

## 46. Observations sur des secousses d'une petite amplitude

par Mishio ISHIMOTO,

Institut de Recherches sur les Tremblements de terre.

(Lu le 16 Février 1937; reçu le 20 Juin 1937.)

### Introduction.

On sait d'une part qu'il y a des secousses de petite amplitude fréquentes spécialement dans la partie haute de Tôkyô (Hongô), secousses dont la période est de 0,3 seconde. D'autre part des secousses d'une telle période apparaissent aussi dans les enregistrements sismiques obtenus par les sismographes et les savants<sup>1)</sup> ont imaginé que cette sorte de secousses est analogue aux rides qui se superposent à une grande vague de la mer.

D'après les résultats obtenus avec un appareil analyseur construit par Suyehiro<sup>2)</sup>, on a constaté qu'il y a toujours des secousses d'une telle période parmi les secousses sismiques observées surtout dans la ville de Tôkyô. Peu après, l'auteur<sup>3)</sup> a réussi à enregistrer cette sorte de secousses au moyen d'un seismographe accélérométrique et il a constaté qu'elles composent la plus grande partie des secousses sismiques possédant les plus grandes valeurs d'accélération. Pour expliquer l'origine de ces secousses, nous avons considéré une couche de sol qui se trouve à la surface d'un terrain ayant un degré d'élasticité comparativement plus petit que celle de la roche souterraine. Il est nécessaire de tenir compte de ces secousses quand on veut connaître quelques propriétés de la couche superficielle ainsi que la nature de secousses sismiques. De plus on peut imaginer qu'il y aura des cas où l'on trouvera quelques variations dans l'amplitude des secousses juste avant l'apparition d'un tremblement de terre.

Voici un exemple d'enregistrement (Fig. 1) obtenu à Hongô avec un micro-séismographe<sup>4)</sup> que nous avons dernièrement construit. A

1) S. SEKIYA & F. OMORI, *Trans. Scism. Soc. Jap.*, 16 (1892), 44.

2) K. SUYEHIRO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 1 (1926), 59.

3) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 9 (1931), 315; 9 (1931), 473; 10 (1932), 171.

4) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 14 (1936), 248.

l'aide de cet enregistrement, on comprendra la variation générale de

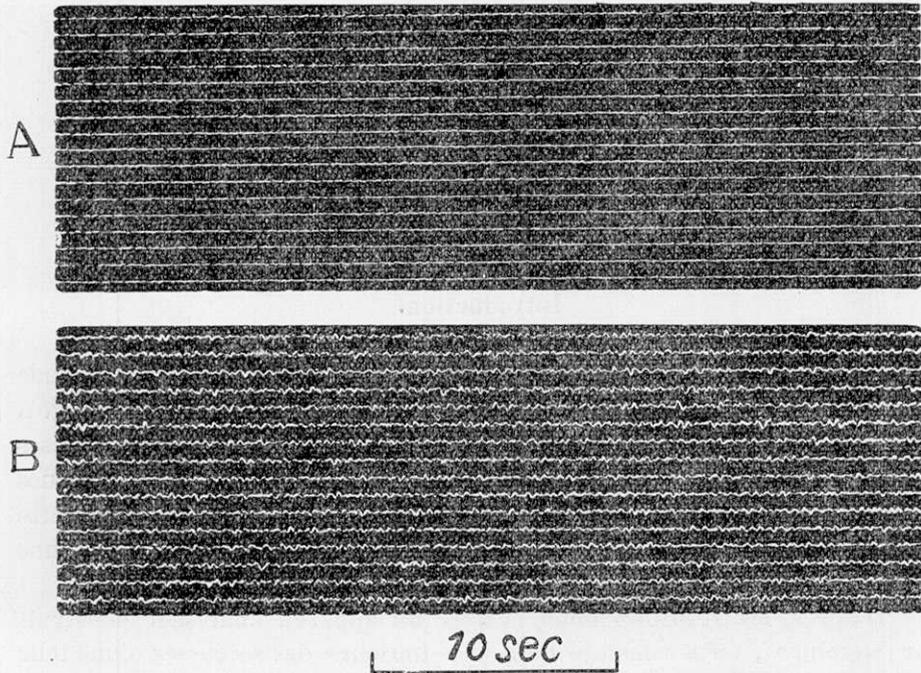


Fig. 1. Enregistrement obtenu par le micro-séismographe.

