

3. Construction d'un appareil analyseur en fréquence et son application aux inscriptions sismographiques

par

Mishio ISHIMOTO et Motoharu KIMURA,

Institut de Recherches sur les Tremblements de terre.

(Lu le 21 nov. 1933, Reçu 20 dec. 1933.)

1. Introduction.

Nous avons déjà remarqué¹⁾ que les secousses sismiques observées à la surface terrestre n'ont plus les caractéristiques des ondes envoyées directement du foyer sismique. Quand les ondes primaires arrivent dans la couche superficielle, elles provoquent des ondes secondaires; ces dernières sont considérées comme des ondes stationnaires produites à la surface et elles constituent la plupart des inscriptions du sismographe accélérométrique. Nous avons constaté aussi que la période des ondes secondaires dépend entièrement des propriétés de la couche superficielle et il semble que ces diversités de période peuvent des différence de dommage aux bâtiments, etc. La détermination de la période prédominante des secousses sismiques prend donc une importance extrême dans l'étude du phénomène sismique et nous nous sommes proposé d'analyser les secousses sismiques enregistrées par les sismographes, lesquels ont été installés en différents endroits.

Recentment, un des auteurs a employé une méthode²⁾ conventionnelle pour chercher les périodes prédominantes dans l'inscription sismographique, quoiqu'elle ne soit pas considérée comme rigoureusement exacte. Cette méthode est la suivante: prenant une certaine valeur d'amplitude comme référence, nous avons lu les positions des ondes dans les enregistrements, les chiffres étant lus jusqu'au dixième de millimètre dans la photographie agrandie correspondant à 0,02 seconde. En déterminant le nombre d'ondes correspondant à chaque intervalle, il a obtenu une courbe en cloche. Il est évident que d'après cette méthode on ne pourra pas réussir à détecter toutes les périodes prédominantes dans les secousses, surtout celles ayant les plus grandes valeurs.

1) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 9 (1930), 473.

2) M. ISHIMOTO, *ibid.*, 10 (1931), 171.

Il y a quelques années, le regretté Professeur K. Suyehiro a construit un sismographe³⁾ capable d'enregistrer des secousses sismiques sous une forme analysée. Cet appareil comporte un certain nombre de pendules de différentes périodes. Quand une période dans les secousses coïncide avec celle d'un pendule, l'amplitude devient sensiblement grande et on peut détecter les périodes prédominantes dans les secousses. Mais, il n'est pas employable pour les anciens séismes d'allure fugitive, les secousses seules laissant des traces dans l'enregistrement sismographique.

D'autre part, on peut être tenté d'employer la méthode d'analyse harmonique de Fourier aux secousses sismiques. Elle ne sera pas employable, malheureusement, pour les deux principales raisons suivantes: 1° les caractéristiques des secousses sismiques sont tellement compliquées que l'on ne peut pas les comparer à celles des sons musicaux: les secousses ne comportent jamais de répétition des oscillations sous une forme constante; 2° les périodes prédominantes dans les secousses ne conservent pas généralement de rapport harmonique entre elles. Nous sommes donc obligés de chercher quelque moyen qui permet d'analyser les secousses sismiques en fréquence.

Quand on veut analyser les secousses ayant des caractéristiques compliquées, on emploie souvent un système possédant sa période propre d'oscillation: système spécialement adopté dans le domaine de l'analyse du courant électrique⁴⁾. Il nous semble qu'il y a plusieurs méthodes d'analyse, soit purement électrique, soit mi-électrique mi-mécanique, lesquelles seront appliquées même aux courants oscillatoires d'allure tout à fait compliquée. Le principe fondamental d'analyse ne se base que sur l'emploi du phénomène de résonance analogue à celui observé à l'occasion de l'oscillation forcée d'un pendule.

En considérant que ce principe pourra répondre à notre intention, nous nous sommes décidés à construire un appareil analyseur comportant un système oscillatoire. Nous avons employé d'une part une cellule photo-électrique ainsi qu'une sorte de film sonore produit d'après l'inscription sismographique; d'autre part un galvanomètre comportant un cadre oscillant prêt à se mettre en résonance avec le courant électrique, s'il a la même période d'oscillation.

Après avoir l'appareil analyseur construit, nous avons réussi à constater

3) K. SUYEHIRO, *Bull. Earthq. Res. Inst.* 1 (1926), 59 et 7 (1929), 467.

4) Recemment M. M. KOBAYASI à la Compagnie Japonaise de l'Electricité a construit un appareil capable d'analyser les sons au courant de leur production. *Journ. Inst. Elec. Eng. Japan* No. 508 (1929), 1254.

l'existence des périodes prédominantes dans les secousses sismiques. En tout cas, nous avons pu établir continuellement des périodes prédominantes dans les secousses en série suivant l'analogie du spectre dans les études optiques. Nous allons décrire la construction de l'appareil analyseur ainsi que les résultats obtenus par celui-ci.

2. Construction de l'appareil analyseur.

Partant de l'idée ci-dessus, nous avons construit un appareil analyseur pour les secousses sismiques. Cet appareil comprend éléments: nous les

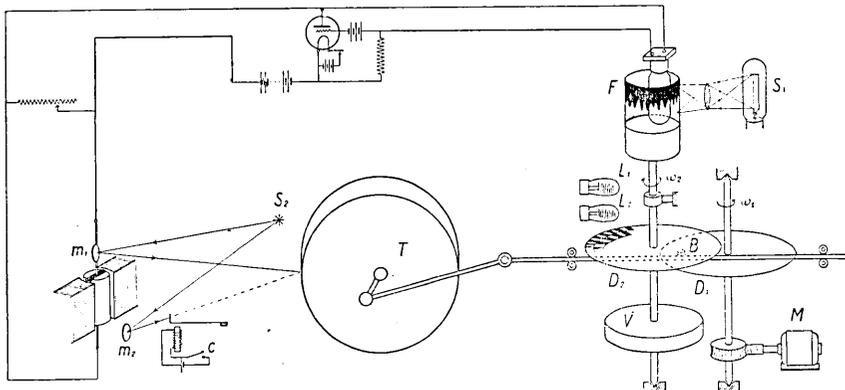


Fig. 1. Aspect général de l'appareil analyseur représenté schématiquement.

décrivons les uns après les autres. La Fig. 1 montre l'aspect général de l'appareil et la Fig. 2 en est une photographie.

Le film que nous avons employé est analogue à celui du cinéma sonore du type à densité constante et amplitude variable. Ayant choisi une inscription sismographique enregistrée mécaniquement sur du papier enduit de noir de fumée, nous l'agrandissons plusieurs fois au moyen de la photographie. Nous noircissons à l'encres de Chine une moitié de la surface du papier délimitée par la courbe enregistrée. Nous reportons ensuite cette figure sur un film spécial capable de réaliser assez de contraste entre les deux parties. Le film achevé sera alors enroulé par sa portion basse sur un cylindre surmonté sur le même axe par un disque roulant D_2 (Fig. 1).

