

37. Construction d'un sismographe accélérométrique pour la composante verticale

par Mishio ISHIMOTO,

Institut de Recherches sur les Tremblements de terre.

(Reçu le 18, Septembre, 1933.)

Introduction.

Il y a quelques années, nous avons publié un mémoire¹⁾ sur la construction d'un sismographe accélérométrique pour la composante horizontale. Cet appareil comporte principalement une paire de pendules dont la période propre demeure assez petite en comparaison avec celle des secousses sismiques. Dernièrement nous avons réalisé un autre appareil qui enregistre aussi accélérométriquement les secousses sismiques pour la composante verticale.

Evidemment le fait que la gravité dans la composante verticale, nous empêche de construire un appareil de grande sensibilité, spécialement pour le type ordinaire. On veut avoir un pendule de grande période suspendu à un ressort qui sert en même temps à compenser le poids du pendule. De telles conditions d'équilibre sont assez délicates et le pendule sort souvent en dehors de sa limite de compensation avec le changement de la force élastique du ressort résultant des variations de la température de l'air.

A l'égard du sismographe accélérométrique, cependant, la compensation de gravité n'est pas difficile à obtenir du fait que la période propre du pendule est assez petite. Après avoir construit un appareil sans obstacle, nous l'avons installé dans une pièce souterraine du notre Institut. Quoiqu'il y ait eu certains changements de température pendant une longue période d'observation, le pendule a gardé sa position à peu près constante et nous n'avons fait aucun réglage pour le ramener à sa position initiale.

Nous avons exécuté tout d'abord plusieurs sortes d'étalonnages. Parmi eux il était presque impossible de réaliser un mécanisme de l'oscillation sinusoïdale dans la direction verticale. Les systèmes d'oscillation d'une

1) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 9 (1931), 316.

plate-forme contrainte dans la direction verticale ne sont pas utilisables pour notre but : il y a toujours une superposition des petites périodes d'oscillation à l'oscillation fondamentale. Les oscillations de petite période superposées ont généralement des valeurs de grande accélération et elles nous empêchent de distinguer l'oscillation en question. Nous avons réussi enfin en adoptant une planche de bois : elle est tenue rigidement par une de ses extrémités et l'appareil a été placé sur l'autre extrémité. L'appareil exécute une oscillation sinusoïdale dans la direction vertical simplement sous une force restitutive de la flexion de la planche.

En tout cas, le sismographe accélérométrique pour la composante verticale n'est pas difficile à réaliser en comparaison avec celui du type ordinaire. Il y a, cependant, la question de l'amortisseur. D'abord nous avons utilisé la viscosité de l'huile pour amortir l'oscillation : mais trouvant que l'air est le médium d'amortissement dont la viscosité reste presque constante dans le domaine de la température naturelle, c'est lui que nous avons adopté définitivement.

Récemment, nous avons construit un appareil pour observer spécialement les bruits sismiques fréquents autour de la station de Tukuba.²⁾ Donc, la période d'oscillation du pendule est tenue assez petite. Nous avons exécuté d'ailleurs plusieurs sortes d'étalonnages pour examiner les caractéristiques de cet appareil avec les oscillations dans la composante verticale.

Constructoin de l'appareil.

La construction de cet appareil a été réalisée suivant des dimensions à peu près semblables à celles de l'appareil pour la composante horizontale. La masse du pendule est de 15 kg ; la période propre du pendule était réglée à 0,070 s., mais elle est devenue un peu plus grande par suite de l'attachement de leviers qui servent à amplifier le mouvement du pendule. Ils forment une série de trois leviers avec les mêmes rapports d'amplification que dans l'autre appareil. Donc, le déplacement du centre de gravité du pendule est amplifié géométriquement 215

2) A Tukuba, il y a une station sismologique attachée à notre Institut. M. Inoué a déjà étudié la nature des secousses sismiques de cet endroit avec le sismographe accélérométrique de la composante horizontale. [*Bull.* 11 (1933), 69.] Il est très remarquable que les secousses sont accompagnées par des bruits qui ont une relation étroite avec les secousses de la composante verticale. Nous voulons, en effet, les étudier avec le sismographe accélérométrique de la composante verticale.