Le 13 Décembre, 1934. A: 1 h ~ 3 h 50 m.

B: 12 h ~ 14 h 40 m.

l'amplitude des secousses. Leur amplitude arrive à  $2\sim 3\mu$  pendant la journée tandis qu'elle diminue jusqu'à la limite d'enregistrement pendant la nuit. Evidemment, la période des secousses demeure toujours de 0,3 seconde environ. Le fait qu'il y a une période diurne dans les variations de l'amplitude, nous amène à considérer qu'il y a là un effet de communication: c'est-à-dire qu'il y a une production des secousses par les automobiles, par les camions, par les tamways etc. Nous avons voulu, en tout cas, étudier surtout les secousses de petite amplitude observées à notre Institut.

Nous avons construit un pendule d'après le type de Wood-Anderson. Ses dimensions élémentaires sont les suivantes,

Longueur du fil de cuivre	8,8 cm
Diamètre du fil	0,061 mm
Longueur de la masse	3,6 cm
Diamètre de la masse	0,425 cm

Pour déterminer la caractéristique du pendule, nous avons exécuté une expérience en donnant une inclinaison au pendule et en déterminant sa période propre d'oscillation. La Fig. 2 représente la relation entre les

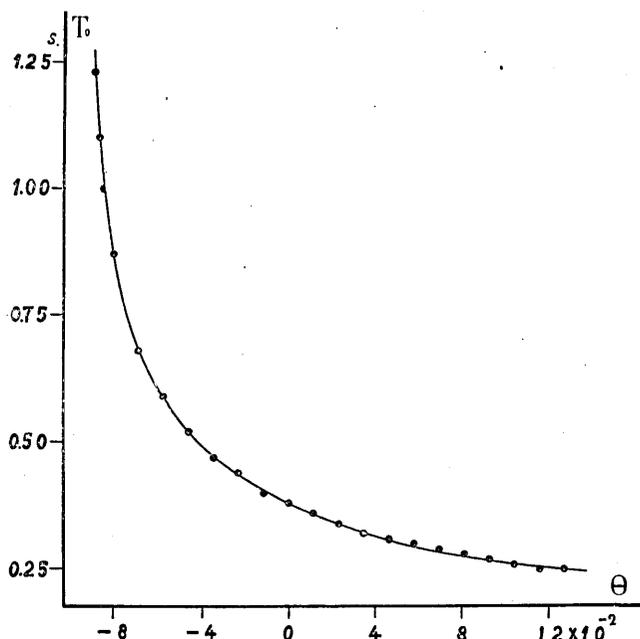


Fig. 2. Variation de la période propre de pendule ( $T_0$ ) avec l'inclinaison ( $\theta$ ).

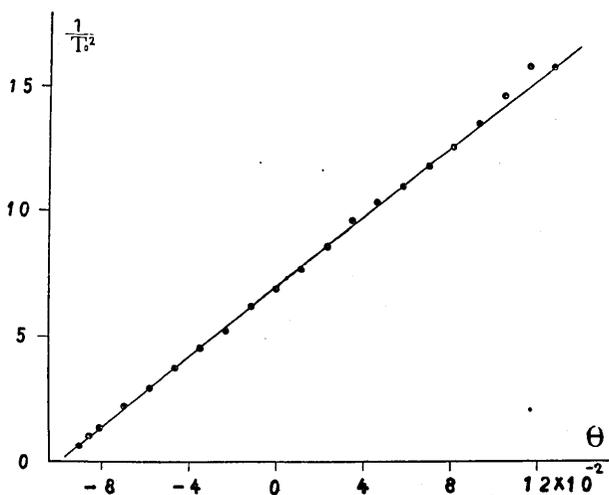


Fig. 3. Relation entre  $1/T_0^2$  et  $\theta$ .

deux valeurs: l'angle d'inclinaison ( $\theta$ ) est à l'abscisse et la période ( $T_0$ )

est à l'ordonnée. On comprendra tout de suite que la période du pendule varie dans l'intervalle de 0,25~1,25 sec. Pour comprendre facilement la caractéristique du pendule, nous avons tracé une autre courbe prenant  $\frac{1}{T_0^2}$  pour l'abscisse et  $\theta$  pour l'ordonnée (Fig. 3). On peut constater que ce pendule est assez fidèle à la formule réduite par la théorie dynamique appliquée au pendule horizontal. Le fait que cette ligne droite ne passe pas par l'origine est expliqué par la présence d'un module de rigidité à la suspension du fil métallique.

