu'il ait une inertie sensiblement égale à celle d'un barreau télescopique, les masselottes étant rapprochées (tubes enfoncés).

IV-4/ Dispositif de blocage de l'extrémité supérieure de l'échelle (voir photo n° 4)

Le blocage en rotation du disque se fait par un pion (10) qui pénètre dans l'un des 2 trous du disque.

Le disque libre, le pion est en position basse. Pour immobiliser le disque, amener le trou choisi en face du pion et monter ce dernier jusqu'à ce qu'il pénètre dans le trou du disque. Le ressort le maintient dans cette position.

Si le trou n'est pas rigoureusement en face, tourner le disque jusqu'à ce qu'il soit bloqué (le pion a une forme qui lui assure une pression sur le disque tant qu'il n'est pas en place).

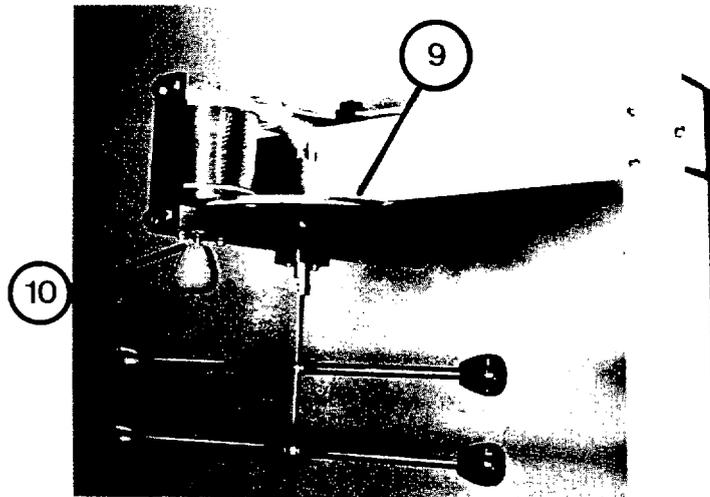


photo n° 4

MANIPULATIONS

NOTES IMPORTANTES

- 1) - A chaque fois que le disque est libre, il est pratique d'utiliser le freinage électromagnétique pour immobiliser l'échelle, quelle que soit l'expérience.
- 2) - Attendre que l'échelle soit le plus possible immobilisée, avant de faire une expérience afin d'éviter les mouvements parasites.
- 3) - Provoquer les ébranlements à l'aide du plat (13) solidaire de l'axe inférieur (14) (photo n° 3). Celui-ci est relativement guidé et limitera donc les oscillations parasites que l'on aurait en lançant le barreau qui, lui, est mobile.

Réf. 222 016

I - PROPAGATION D'UN EBRANLEMENT

Provoquer à la main un ébranlement au barreau du bas, par l'intermédiaire du plat (1/2 tour à vitesse lente, sans à-coup).

Le milieu étant homogène, cet ébranlement se propage à une vitesse constante.

II - REFLEXION AVEC OU SANS CHANGEMENT DE SIGNE

a- extrémité libre :

le barreau supérieur de l'échelle (disque) étant libre, (voir IV-4) on observe une réflexion de l'onde incidente, sans changement de signe.

b- extrémité fixe :

Le barreau supérieur (disque) étant bloqué, on observe une réflexion de l'onde incidente avec changement de signe.

III - LIGNE A RETARD :

L'extrémité supérieure étant libre, donner une impulsion, à la main, au barreau inférieur (1/2 tour à vitesse lente et régulière par l'intermédiaire du plat).

L'ébranlement se propage et arrive à l'extrémité supérieure avec un décalage constant : délai de propagation (l'inertie restant constante).

On observe et on note les délais de propagation quand l'inertie augmente (barreaux longs, c'est à dire inertie maxima, ou à moitié sortis, mais de longueur régulière du bas au haut de l'échelle)

IV - INERTIE VARIABLE :

Les barreaux télescopiques sont "allongés" sur la moitié inférieure de l'échelle.

- Régler l'intensité de l'électro-aimant pour obtenir l'impédance caractéristique (voir III-1).
 - Donner au barreau du bas une impulsion lente à la main (1/2 tour)
 - Lors du passage du 1er milieu de propagation (vitesse V_1) au 2ème milieu (vitesse V_2), deux phénomènes seront observés.
 - L'onde réfractée se propage sur la 2ème partie de l'échelle avec une vitesse $V_2 > V_1$, tandis qu'on observe une réflexion partielle de l'onde incidente. Grâce à l'électroaimant, l'onde réfractée est totalement amortie, ce qui permet de pouvoir visualiser le phénomène plusieurs fois.
- On pourrait avoir un changement d'indice progressif comme indiqué photo n° 5.