fois à l'extrémité de la plume. D'après ces données, nous pouvons calculer sa sensibilité approximative avec la formule :

$$\xi = \frac{T_0^2}{4\pi^2} \times \text{accélération} \times \text{amplification}$$

où T_0 correspond à la période d'un pendule dont la masse est concentrée au centre de gravité et nous le calculons comme 0,067 s. Ainsi un millimètre de la déviation à la pointe de la plume correspond à 4,12 gal de l'accélération. L'aspect général de cet appareil est donné schématiquement dans la Fig. 1. et sa photographie à la Fig. 2 dans la dernière planche.

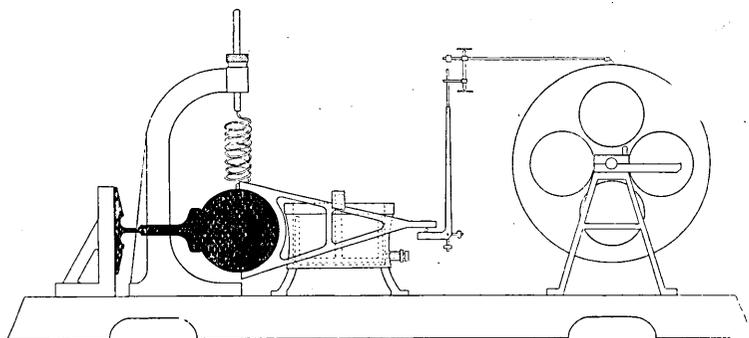


Fig. 1. Le sismographe accélérométrique représenté schématiquement.

Nous avons mis un amortisseur d'air au pendule pour empêcher son oscillation propre. C'est le procédé que nous avons déjà adopté et que nous avons décrit dans un des mémoires précédents.³⁾ Sa construction est un peu difficile pour avoir 0,1 mm de paroi entre les deux pièces, mais certainement il apporte des bons résultats. Nous pouvons avoir un état convenable d'amortissement avec le réglage du robinet permettant de faire communiquer l'air de la chambre avec celui du dehors. Quoique la viscosité de l'air soit assez petite en comparaison avec celle de l'huile, elle a l'avantage de ne pas changer beaucoup avec les variations thermiques. Conséquemment, il n'est pas nécessaire d'inspecter temps en temps les conditions de l'amortisseur. La résistance due au frottement solide à l'extrémité de la plume, ainsi qu'aux pivots des leviers n'est pas évitable tant que nous employons le système d'enregistrement mécanique. Mais elle ne dépasse pas la valeur de 0,4 dyne d'après

3) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 9 (1933), 113.

ce que nous avons expérimenté déjà.⁴⁾ La plume est prête à se déplacer pour 0,006 gal d'accélération.

Étalonnages.

Nous avons exécuté plusieurs sortes d'étalonnages pour déterminer les caractéristiques de cet appareil.

1° Nous avons posé des poids les uns après les autres sur la masse du pendule. Les déviations inscrites par la plume étaient toujours proportionnelles aux poids. Nous n'avons pas réussi, cependant, dans la détermination absolue de la sensibilité: parce que le point d'application de la force n'est pas certain dans tous les cas.

2° Nous avons donné une inclinaison θ à l'appareil. La diminution de gravité appliquée à la masse sera représenté par la relation suivante:

$$g(1 - \cos \theta)$$

Evidemment, cette relation est indépendante de la position du centre de gravité. Donc, cette expérience a beaucoup d'avantages pour permettre de déterminer la sensibilité absolue de l'appareil. Les résultats obtenus à l'aide de cet étalonnage sont montrés dans la Fig. 3. Un millimètre de déviation de la plume correspond à 4,1 gal de l'accélération.