### Observation à Hongô.

Premièrement, nous avons installé cet appareil dans la cave de notre Institut: sa période d'oscillation a été réglée à 0,3 seconde. Le faisceau lumineux, envoyé par une lampe électrique est réfléchi par un petit miroir attaché à la masse du pendule, donne une image sur le papier photographique enroulé sur un tambour qui a sa période complète de rotation pendant une semaine ou 4 hours. La distance entre le miroir et le papier photographique est égale à 1 m. Nous avons, en effet, réussi à enregistrer l'amplitude du pendule qui varie suivant le passage du temps.

Pour exprimer le degré d'amortissement des oscillations du pendule, nous avons adopté l'intervalle de temps ( $\tau$ ) où l'amplitude initiale du pendule diminue jusqu'à la moitié de sa valeur. Cet intervalle a été déterminé comme 1 m 30 sec environ pour toutes les périodes d'oscillation. Si les secousses sont représentées par une oscillation sinusoidale, l'amplitude de l'image sur le papier photographique aura une valeur<sup>5</sup>

5) D'après la formule d'oscillation d'un pendule libre, nous obtenons  $x = ce^{-\lambda t} \cos(\sqrt{n^2 - \lambda^2}t + \alpha)$  où  $\lambda = \log_e 2/\tau$ . Nous avons, donc,  $\lambda = 0,00769$  pour  $\tau = 1m\ 30s$ . D'autre côté nous avons

$$(\theta h)_{\max} = \frac{Mh^2}{I} \frac{a}{\sqrt{\left(\frac{T^2}{T_0^2} - 1\right)^2 + 4s^2 \frac{T^2}{T_0^2}}}$$

d'après la formule d'oscillation forcée, où  $s = \frac{\lambda}{n}$ ,  $h = 2.125$  mm (la distance entre le centre d'oscillation et le centre de gravité de pendule) et  $I$  est le moment d'inertie. Nous avons  $\frac{Mh^2}{I} = \frac{2}{3}$  avec la forme de masse cylindrique et de suite

$$\begin{aligned} (\theta h)_{\max} &= 2/3 \times 1360 = 906,7 && \text{pour } T_0 = 0,3s. \\ (\theta h)_{\max} &= 2/3 \times 400 = 266,7 && \text{pour } T_0 = 1,0s. \end{aligned}$$

Comme l'amplification optique =  $200/h$  (cm), nous avons à la fin le coefficient d'amplification

$$\begin{aligned} 4,26 \times 10^5 &&& \text{pour } T_0 = 0,3s. \\ 1,25 \times 10^5 &&& \text{pour } T_0 = 1,0s. \end{aligned}$$

$4,26 \times 10^5$  fois plus grande que celle des secousses de la terre.

La figure 4 représente un des exemples obtenus par l'installation décrite ci-dessus: on verra à (a) que l'amplitude manifeste une forme en zig-zag au passage du temps, tandis que son maximum ne dépasse pas une certaine valeur. Ce fait nous suggère qu'il y a des origines nombreuses aux perturbations qui agitent incessamment la terre autour de la station. On voit clairement une période diurne dans la Fig. 4 (b), qui se répète toujours de la même façon. Des 6 heures du matin l'amplitude augmente progressivement et elle est presque constante dans la journée. Mais elle diminue des 11 heures du soir et elle arrive au minimum entre 2~4 h du matin. Nous pouvons, donc, en tirer la conclusion que cette sorte de secousses provient entièrement des secousses produites par les communications. Cette conclusion se trouve confirmée quand on remarque que les enregistrements obtenus à Mitika par la même installation de l'appareil: Mitaka, lieu très calme où l'on ne peut noter presque aucun effet des perturbations de communication. On verra cette circonstance plus tard.

Considérons, maintenant, le lieu de naissance des secousses par les communications. Nous comptons d'abord la rue de Hongô qui se trouve à 300 m de distance de notre Institut, où les automobiles, les tramways roulent incessamment pendant la journée. Nous comptons deuxièmement la rue de Yayoi-tyô, à 150 m de distance: rue moins mouvementée que la rue de Hongô. Il nous semble que les secousses se propagent principalement de ces deux rues. Mais quand nous réfléchissons au sujet de cette perturbation de la terre, nous sommes tentés de la considérer comme l'effet total de toutes les communications dans la ville de Tôkyô. Conséquemment, cette sorte de vibration n'a aucune relation avec les éléments météorologiques. La terre répète toujours de la même façon sa variation diurne. Cela a été prouvé par les observations exécutées du 13 Septembre 1935 au 20 Avril 1936.