Nous installons une cellule photo-électrique (PT-25-G) à l'intérieur du film enroulé. Pour connaître la sensibilité de cette cellule, nous avons exécuté un étalonnage en variant la quantité de lumière: nous avons changé la longueur du faisceau d'image d'un filament, faisceau qui est destiné à tomber sur la surface cathodique de la cellule. L'ar-

rangement général de l'étalonnage ainsi que le résultat obtenu sont représentés par la Fig. 3. Nous constatons que le courant électrique produit dans le circuit de la cellule est toujours proportionnel à la quantité de lumière. Pour la source lumineuse, nous employons une lampe électrique mono-filament ayant 2,5 cm de longueur et 0,05 mm de diamètre. Naturellement il faut que le filament soit maintenu parfaitement droit. L'image de ce filament est produite à la surface du film enroulé au moyen d'un objectif photographique ($f=5$ cm). Le faisceau lumineux arrive évidemment jusqu'à la surface cathodique en passant par la portion transparent du film. La quantité de lumière est toujours proportionnelle à l'amplitude de l'inscription des secousses. Il y a de plus une lampe à trois électrodes (UX112A) qui amplifie le courant produit à la cellule, lequel sera ensuite envoyé dans le cadre d'un galvanomètre.

Afin d'avoir une sensibilité convenable du cadre, nous avons employé l'électro-aimant pour produire le champ magnétique du galvanomètre. Nous avons mis un fil de cuivre jaune aux deux côtés du cadre. Le cadre possède ainsi une période propre d'oscillation autour d'un axe défini par le fil métallique. Le diamètre du fil employé a environ 1 mm et sa période propre d'oscillation a été trouvée égale à 0,0392 s ; c'est-à-dire 25,5 oscillations par seconde.

Nous avons attaché un shunt au galvanomètre pour une condition convenable de l'oscillation libre du cadre. Après un certain nombre d'expériences, nous avons trouvé 10 000-5 000 Ω comme la meilleure valeur pour le shunt. Avec ce chunt le rapport successif d'amplitude de l'oscillation libre devient 1,13:1. Naturellement, ce paramètre détermine l'aigreur de la courbe de résonance. La traitement théorique de

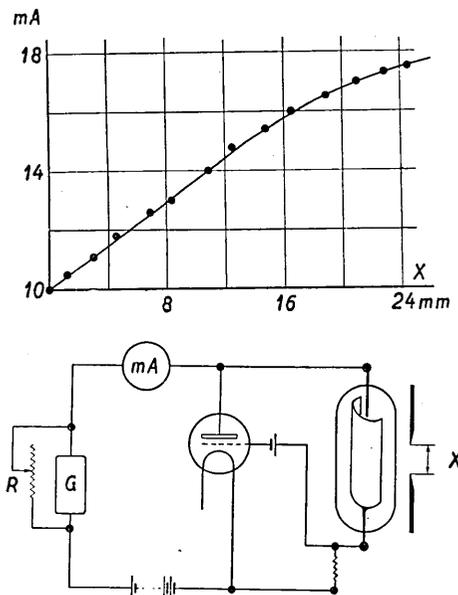


Fig. 3. Arrangement général d'étalonnage pour la cellule photo-électrique et le résultat obtenu.

l'oscillation sera donné plus loin. En tout cas, nous avons calculé l'aigreur de la courbe de résonance suivant le degré d'amortissement. La Fig. 4 montre la courbe obtenue avec 1,13 pour le rapport d'amortissement. Pour définir l'aigreur de la courbe, nous prendrons comme la largeur correspondant à la moitié de valeur de l'amplitude maxima. Nous aurons ainsi 0,966 T et 1,033 T pour les deux extrémités de la largeur. Nous pouvons dire que ce système oscillatoire permet de distinguer une période des autres, s'il y a 3,4% de différence.

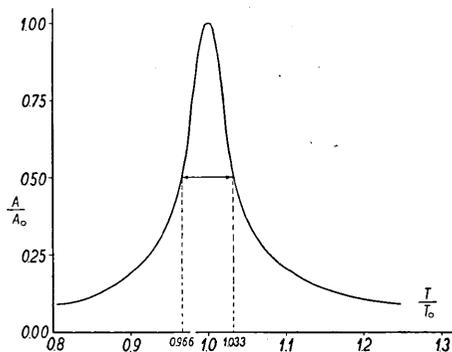


Fig. 4. Courbe de résonance du cadre dans le galvanomètre.

Nous allons maintenant décrire la partie mécanique de l'appareil. Deux disques métalliques D_1 et D_2 (Fig. 1) ayant 20 cm de diamètre tournent autour leurs axes dont la distance est 11,22 cm. Un moteur synchronisme M transmet la rotation au disque D_1 au moyen d'une vis sans fin. Ce dernier tourne avec une période constante de 2 secondes : la constance de cette période est considérée comme suffisante, étant donné que la fréquence des réseaux urbains d'électricité est tenue soigneusement constante.

La rotation du disque D_1 provoque celle du disque D_2 par l'intermédiaire d'une bille d'acier B ayant 1,34 cm de diamètre. Nous installons un volant V à l'axe du disque D_2 afin de régulariser la rotation des disques. La phase θ d'un tambour T (20,3 cm de diamètre) désigne la position de la bille qui glisse suivant la direction déterminée par les deux centres de disques. La bille est déplacée par un bras (4,06 cm de longueur) attaché à l'axe de rotation du tambour. Cette relation sera représentée par la formule suivante :

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{A - a \cos \theta}{A + a \cos \theta},$$

où ω_1 , ω_2 sont les vitesses angulaires respectives des deux disques ; a la longueur de bras attaché au tambour ; A la distance des deux axes de disques. En mettant des données dans la formule, nous pouvons tout de suite calculer la valeur de ω_2 . La Fig. 5 montre les résultats obtenus par le calcul et ceux obtenus par l'expérience. On verra que ces deux résultats coïncident très bien.

Pour faire tourner le tambour, nous avons employé un moteur électrique qui transmet également sa rotation au tambour au moyen d'une vis sans fin. Ces mécanismes ne sont pas représentés dans la Fig. 1. Généralement le tambour fait un tour complet en 50 min.