3° Nous avons placé un fil élastique de caoutchouc dont une extrémité est attachée à la masse du pendule et dont l'autre est animée d'un mouvement sinusoïdal d'amplitude constante et de différentes périodes. Nous avons ainsi facilement obtenu une série de courbes d'étalonnage suivant le degré d'amortissement du pendule: Avec cette expérience nous avons pu déterminer la période propre d'oscillation du pendule chargé des leviers d'amplification. (Fig. 4) D'un

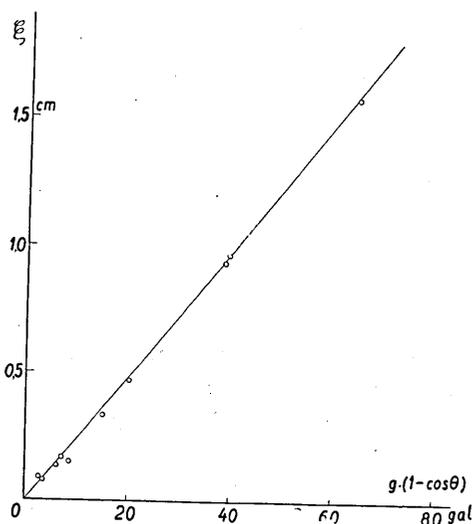


Fig. 3. Courbe d'étalonnage obtenue faisant incliner l'appareil.

4) M. ISHIMOTO, *loc. cit.*

autre côté, nous avons déterminé la période libre d'oscillation dans les mêmes conditions : les deux résultats obtenus sont 0,081 s.

4° Pour l'exécution de l'étalonnage dynamique nous avons utilisé une planche en bois dont une extrémité est tenue rigidement et dont l'autre est libre. En posant l'appareil sur l'extrémité libre, nous faisons osciller le système. Sa période propre d'oscillation dépend d'une part du paramètre élastique et des dimensions de la planche, d'autre part de la masse de l'appareil. Nous avons fait varier la période propre d'oscillation de ce système en changeant la position de l'appareil en partant de l'extrémité de la planche. Nous avons ainsi réussi à réaliser diverses périodes. Pour enregistrer le déplacement vertical de la masse, nous avons pris un fil, dont une extrémité est attachée au sol et l'autre à une plume glissante. Comme la longueur du fil est constante, le mouvement vertical de la planche correspondant à la position de l'appareil est représenté par le glissement de la plume. Les deux inscriptions faites à la fois sur un tambour tournant sont représentées à la Fig. 5. Nous avons comparé l'amplitude d'oscillation (a) et la déviation maxima de la plume de l'appareil (ξ_{\max}) pour chaque période. Naturellement cette expérience pourra se vérifier en supposant qu'une relation soit représentée par

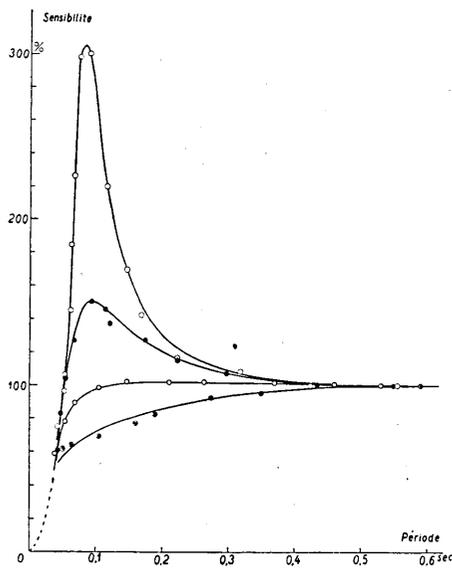


Fig. 4. Courbe d'étalonnage obtenue faisant appliquer la force de différente période à la masse.

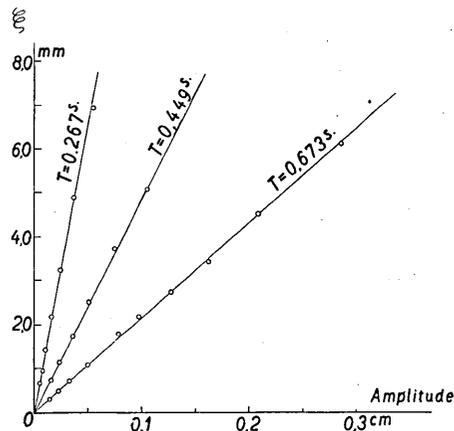


Fig. 6. Courbe d'étalonnage obtenue faisant osciller l'appareil dans la direction verticale.