Nous avons exécuté une autre observation avec le pendule dont la période propre demeure 1 seconde (Fig. 4c). Cette fois-ci, nous n'avons pas pu constater l'existence de la variation diurne. On peut conclure que la période de 1 seconde n'a aucune relation avec les vibrations produites par les communications. Cette période de vibration doit avoir une certaine relation avec les éléments météorologiques; parce que l'on constate de temps en temps une augmentation de l'amplitude dans les enregistrements obtenus.

Pour chercher la période prédominante dans les secousses de petite amplitude, nous avons essayé de construire un appareil enregistreur comportant un pendule du même type. Cette fois-ci, cependant, sa

période a été modifiée lentement par l'inclinaison d'une estrade sur laquelle le pendule est posé.

Nous avons déjà écrit que la période d'oscillation du pendule varie entre 0,25~1,25 seconde avec la variation de l'inclinaison: cette propriété joue un rôle important dans l'exécution de l'expérience ci-jointe. L'aspect général de cette installation est représenté schématiquement dans la Fig. 5. La période d'inclinaison de l'estrade ainsi que celle de la rota-

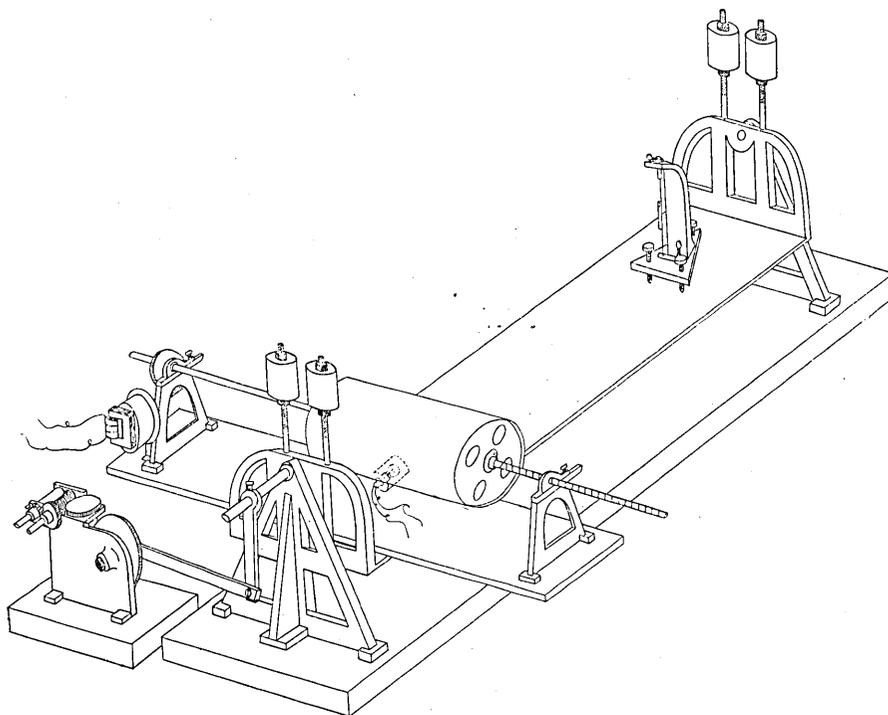


Fig. 5. Appareil analyseur des secousses représenté schématiquement.

tion du tambour se trouve être une heure: naturellement, ces mouvements sont produits par deux moteurs synchrones qui marchent avec le courant électrique alternatif de la ville. Un des enregistrements obtenus par cet appareil est montré dans la Fig. 6. Nous pouvons remarquer que ce diagramme représente un spectre, analogue à celui de l'optique. Quand la période du pendule approche de son maximum, on ne peut éviter d'avoir une image puisse déplacer suivant l'existence de la composante perpendiculaire d'inclinaison à celle qui est produite; mais cela n'est pas d'une grande importance pour notre expérience. Nous constatons, certainement, d'un coup d'oeil que l'amplitude des secousses

demeur petite pendant la nuit: de plus les secousses se distribuent dans un certain domaine autour de la période de 0,3 sec.