Suivant la position de la bille, la période de rotation du film varie de 0,20 s. à 20 s. Quoique la période change dans ces limites, la caractéristique du courant oscillatoire produit dans le circuit photo-électrique ne varie point : autrement dit, la forme du courant électrique est toujours la même. Naturellement, les fréquences transformées dans le courant augmentent avec

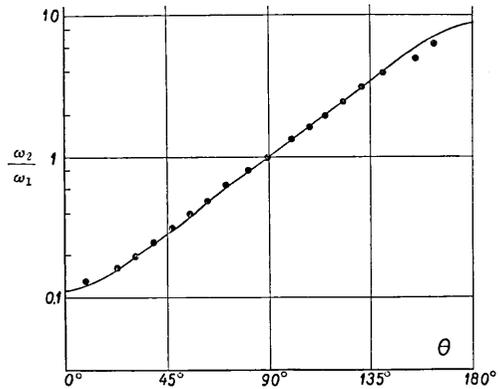


Fig. 5. Relation entre la vitesse de rotation du film (ω_2) et la phase du tambour (θ).

à la vitesse de rotation du film. Donc, les fréquences enregistrées sont transmises les unes après les autres jusqu'à celle du cadre suivant l'augmentation continue de la rotation du film. Le système du cadre fait alors résonance avec une des fréquences électriques et l'amplitude du cadre devient maxima. Nous pouvons alors détecter toutes les fréquences existant dans l'inscription en observant les variations de l'amplitude du cadre.

Un miroir m_1 attaché au cadre réfléchit le faisceau lumineux envoyé d'une autre source S_2 jusqu'au papier photographique enroulé sur le tambour T et les variations de l'amplitude d'oscillation du cadre seront enregistrées aux positions connues correspondant à la vitesse de rotation du film. Nous pouvons enfin arranger toutes les fréquences dans l'inscription, les unes après les autres, le long du papier photographique : autrement dit, nous pouvons analyser les secousses sismiques en spectre.

Pour connaître la période de rotation du film, nous avons employé la méthode stroboscopique. Il y a deux lampes de néon L_1, L_2 au dessus du disque D_2 qui porte une feuille circulaire de papier où est tracée une série de bandes portant des traits blancs sur fond noir. Ces deux lampes s'allument respectivement à 100 et 10 intermittences par seconde. Nous choisissons naturellement celle de ces lampes qui répond à la

vitesse de rotation de disque et nous pouvons facilement déterminer la vitesse de rotation de ce dernier.

La période de rotation du disque varie continuellement au cours de l'expérience et nous marquons un point au moyen d'une clé C sur le papier photographique chaque fois que nous observons que les traits de la bande paraissent immobiles. Voici la Table I qui détermine la période de rotation du film par la méthode stroboscopique.

Table I.

Nombre de traits dans la bande.	Avec la lampe de 100 intermittences par s.		Avec la lampe de 10 intermittences par s.	
	Période de rotation (secondes)	Nombre de rotations par seconde	Période de rotation (secondes)	Nombre de rotations par seconde
15	1,5 s.	0,67	0,15 s.	6,7
20	2,0	0,50	0,20	5,0
25	2,5	0,40	0,25	4,0
32	3,2	0,31	0,32	3,1
40	4,0	0,25	0,40	2,5
50	5,0	0,20	0,50	2,0
64	6,4	0,16	0,64	1,6
80	8,0	0,125	0,80	1,25
100	10,0	0,100	1,00	1,0
120	12,0	0,083	1,20	0,83
150	15,0	0,067	1,50	0,67

3. Théorie de l'analyse.

Supposons que l'inscription des secousses sismiques est constituée par la superposition d'oscillations sinusoïdales comme représentées dans la formule suivante:

$$\sum_k A_k \cos \frac{2\pi}{T_k} (t + \varepsilon_k). \quad (1)$$

Evidemment, chaque T_k n'est pas nécessairement en relation harmonique. Au moyen de la cellule photo-électrique les secousses dans l'inscription seront transformées en un courant électrique qui est conduit ensuite au cadre du galvanomètre. Bien que les périodes de secousses dans l'inscription varient suivant la vitesse de rotation du film, la forme des secousses reste parfaitement constante.

Soit T'_k la nouvelle valeur de T_k transformé dans notre système et

désignons par θ la déviation angulaire du cadre. Nous aurons :

$$\ddot{\theta} + 2\lambda\dot{\theta} + n^2\theta = c \sum_k A'_k \cos \frac{2\pi}{T'_k} (t + e'_k), \quad (2)$$

où $n = \frac{2\pi}{T_0}$, T_0 la période propre d'oscillation du cadre ; $e^{\tau_0\lambda}$ le rapport de l'amortissement. Soit encore :

l = longueur correspondant à une seconde dans le film.

r = rayon du film cylindrique. (2,3 cm)

ω_2 = vitesse angulaire du film.

Nous pouvons de suite écrire une relation entre T_k et T'_k avec la formule suivante :

$$\frac{T'_k}{T_k} = \frac{l}{2\pi r \omega_2} = \frac{l}{2\pi r \omega_1} \frac{A + a \cos \theta}{A - a \cos \theta}. \quad (3)$$

Considérons le cas où nous n'avons qu'une période T_k dans les secousses. Quand T'_k approche de T_0 , il y a phénomène de résonance et θ devient maxima. La courbe de résonance est alors représentée par

$$\theta \propto \frac{A'_k}{\sqrt{(n^2 - p_k'^2)^2 + 4\lambda^2 p_k'^2}}, \quad (4)$$

où $P'_k = \frac{2\pi}{T'_k}$. Suivant cette formule nous avons déjà calculé l'aigreur de cette courbe représentée dans la Fig. 5.

Quand nous diminuons la valeur de λ , l'aigreur de la courbe augmente et il semblerait que l'appareil puisse permettre de distinguer les périodes plus voisines. Si cependant nous tentons de le faire, il interviendra en même temps d'autres résultats qui ne sont pas conformés au but de notre appareil. Cela tient à ce que les secousses sismiques possèdent d'autres caractéristiques qui ne seront pas représentées par la formule (1). Nous savons que même un choc peut provoquer une oscillation au cadre : son oscillation durera assez longtemps, s'il y a très peu d'amortissement. Dans les secousses sismiques, nous pouvons constater l'existence de changements brusques d'amplitude qui peuvent provoquer aussi des oscillations au cadre. Donc, nous sommes obligés de donner un certain degré d'amortissement à l'oscillation du cadre afin d'éliminer l'effet des chocs. De toute façon, cette décision dépend entièrement des conditions irrégulières des secousses sismiques. Le critérium qui déterminera le degré d'amortissement du cadre n'existera pas ; il est nécessaire de rechercher par l'expérience la meilleure condition convenable pour analyser les secousses sismiques.

4. Analyses de courbes connues.

Pour vérifier la fonction de notre appareil analyseur nous avons exécuté des expériences sur plusieurs courbes artificielles dont chaque élément harmonique est connu. Elles sont représentées dans les Fig. 6, 8 et 10. Nous avons taillé le papier suivant ces courbes qui comportent dix répétitions d'une figure élémentaire et nous l'avons l'enroulé sur le cylindre.

a)



Fig. 6.