V - AMORTISSEMENT, IMPEDANCE CARACTERISTIQUE

Les barreaux de l'échelle étant à inertie minima (courts) et le barreau du haut (disque) étant libre, réaliser le branchement électrique de l'électroaimant comme indiqué en III-1.

Régler l'intensité dans l'électro-aimant aux environs de 1 A, et donner à la main, au barreau du bas, une impulsion : on observe un amortissement partiel de l'onde réfléchie.

En faisant croître l'intensité progressivement, et en répétant l'expérience, on observe un amortissement de plus en plus important (réflexion partielle sans changement de signe). Pour une intensité voisine de 2 A, l'onde est totalement amortie : impédance caractéristique.

Pour les intensités supérieures, l'amortissement varie toujours avec l'intensité, mais la réflexion partielle se fait avec changement de signe.

En réalisant le montage (III-1), on montre très vite les trois conditions : amortissement partiel sans changement de signe, impédance caractéristique, amortissement partiel avec changement de signe.

L'impédance caractéristique étant réalisée pour la position 24 V de la source 281 047, on obtiendra instantanément la réflexion partielle sans changement de signe, en commutant la source sur la position 12 V. En fermant l'interrupteur I_2 (un court instant), on obtiendra un amortissement partiel avec changement de signe.

VI - ONDES PROGRESSIVES

Nota : Ces manipulations se font avec le moteur spécialement adapté Réf. 223 003.

Le freinage électromagnétique est réglé à l'impédance caractéristique.

Relier le bras d'excitation (15 - photo n° 3) au plat inférieur à l'amplitude maximale (trou près de l'axe).

Faire le branchement électrique du moteur comme indiqué en (III-2).

Régler la tension aux bornes du moteur pour obtenir un ébranlement à une fréquence quelconque.

Aucune réflexion ne gênant la progression de l'onde, on met en évidence l'onde progressive

Pour améliorer l'observation du phénomène, il est conseillé de cacher les extrémités rouges arrière par 2 caches, de part et d'autre du ressort ; il faut alors veiller à ce qu'ils ne touchent jamais les barreaux.

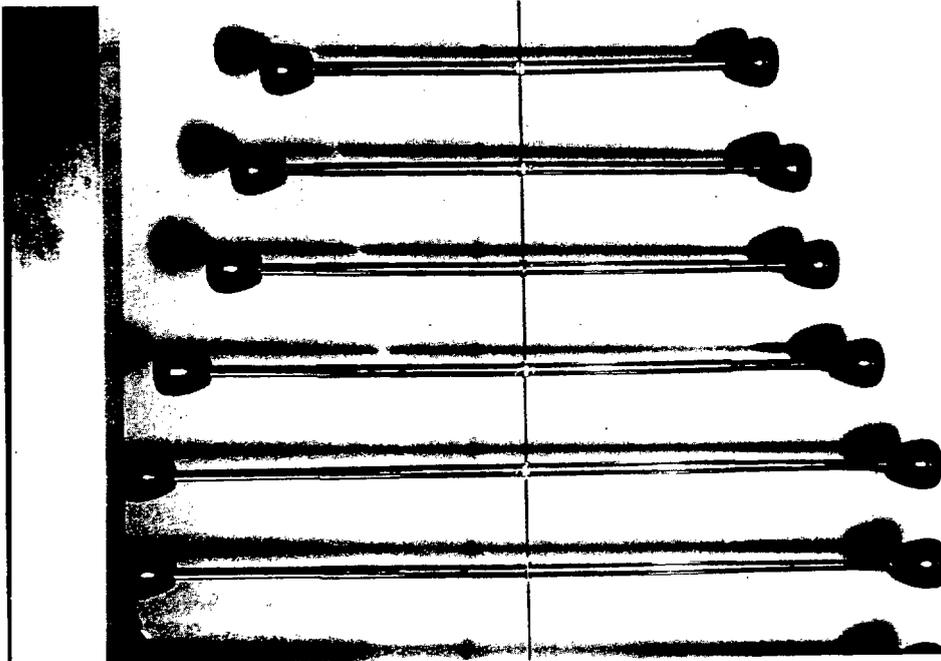


photo n° 5

VII - ONDES STATIONNAIRES

Le frein électromagnétique n'est pas utilisé.