Pour trouver le domaine de la période prédominante encore plus nettement, nous avons retracé cet enregistrement: nous avons transformé l'abscisse en valeur de période de pendule au lieu de  $\sin \theta$ : période qui est proportionnelle à  $\sqrt{\frac{1}{\theta}}$ . La Fig. 7 est le diagramme obtenu à la fin. Nous constatons qu'il y a une certaine variation d'amplitude

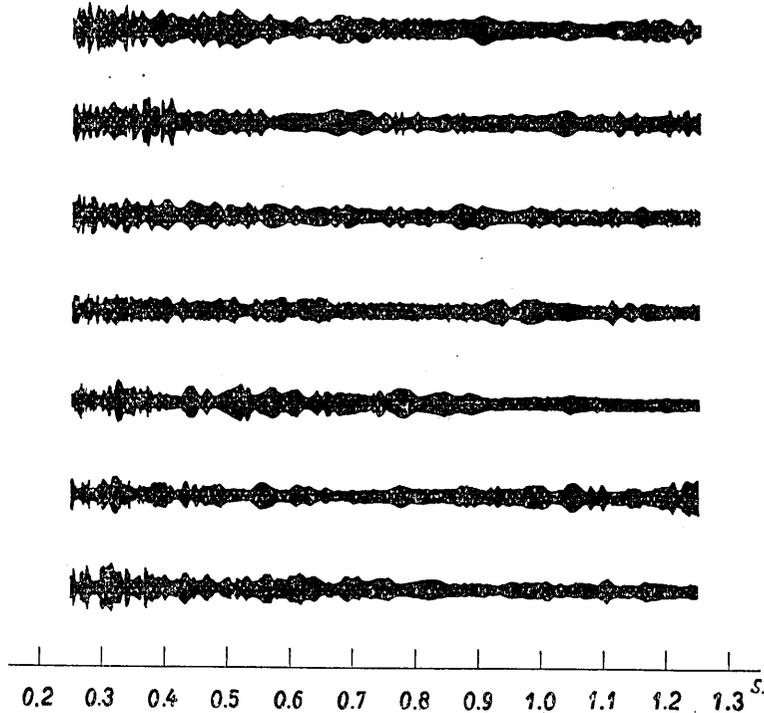


Fig. 7. Diagramme retracé d'après la Fig. 6.

discontinue dans le domaine de la période de 0,3 seconde, tandis que l'amplitude est assez petite dans le domaine de 1,0 seconde.

#### Observation à Maru-no-uti.

Avec le même pendule, nous avons exécuté une autre observation à Maru-no-uti, au même lieu où nous avons installé notre séismographe accélérométrique. Naturellement, la période propre du pendule était réglée à 0,6 seconde. Comme cet endroit est situé juste en face de la gare de Tôkyô, il y a un certain nombre de perturbations causées par

toutes les sortes de communications. Conséquemment, nous sommes obligés de diminuer la sensibilité de notre appareil; la distance entre le pendule et le papier photographique a été ramenée à en 50 cm. La Fig. 8 représente un des enregistrements obtenus: on remarque tout de suite qu'il manifeste la même caractéristique que celui obtenu à Hongô. Certainement, les secousses sont considérables pendant la journée, tandis qu'elles deviennent tout à fait nulles pendant la nuit (entre 2~4 h). Nous pouvons conclure que ces perturbations ont pour unique origine des effets de communications.

### Observation à Mitaka.

Nous avons installé le même appareil dans l'observatoire de Mitaka éloigné de 20 km du centre de la ville de Tôkyô. La période propre du pendule a été réglée à 0,3 seconde. Un des enregistrements obtenus là-bas est représenté dans la Fig. 9 où l'on ne distinguera aucune variation de l'amplitude. Mais, quand on l'étudie minutieusement, on trouvera une légère variation diurne; probablement, c'est aussi l'effet des communications dans la ville qui sont diffusées jusqu'à cet endroit.

On pourra de plus constater l'augmentation soudaine de perturbation successives: c'est probablement l'effet d'une part d'une pompe puisant de l'eau souterraine, d'autre part des pas d'un observateur quelconque. En tout cas cette sorte de perturbations est clairement distincte des secousses générales. L'observation a été continuée du 11 Novembre 1936 au 9 Février 1937: malheureusement, nous n'avons pu constater aucune augmentation de l'amplitude préalablement à l'apparition des tremblements de terre.