Premièrement nous avons essayé d'analyser la courbe représentée à la Fig. 6: le développement en série harmonique de cette courbe est

$$f(x) = c \left\{ \sin x - \frac{1}{2} \sin 2x + \frac{1}{3} \sin 3x - \frac{1}{4} \sin 4x + \dots \right\}.$$

Le spectre obtenu par notre appareil est représenté par la Fig. 7 où l'on constate les éléments harmoniques jusqu'au quatrième ordre. La comparaison des amplitudes de chaque harmonique obtenues par les deux méthodes est donnée dans la Table II, où l'on trouvera une coïncidence suffisante.

Table II.

	calcul	expérience
Oscillation fondamentale	1,00	(1,00)
2 ^{me} harmonique	0,50	0,52
3 ^{me} harmonique	0,33	0,34
4 ^{me} harmonique	0,25	0,27

b)



Fig 8.

La courbe de la Fig. 8 se développe en série harmonique sous la forme

$$f(x) = c \left\{ \sin x + \frac{1}{3} \sin 3x + \frac{1}{5} \sin 5x + \dots \right\},$$

dont les harmoniques d'ordre pair manquent. Le spectre obtenu par

notre appareil est représenté par la Fig. 9. Nous remarquons aussi qu'il n'y a pas d'ordre pair. La comparaison de deux amplitudes est représentée dans la table III.

Table III.

	calcul	expérience
Oscillation fondamentale	1,00	1,00
3 ^{me} harmonique	0,33	0,33
5 ^{me} harmonique	0,20	0,196
7 ^{me} harmonique	0,14	0,10
9 ^{me} harmonique	0,11	0,11

c)



Fig. 10.

La courbe de la Fig. 10 est développée en série sous la forme

$$f(x) = c \{ c_1 \cos(x + \varepsilon_1) + c_2 \cos(2x + \varepsilon_2) + c_3 \cos(3x + \varepsilon_3) + \dots \},$$

où c_1, c_2 etc. sont calculés par nous-même suivant des données de dimension. Le spectre obtenu par l'expérience est montré dans la Fig. 11. La comparaison de deux résultats se trouve dans la table IV.

Table IV.

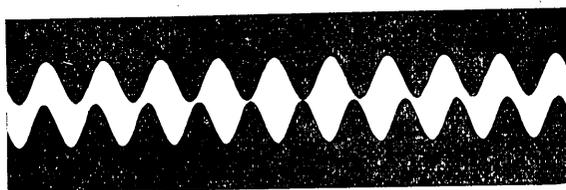
	calcul	expérience
c_1	1,00	1,00
c_2	0,50	0,50
c_3	0,08	0,08
c_4	0,20	0,20

Nous remarquons que l'amplitude de 3^{me} harmonique demeure assez petite dans les deux analyses également.

d) Pour connaître l'amplitude de notre appareil pour la séparation de deux période voisines, nous avons choisi une courbe représentée par

$$f(x) = \sin 10x + \sin 11x.$$

La Fig. 12 montre le film présenté à l'expérience. Le résultat d'analyse est représenté dans la Fig. 13 qui nous permet de constater que les

Fig. 12. Superposition de deux courbes $\sin 10x$ et $\sin 11x$.

deux périodes co-existant dans l'intervalle de 10 pour cent distinguables. Nous avons déjà discuté cette propriété de l'appareil suivant le degré d'amortissement de l'oscillation libre du cadre.

5. Analyses des secousses sismiques.

Nous avons enfin cherché à appliquer notre appareil à l'analyse des secousses sismiques enregistrées par le sismographe. Nous avons choisi des sismogrammes accélérométriques obtenus à Hongô ainsi qu'à Maru-no-uti pour deux séismes. Leurs éléments sont donnés dans la table suivante :

No. ⁵⁾	date de l'occurrence	épicentre	composante
69	28 sept. 1931	$\lambda = 139^\circ 18E, \varphi = 35^\circ 96N$	E-0
10	3 mars 1933	$\lambda = 144^\circ 00E, \varphi = 38^\circ 50N$	E-0

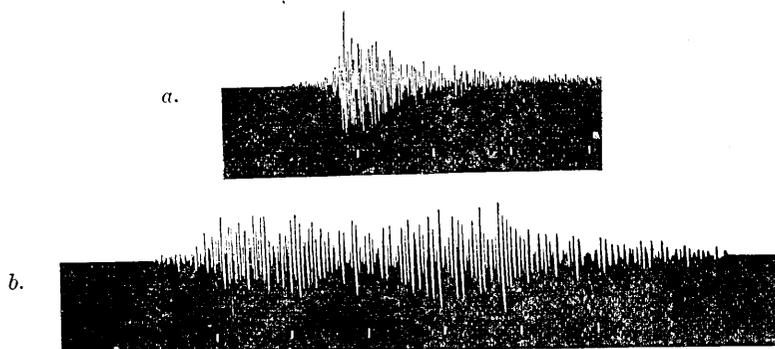


Fig. 14. Films produits d'après les inscriptions accélérométriques du séisme du 28 sept. 1931: *a.* obtenue à Hongô, *b.* obtenue à Maru-no-uti. Intervalle de deux marques correspond 12 s.

5) Adopté dans le Rapport Sismométrique de notre Institut dans lequel on trouvera les enregistrements sismographiques.

Pour le séisme du 28 sept. 1931, les inscriptions sismographiques sont données dans le Rapport Sismométrique de notre Institut et les films dans la Fig. 14. La Fig. 15 représente les spectres obtenus par notre appareil analyseur pour ce séisme. Nous avons déjà constaté que la période prédominante des secousses étaient 0,3 s. à Hongô et 0,6 s. à Maru-no-uti.⁶⁾ Les résultats obtenus par notre analyse aussi montrent les mêmes résultats. La méthode adoptée conventionnellement la fois précédente n'est pas rigoureusement exacte : mais elle a l'avantage d'être simple et de ne nécessiter aucun appareil spécial.

Comparons maintenant ces deux résultats : les courbes obtenues par les deux méthodes différentes sont représentées dans la Fig. 16.⁷⁾ Ces

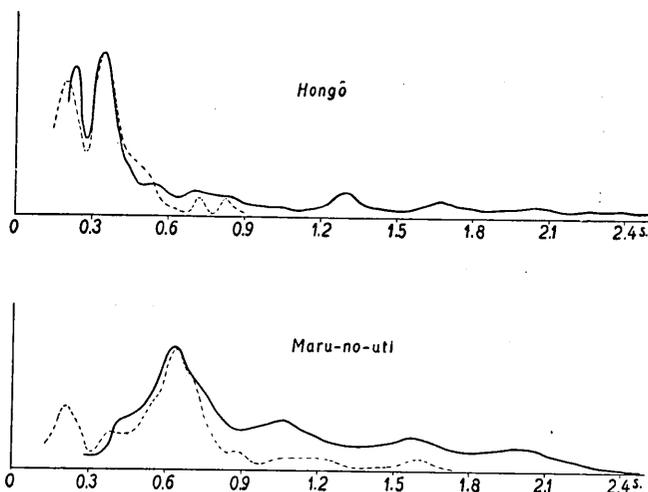


Fig. 16. Comparaison des résultats d'analyse obtenus par l'application des deux méthodes pour les secousses sismiques du 28 sept. 1931.

deux courbes coïncident certainement bien surtout dans la région maxima de la courbe laquelle est une très grande importance pour notre but de recherche. Il est certain que l'ancienne méthode ne peut pas relever toutes les périodes prédominantes surtout dans le domaine des longues périodes. En tout cas, nous pouvons dire que l'ancienne méthode sera utilisable pour relever la période prédominante la plus remarquable dans les secousses sismiques. Ce fait dépend entièrement de la caractéristique des secousses sismiques.