Le bras d'excitation (15) est relié au barreau plat (13) comme indiqué photo n° 3, pour une amplitude minimale.

Pour des fréquences convenablement choisies (réglage

de la tension du moteur), on obtiendra un système d'ondes stationnaires.

Exemples :

La tension aux bornes du moteur est sensiblement proportionnelle à la fréquence d'excitation.

A titre indicatif, on obtiendra les systèmes d'ondes suivants :

	EXTREMITE FIXE		EXTREMITE LIBRE	
	Tension aux bornes du moteur (V)	Nombre de fuseaux	Tension aux bornes du moteur (V)	Nombre de fuseaux
Barreaux Télescopiques courts	2,95 V	1	3,95 V	1,5
	4,70 V	2	5,75 V	2,5
	6,70 V	3	7,60 V	3,5
	8,80 V	4		
Barreaux Longs	2,18 V	1	2,90 V	1,5
	3,47 V	2	4,05 V	2,5
	4,65 V	3	5,30 V	3,5
	5,90 V	4		

Nota :

- A la fin de chaque expérience, pour immobiliser l'échelle, on aura intérêt à libérer le dernier barreau et utiliser le frein électromagnétique.
- L'obtention des ondes stationnaires se fait à des tensions précises qui sont fonction de chaque

appareil. Pour obtenir sans difficulté les systèmes d'ondes stationnaires, on aura intérêt à rechercher d'abord la tension pour 4 ventres, puis pour 3... Lors des manipulations ultérieures, on reprendra toujours les mêmes appareils (source et appareil de mesure).

I - DEBALLAGE

- Attention : le disque est très fragile.
- Deux cartons contiennent respectivement :
 - . le socle en T, la potence et la visserie.
 - . la colonne et l'échelle proprement dite.

On ouvrira le carton en débouchant les deux extrémités après avoir coupé l'adhésif.

1 - Poser la colonne (tube carré) sur une table. la plaque à bornes vers le haut.

2 - Monter le profilé comportant le plat d'excitation (fig. 6) et le fixer sur la colonne par 3 boulons : les rondelles "éventail" et les écrous à l'extérieur. Bien serrer les écrous. Veiller à ce que le profilé soit perpendiculaire à la colonne.

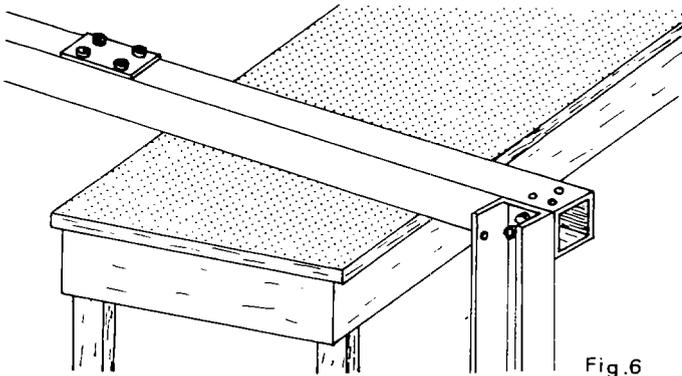


Fig. 6

3 - Monter le profilé comportant les 2 vis calantes (fig. 7) à l'aide de 3 boulons, comme ci-dessus

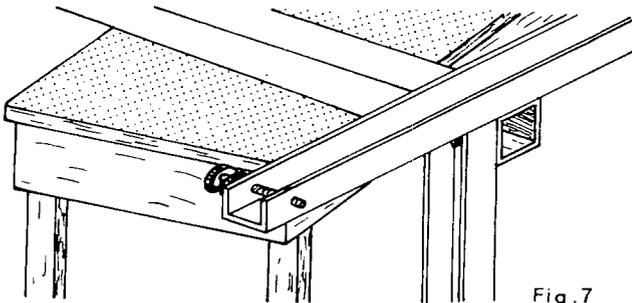


Fig. 7

4 - Monter le profilé qui supporte le disque (très fragile) et les bobines d'électroaimant sur le haut de la colonne. Veiller à la perpendicularité (fig. 8). Brancher les deux fils d'alimentation de l'électro-aimant au domino supérieur.