### Conclusion.

D'après les résultats obtenus par nos observations, nous pouvons conclure que les secousses de petite amplitude qui se manifestent dans la ville de Tôkyô ont pour origine des vibrations produites par des communications, c'est-à-dire qu'elles sont d'origine artificielle. La variation diurne des secousses se répète toujours de la même façon bien que ne soit pas la même aux différents endroits. Leur période a une relation étroite avec l'épaisseur et les constantes élastiques de la couche qui se trouve à la surface terrestre. Nous pouvons dire autrement qu'il y a toujours une période propre des secousses qui correspond à la nature particulière du sol superficiel aux divers lieux. Certainement, cette

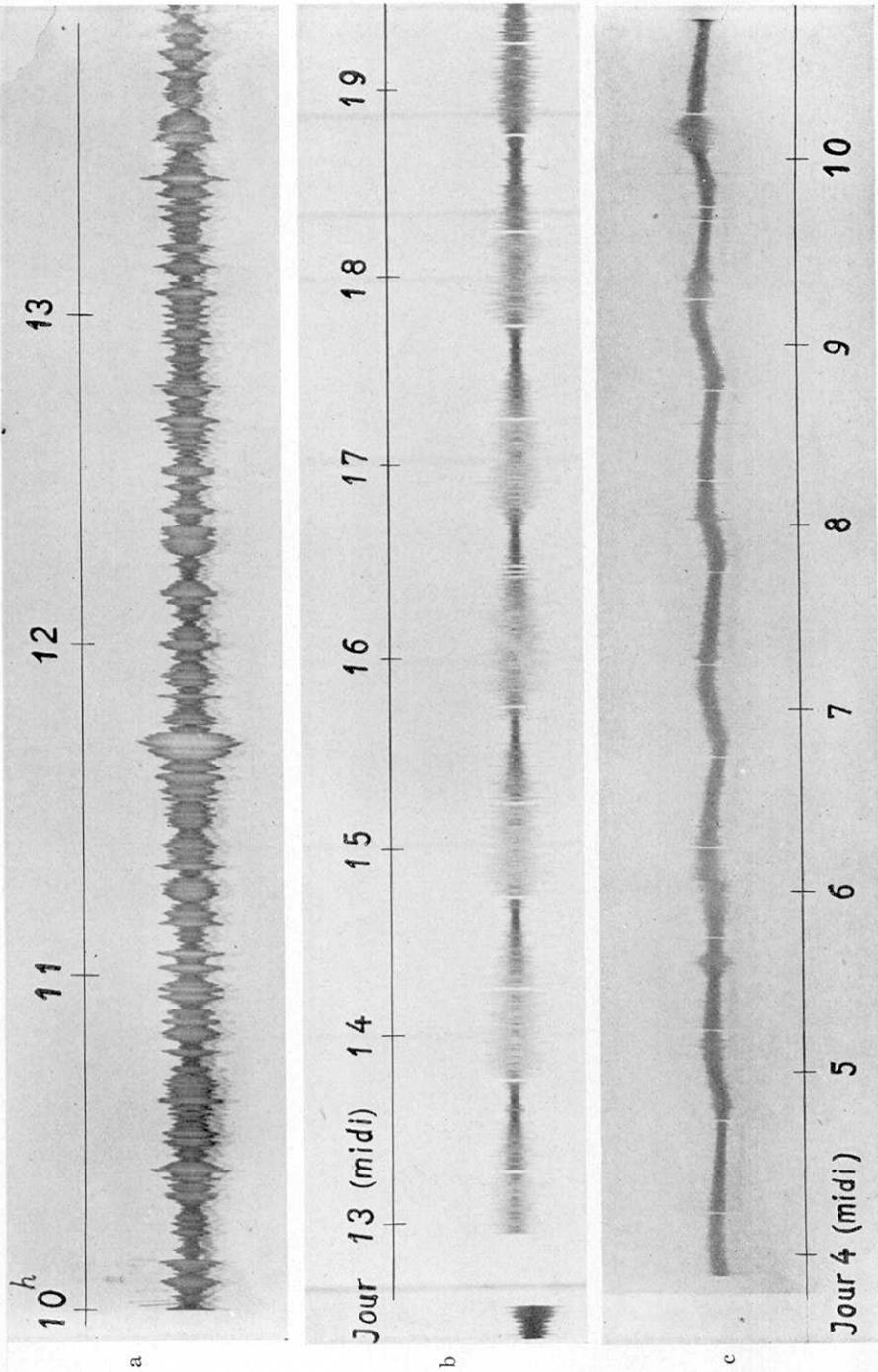


Fig. 4. Enregistrements obtenus par le pendule.  
a)  $T_0=0,3$  s. b)  $T_0=0,3$  s. c)  $T_0=1,0$  s.