6) *loc. cit.*

7) Ligne brisée représente le résultat obtenu par l'ancienne méthode; ligne réelle est représentée le résultat obtenu par l'analyse de notre appareil.

Les films reproduits d'après inscriptions obtenues aux deux stations pour le séisme du 3 mars sont représentées dans la Fig. 17 et leurs spectres dans la Fig. 18. Nous pouvons constater qu'il y a plusieurs

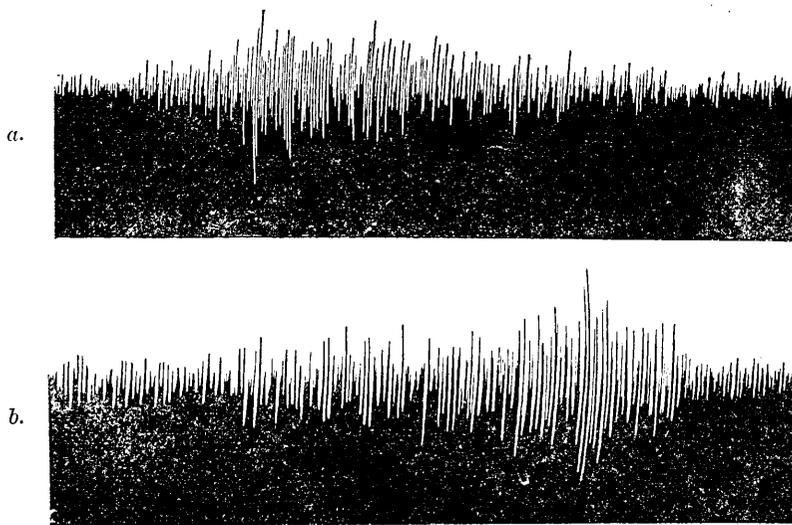


Fig. 17. Films produit d'après les inscriptions accélérométriques du séisme du 3 mars 1933: *a.* obtenue à Hongô, *b.* obtenue à Maru-no-uti.

périodes prédominantes dans les secousses. Au moment des ébranlements sismiques, les habitants de la partie haute de la ville de Tôkyô ont ressenti, des secousses de grande période superposées à des secousses de petite période. Cette perception des sens coïncide probablement avec le fait obtenu suivant notre analyse. La comparaison des deux résultats est donné dans la Fig. 19. Il est presque impossible de relever une grande période prédominante dans les secousses suivant l'ancienne méthode.

Nous avons ainsi exécuté une autre analyse sur l'inscription des secousses micro-sismiques enregistrées par un sismographe de plusieurs milliers d'amplification. Le spectre des secousses et la courbe en cloche obtenue par la ancienne méthode sont représentés dans la Fig. 20. Cette fois-ci, nous constatons que les deux résultats coïncident aussi bien. Nous avons déjà démontré⁸⁾ que ces secousses de petites amplitudes ont les caractéristiques analogues à celles des secousses sismiques. Ce fait est aussi acceptable avec le résultat obtenu par notre appareil analyseur.

8) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 9 (1931), 473.

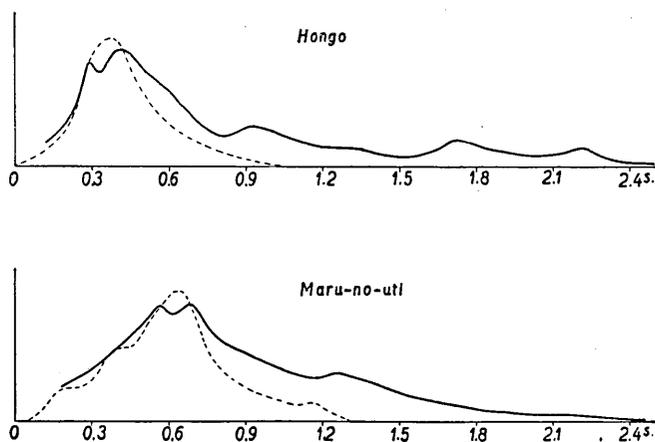


Fig. 19. Comparaison des résultats d'analyse obtenus par l'application des deux méthodes pour les secousses sismiques du 3 mars 1933.

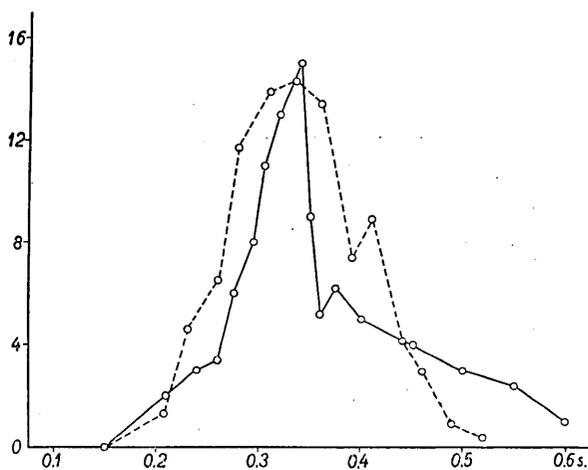


Fig. 20. Comparaison des résultats d'analyse obtenus par l'application des deux méthodes pour les secousses miro-sismiques.

6. Remarques.

Les inscriptions des secousses sismiques sont généralement obtenues au moyen d'une plume attachée à l'extrémité d'un levier amplificateur. Comme le levier a un mouvement de rotation, les secousses enregistrées ont naturellement une apparence particulière due à l'arc circulaire. Cette caractéristique sera accentuée énormément dans le cas où l'amplitude de secousses atteint une grande valeur. Ce fait apporte une gêne

à l'exécution de l'analyse dont la source ayant un filament droit.

Pour éliminer cet obstacle, nous avons essayé d'amener la filament en forme d'arc circulaire au lieu de la forme en ligne droite. En employant un morceau du fil mince de platine en forme d'arc, nous avons exécuté des expériences qui nous ont donné un bon résultat. Nous nous proposons donc de poursuivre nos expériences avec cette source lumineuse, en particulier sur des enregistrements des secousses de grande amplitude.