Naturellement cette expérience pourra se vérifier en supposant qu'une relation soit représentée par

$$\xi_{\max} = \frac{4\pi^2 a}{T^2}$$

Les résultats obtenus sont donnés dans la Fig. 6 : qui nous montre que cet appareil inscrit parfaitement l'oscillation en valeur de son accélération et qu'un millimètre de déviation de plume correspond à 4,1 gal de l'accélération pour toutes les périodes expérimentées.

Enregistrements obtenus.

Les enregistrements obtenus par les appareils accélérométriques sont présentés depuis deux ans dans "Le Rapport Sismométrique" du supplément du Bulletin de notre Institut. Nous remarquons surtout que l'accélération des secousses sismiques de la composante horizontale est généralement plusieurs fois plus grande que celle des secousses de la composante verticale. Il est tout à fait visible dans la composante horizontale que le changement brusque de l'amplitude des secousses à la phase-S à lieu pour tous les séismes. Cela est expliqué par la raison que la trajectoire du rayon sismique arrive perpendiculaire à la surface terrestre suivant la diminution de sa vitesse quand il approche de la surface. Dans la composante verticale, au contraire, le changement de l'amplitude n'est pas distinct entre les secousses préliminaires et les secousses principales : ce fait est aussi simple résultat des conditions de la surface.

Le mouvement initial des secousses sismiques enregistré par cet appareil est assez clair et nous pouvons distinguer tout de suite une des deux ondes, onde poussante ou onde tirante : cette distinction est très utile pour discuter le mécanisme de la production des ondes sismiques au foyer. T. Suzuki⁵⁾ a déjà comparé les deux enregistrements obtenus à Hongô (Tôkyô) par les deux sortes de sismographe et conclu que le mouvement initial des secousses est considéré comme une onde ayant les propriétés d'un choc tandis que les ondes dans le train de secousses ont les propriétés sinusoïdales.

Avec les observations de Hongô nous pouvons relever 0,2 s. de période prédominante dans les secousses de la composante verticale, tandis que nous avons 0,3 s. dans la composante horizontale. Cette discordance est due probablement aux deux différents modes d'oscillation propre de la couche superficielle. Si ces deux périodes correspondent aux deux

5) Il l'a parlé à la 82^me séance de notre Institut.

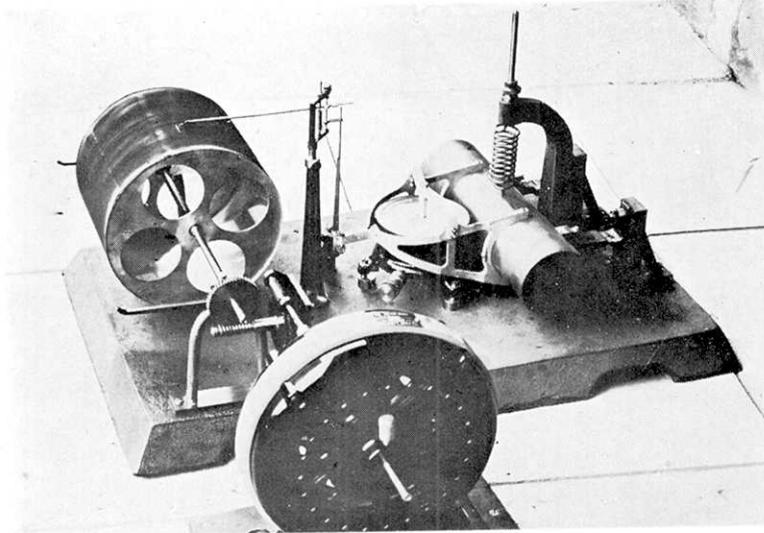


Fig. 2. Photographie du sismographe accélérométrique de la composante verticale.