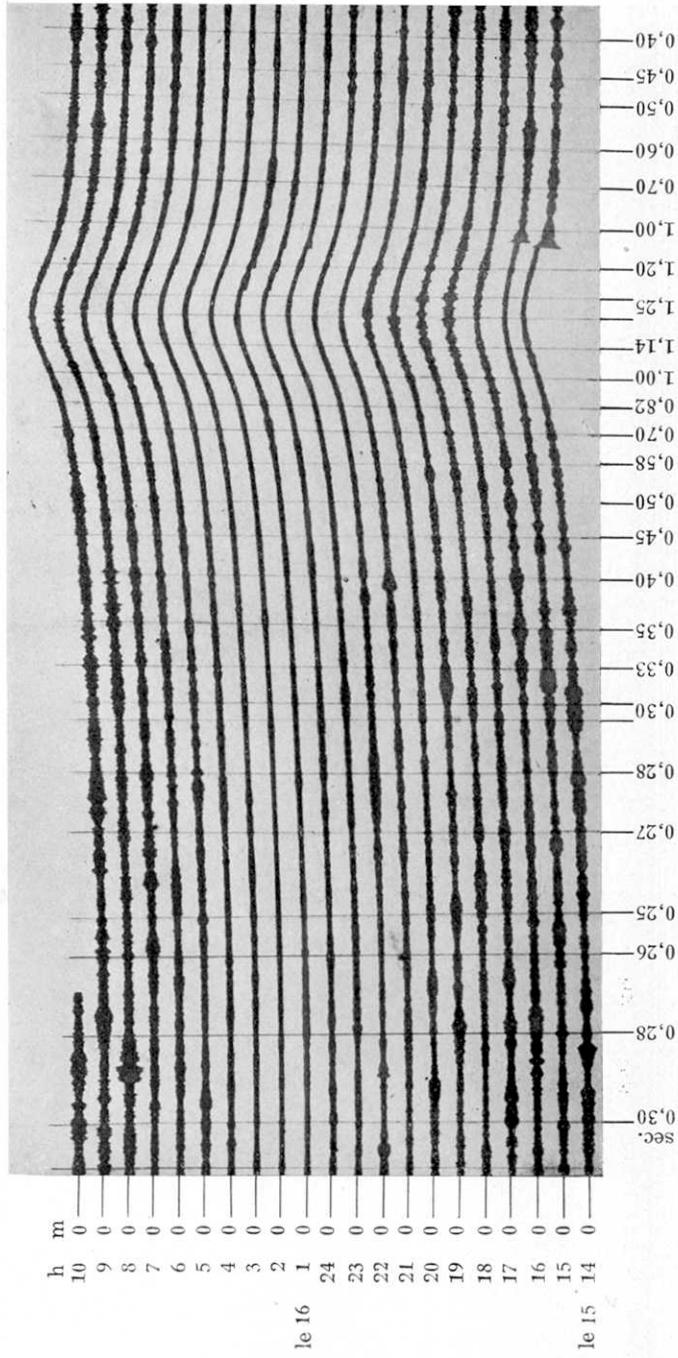


Fig. 6. Enregistrement obtenu par l'appareil analyseur des secousses. (de 15 au 16, 1936.)