3. 周波分解器製作と地震動記象の分解

地震研究所 { 石本 巳 四 雄
木 村 一 治

1. 地震現象中には各地域に固有と考へられる二次震動が多く存在する事が確められて居るが、其の振動周期は地盤の良否と密接の關係を有するものである。即ち各地震動中に存する卓越周期は地震災害問題に關して主要なものとなる。而して其測定においては前論文中簡単な方法を採用した。今回その根本的分解を試みる事となり、周波分解器を製作し、卓越周期の決定に努めたのである。

2. 周波分解器は各部分から成立するが(第1圖を見よ)、先づ地震記象を基とし、曲線を中間として半面は透明、半面は黒きフィルムを製作する。フィルムは圓筒形に巻かれ、連続的に速さの變化する回轉軸上に置く。而して外部から單條フィラメントの像をフィルム上に結ばしめ、フィルムを通過した光束は圓筒内に設置された光電管の陰極面に投げられる。かくして得られた振動電流は真空管によつて擴大され、電流計の線框中に導入される。此の線框は上下兩端において約1mmの直径を有する眞鍮線により吊り張られて居り、一秒間255回の自己振動を行ふ。但しシャントとして電氣抵抗が此の線框に平行に挿入してあるから、振動は適當に減衰するのである。フィルムの回轉數は驚盤方法によつて決定されるが、回轉數の増加は線框内に送られる振動電流の周波數も大ならしめ、其の周期が線框の自己振動周期と合致する時には共鳴現象が起る。即ち吾々は線框の振幅増加を觀察する事によつて、元振動中に存在する周期を抽出する事が出来るのである。線框の振幅は寫眞装置により横軸圓筒上に巻つけられた臭素紙上に記録される。

フィルムの回轉變化は第1圖に示す如き、二つの圓盤間を往復變位する鋼球によつて行はれ、0.2秒-20秒の周期内に變化回轉する。鋼球の變位は回轉圓筒に附した腕によつて行はれ、其の位相に對しフィルムの回轉周期が決定されるから、結局横軸回轉圓筒上の臭素紙上にすべての周期をスペクトルとして分解記録する事が出来るのである。

3. 周波分解の根本原理は一振動體の外力による共鳴現象を力學的に取扱つたものに歸し得るのであり、實驗上採用した線框の減衰比によつて共鳴度の尖さが決定され、自ら其の分解度も決定されるのである(第4圖)。

4. 數學的に調和各項の知られた曲線を以上の器械によつて分解して見ると、各振幅は計算上得

られたものとよく一致する。又 10% 周期の異つた二つの正弦曲線の和を分解して見ると確かに二つの振動に分解される。

5. 加速度地震計によつて記録された本郷及び丸ノ内の地震動を分解して見ると卓越周期の分布が明瞭となつた。此れを以前簡単な方法によつて求めた結果と比較して見るに、最も著しい卓越周期は何れもよく一致する、即ち本郷においては何れの地震動も 0.3 秒附近、丸ノ内においては 0.6 秒附近に最大の卓越周期を有して居る事が判る。

6. 地震動が相當大になると其の記象はすべて圓弧を以て表はされる事となる。従つて使用するべきフィラメントも圓弧状になす必要がある。既に適當に細い白金線を圓弧状となして實驗を行つたが、將來は此れを用ひて特に振幅の大なる大地震の記象を分解する事を試み度いと思つて居る。

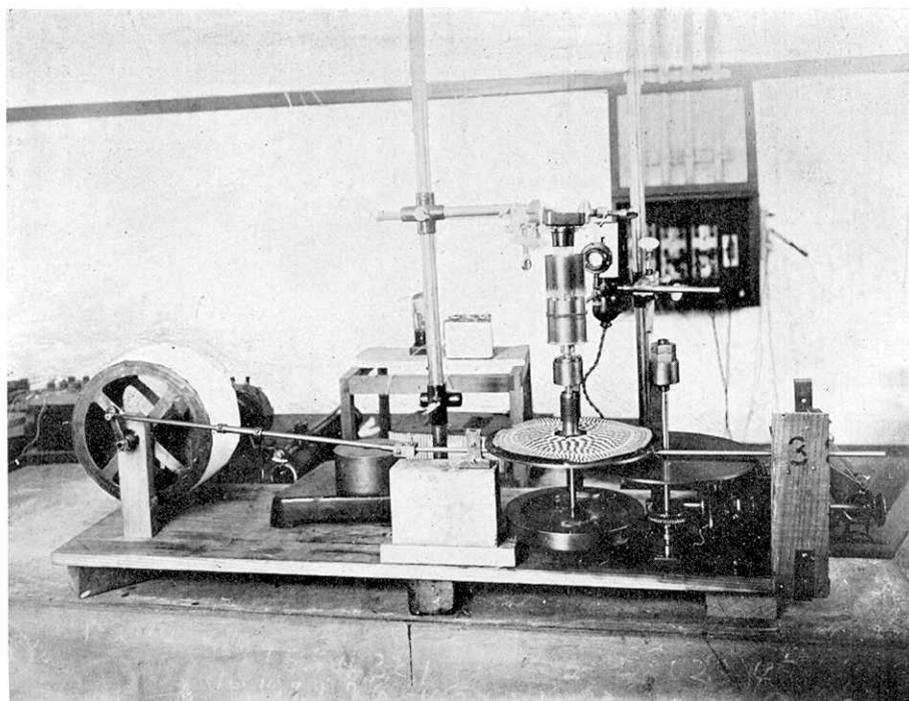


Fig. 2. Photographie de l'appareil analyseur.

(震研彙報、第十二號、圖版、石本、木村)

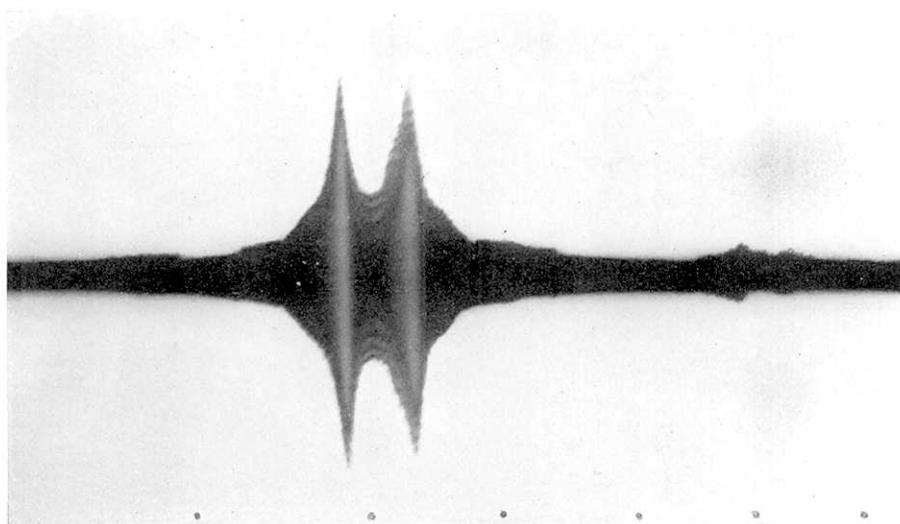


Fig. 13. Résultat d'analyse de la courbe de Fig. 12.