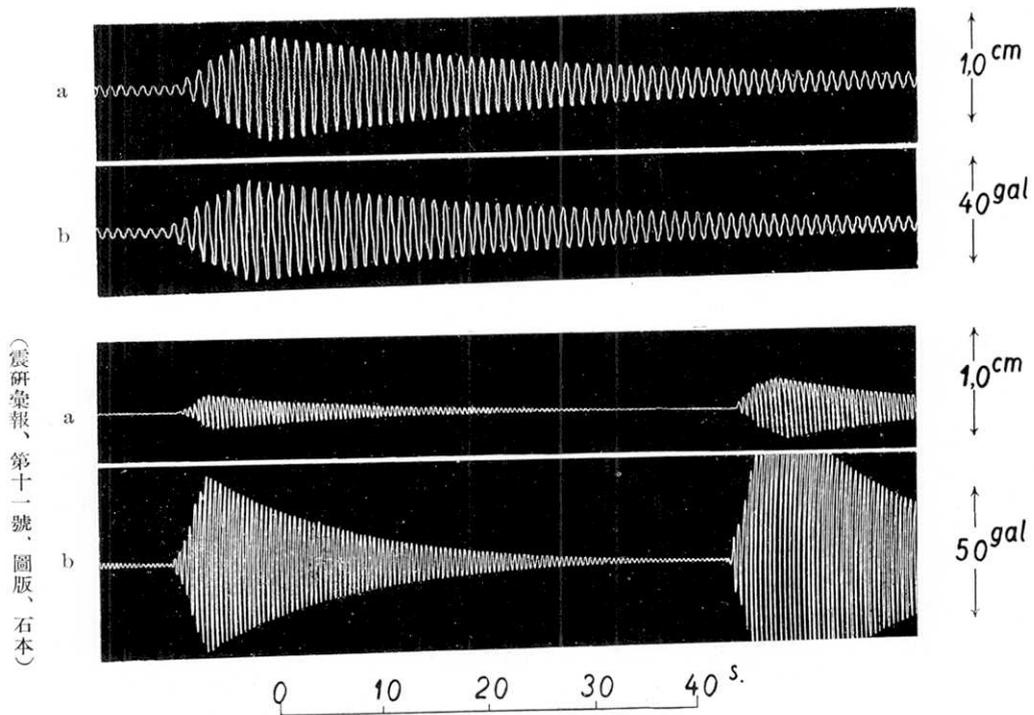


Fig. 5. a) Les enregistrements des oscillations verticales de planche.
b) Les mouvements de la pointe de plume de l'appareil correspondant aux oscillations.

différentes vitesses dans la couche, il est certainement possible de déterminer le rapport de Poisson pour ce milieu solide. Mais en général le rapport de deux période n'est pas si constant pour tous les séismes que nous n'osons pas ici discuter ce paramètre élastique.

En tout cas, l'appareil que nous avons construit enregistre très bien les secousses sismiques. Nous voulons continuer les observations accélérométriques et éclaircir les propriétés des secousses sismiques.

37. 上下成分加速度地震計の製作.

地震研究所 石本 巳 四 雄

上下成分の變位地震計は製作上、測測上大なる困難を伴ふが、加速度地震計は其の困難が比較的少ない。此れは周期が小であつて安定であるからである。

構造は第一圖、及び第二圖に示してある。重錘の質量は 15 kg. 振子の周期は 0.08 秒、幾何倍率は 215 である。

感度試験は次の四種類の方法によつて行はれた。

1. 既知質量を重錘上に附置。
2. 器械に傾斜を興ふ。
3. 振幅は一定、周期の異なる力を重錘に興ふ。
4. 器械を上下方向に正絃運動せしむ。

以上の試験結果よりして針先の變位 1 mm は、41 gal に相當する事が判明した。

此の地震計によつて得られた地震記象は「地震観測報告」中の所載のものであるが、特に初動の性質に關しては鈴木理學士の研究がある。