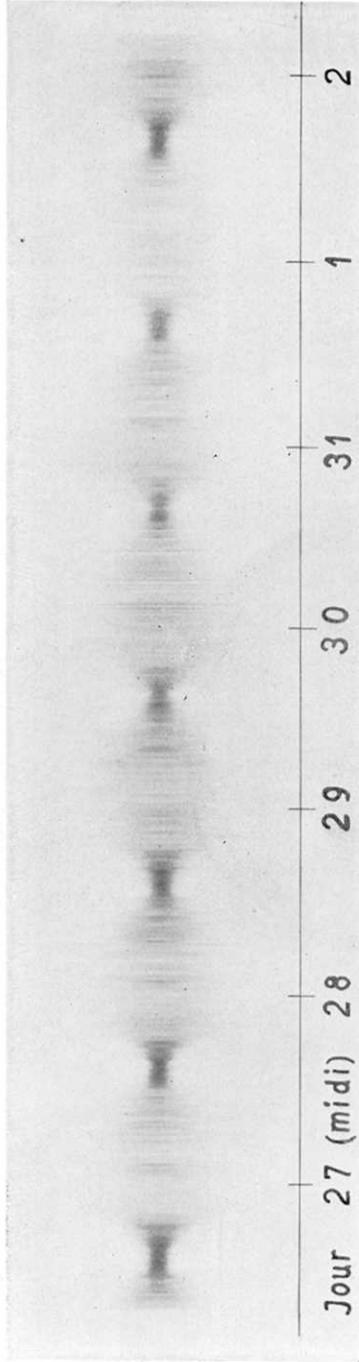


Fig. 8. Enregistrement obtenu à Maru-no-uti.

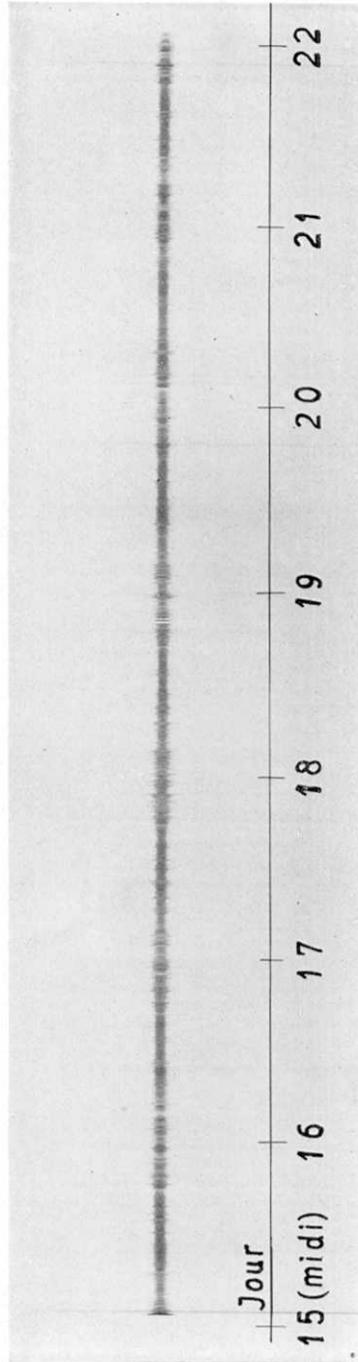


Fig. 9. Enregistrement obtenu à Mitaka.

période propre du sol se manifeste au moment de l'apparition des tremblement de terre.

Nous avons l'intention de réaliser à l'avenir, observations avec des pendules ayant les périodes propres de 4 et 8 sec correspondant aux périodes spéciales des secousses pulsatoires.

#### 46. 東京地方微動の観測

地震研究所 石本巳四雄

1. 東京山ノ手方面で微動計を設置して観測を行つて見ると、0.3 秒程度の微動が常に存する事が知られて居る。此の周期の振動は地震動の中にも加速度の大なるものとして卓越するものであるから、此の微動を特に研究しやうと企てた。即ち Wood-Anderson 型の振子を製作して其の特性の中、其の自己周期を傾斜角によつて變化せしめると、0.25~1.25 秒に變化する事が判明した。

2. 以上の振子を研究所地下室に設置し、周期を 0.3 秒或ひは 1 秒に保つて観測して得られた結果が第 4 圖 a, b, c である。此の圖から見られる如く、微動の消長には日變化があり、其の原因は全く交通機關によるものであると考へられる。なほ以上の 0.3 秒周期の微動は氣象要素に無關係である事も判つた。又振子の周期を緩慢に變化せしめる装置を製作して観測を行つて見ると、0.3 秒附近に微動が卓越する事も認められた。

3. 丸ノ内における観測では、此所は微動が激しく、約 1/2 の感度となし、振子の周期も 0.6 秒に保つた。其の得られた結果から見れば微動の特性は本郷におけるものと酷似するものである。(第 8 圖)

4. 三鷹における観測では此所は致つて平穩である事が判り、日變化は殆ど認められぬ状況である。長期に亘つて特に地震前に微動の振幅が大きくなる疑があつたが、此れは認められなかつた。

5. 要するに従來屢々問題となつて居た山ノ手方面に存在する 0.3 秒の周期の振動は全く交通機關に原因するものであり、地表層の彈性と其の厚さに密接の關係をもつものと考へられる。従つて地震の場合にも此の周期の振動が誘導され易いのも當然の事であらう。