1.0 R.P.S.

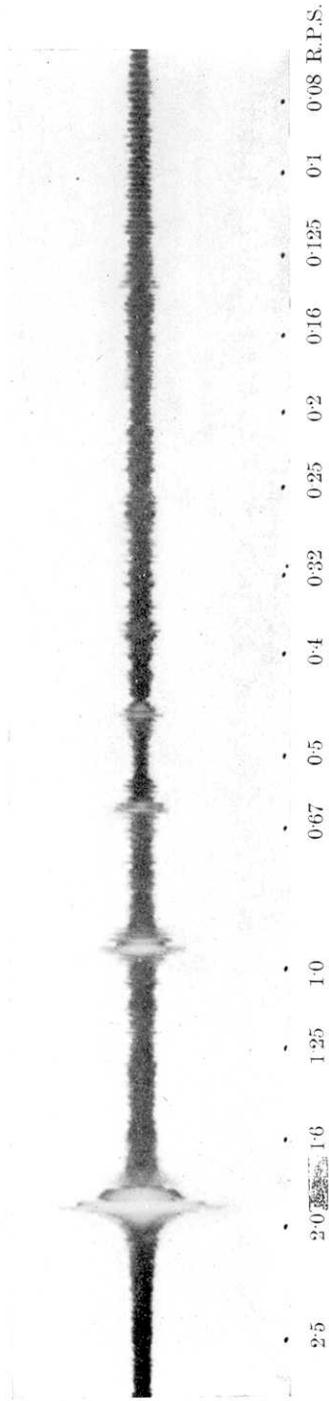


Fig. 7. Résultat d'analyse de la courbe de Fig. 6.

(震研彙報、第十二號、圖版、石木、木村)

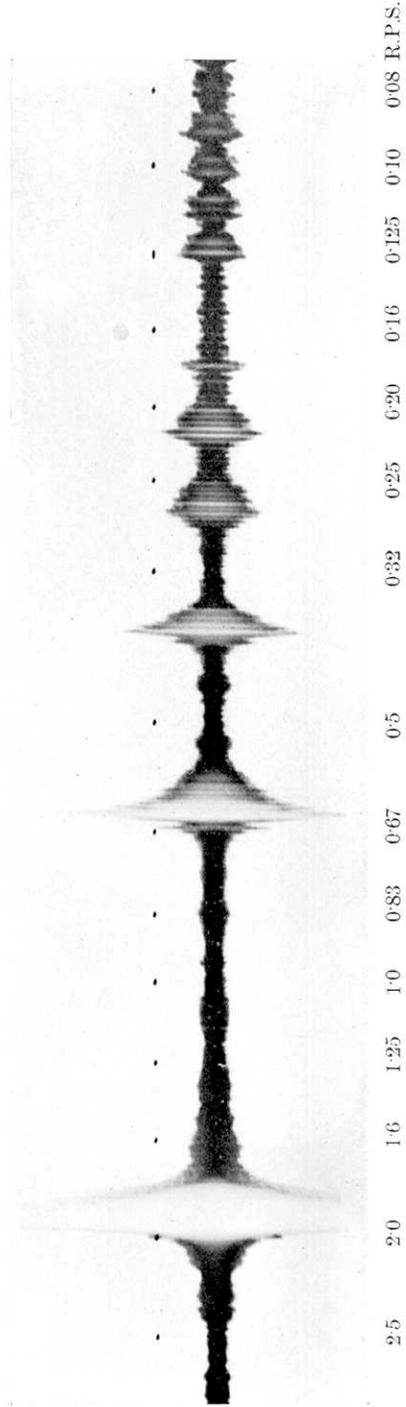


Fig. 9. Résultat d'analyse de la courbe de Fig. 8.

[M. ISHIMOTO and M. KIMURA.]

[Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. XII, Pl. VI.]

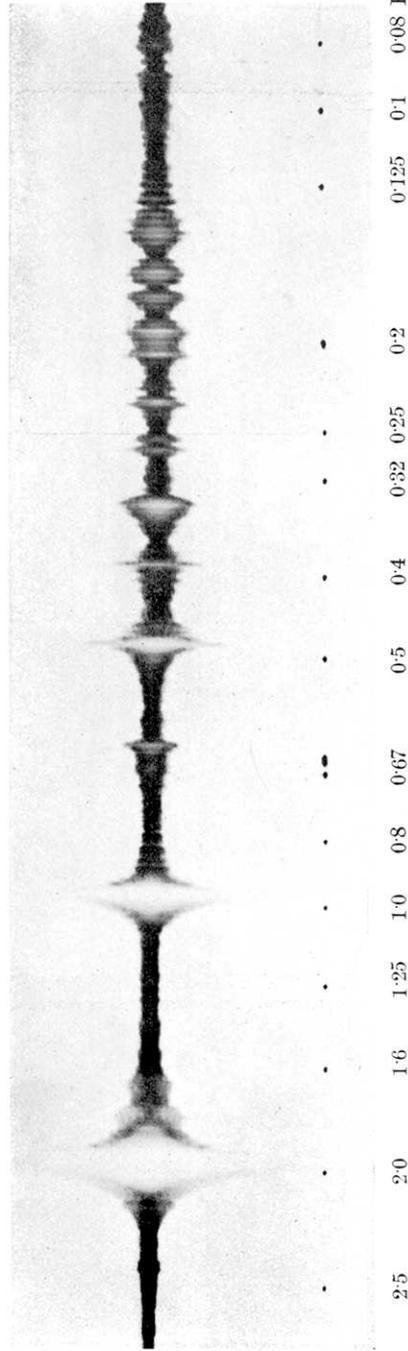


Fig. 11. Résultat d'analyse de la courbe de Fig. 10.