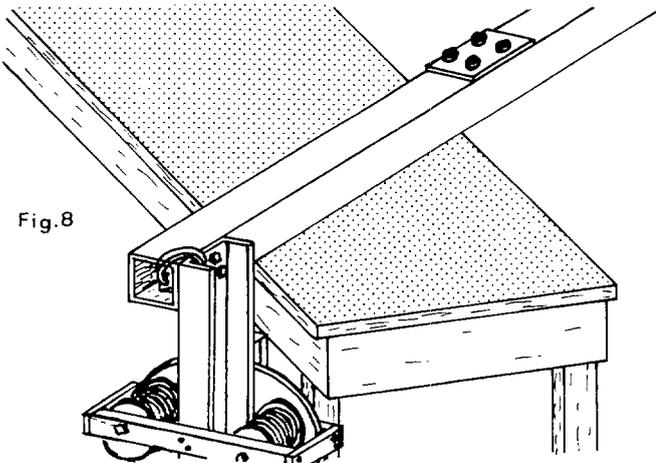
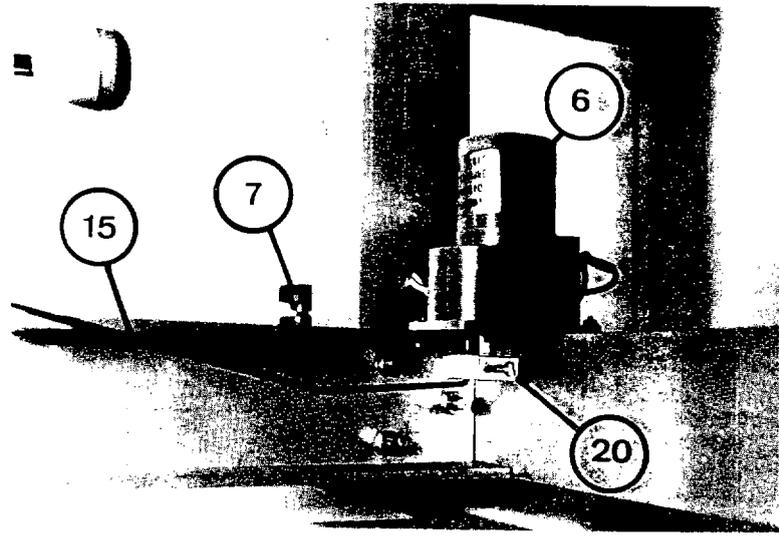


Fig. 8

5 - Disposer la colonne verticalement. Dévisser les vis $\varnothing 3$ mm (18-3) des axes inférieur et supérieur (sous le disque).



6 - Sortir l'échelle de son carton en prenant soin au ruban métallique.

7 - Accrocher le ruban à l'axe supérieur en le maintenant avec la vis et la rondelle qui viennent d'être enlevées (deux personnes sont préférables)

8 - Fixer le ruban à l'axe inférieur. Pour faciliter le montage, dévisser le plus possible l'écrou moleté (8) sans qu'il s'enlève de la tige filetée, comprimer le ressort (17) et le maintenir avec une cale placée entre l'écrou moleté et la surface du profilé en U.

9 - Une fois la vis (et la rondelle) vissée à fond, enlever la cale. Tendre éventuellement l'échelle en revissant un peu l'écrou moleté (pour éviter les vibrations et oscillations parasites Effectuer éventuellement les réglages indiqués au paragraphe IV-2.

II - ADAPTATION DU MOTEUR

(voir photo 9)

Poser l'échelle sur une table afin que l'extrémité inférieure, du tube carré (colonne) soit accessible facilement. Monter le moteur comme indiqué sur la photo 9 et le fixer en vissant les trois vis $\varnothing 2$ mm. avec écrous $\varnothing 2$ et rondelles.

Brancher les 2 cosses au moteur.

Le moteur sera alimenté à l'aide de bornes se trouvant sur la colonne.

Remarques importantes :

■ Lors du montage de l'excentrique carré (20), contrôlez qu'il tourne correctement (le visser en bout d'arbre du moteur).

■ Si le ruban n'est pas tendu :

- . Débloquez légèrement les 3 vis du U représenté à la fig. 8.
- . Remontez à la main l'ensemble U et ruban échelle, de façon à tendre le ruban.
- . Bloquez les 3 vis, le ruban étant toujours tendu.
- . Si nécessaire, faites de même avec le U de la fig. 6.