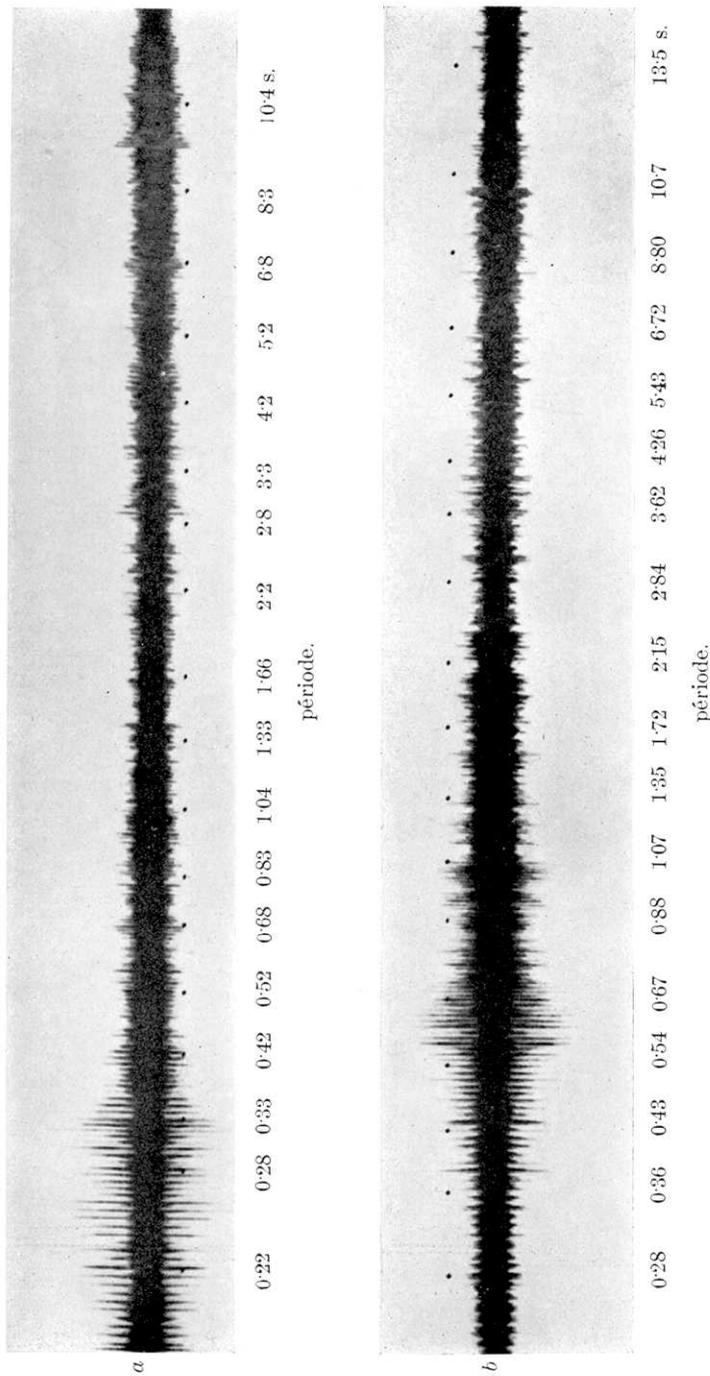
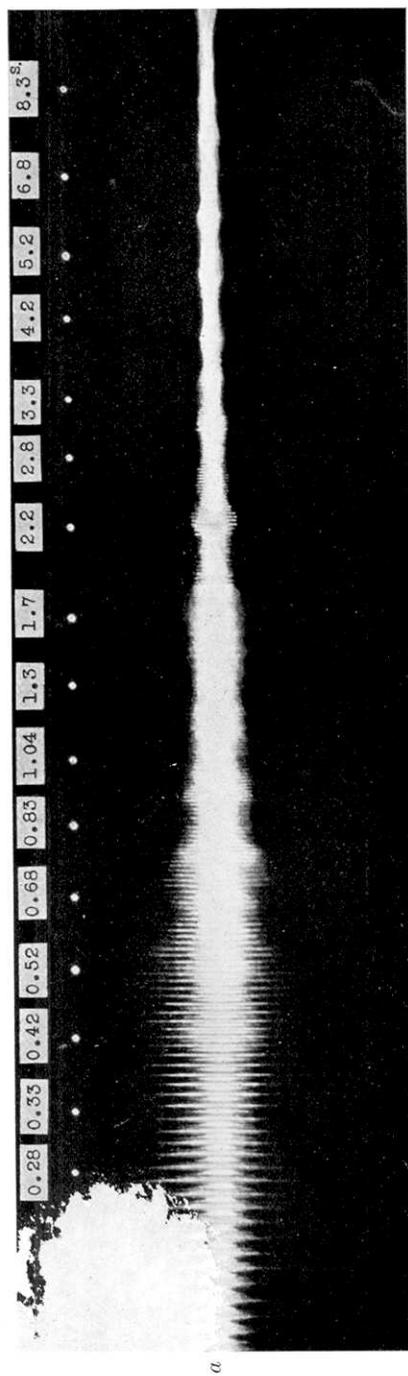


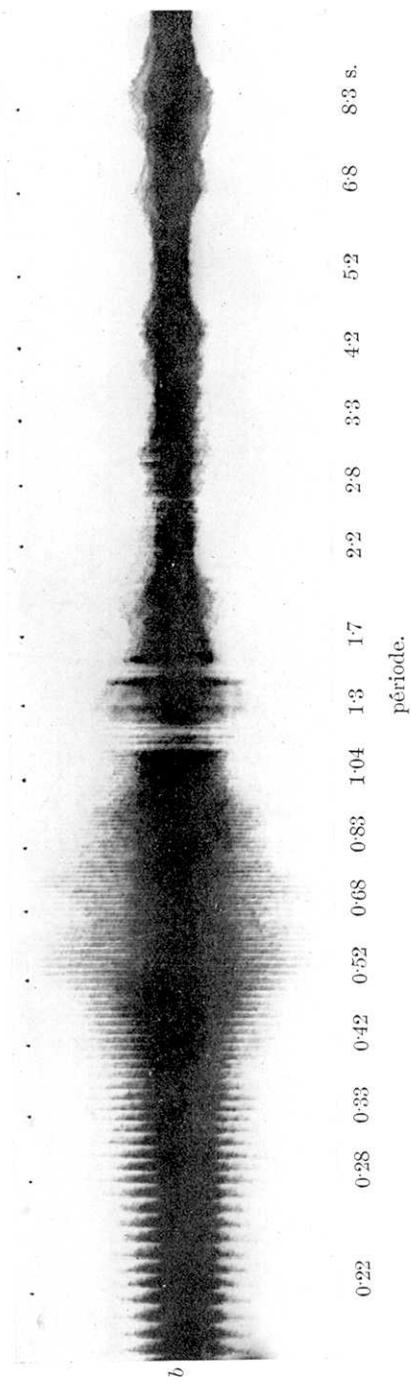
Fig. 15. Résultat d'analyse des inscriptions représentées dans Fig. 14.

a. obtenue à Hongô, *b.* obtenue à Maru-no-uti.

période.



a



b

période.

Fig. 18. Résultat d'analyse des inscriptions représentées dans Fig. 18; *a.* obtenue à Hongô, *b.* obtenue à Maru-no-uti.