ENREGISTREMENT DES MICROPULSATIONS GÉOMAGNÉTIQUES UTILISANT DES MAGNÉTOMÈTRES A NOYAU SATURÉ

Par A. MOLDOVANU,

Académie de Roumanie, Centre des Recherches Physiques, Iassy (Roumanie).

Résumé. — On présente une installation d'enregistrement des micropulsations du champ magnétique terrestre, pour les trois composantes X , Y , Z .

La traduction des variations du champ magnétique en signaux électriques est effectuée par des magnétomètres à noyau saturé, transistorisés, construits par l'auteur. La connexion entre les sorties des magnétomètres et les entrées des galvanomètres enregistreurs est réalisée par des filtres RC-série. Utilisant les filtres RC-série, on obtient le choix du domaine des micropulsations de périodes désirées. Le filtre RC-série qui coupe les composantes de longue période du signal permet en même temps d'éviter, dans ce cas particulier, le principal défaut des magnétomètres à noyau saturé, qui consiste dans le glissement du niveau d'étalonnage (du point de fonctionnement).

La sensibilité de l'installation est de 0,1 gamma/mm. On conserve une bonne linéarité de l'étalonnage dans une gamme totale de plus de 500 gammas. L'enregistrement est réalisé à l'aide des galvanomètres aux enregistreurs photographiques, aux vitesses de déroulement de 4 et de 20 mm/mn.

On discute le comportement de l'installation dans le laboratoire et dans les conditions réelles de l'enregistrement des variations géomagnétiques.

Abstract. — A device for recording the X , Y , Z components of the geomagnetic field micropulsations is presented.

To traduce the magnetic field variations into electrical signals, saturated-core full-transistorised magnetometers of special design are used. The magnetometer outputs are connected to the inputs of the recording galvanometers by means of series connected RC-filters. In this manner, it is possible to select the range of desired periods of the micropulsations. By cutting the signal long components, the series connected RC-filters permit simultaneously to eliminate, in this particular case, the main disadvantage of the saturated-core magnetometers — the reference level slip.

The device sensibility is of 0.1 gamma/mm. A good linearity of the calibration is obtained in a range larger than 500 gammas. The recording is achieved by means of photographic-record galvanometers, with two different speeds : 4 and 20 mm/mn.

The behavior of the device operation in the laboratory, as well as in the real conditions of recording, are discussed.

1. Introduction. — Les micropulsations géomagnétiques constituent une classe de phénomènes d'une importance particulière pour l'interprétation des processus dynamiques qui ont lieu dans la magnétosphère et l'ionosphère. Sur les magnétogrammes classiques, les micropulsations ne peuvent pas être décelées, sauf les pulsations géantes et les Pi_2 .

L'étude des micropulsations réclame des magnétogrammes à grande vitesse de déroulement et de haute sensibilité. Dans ce but, on emploie le magnétomètre d'induction (barre-fluxmètre) [1], le variomètre La Cour [2], le magnétomètre avec amplificateur photo-électrique de type Briunelli [2], et, dans les dernières années, le magnétomètre à pompe optique [3]. Le magnétomètre à noyau saturé est moins signalé dans l'utilisation de l'enregistrement des micropulsations.

Cependant, dans les dernières années, des magnétomètres à noyau saturé ont été fréquemment utilisés à

bord des satellites artificiels américains et soviétiques [4], pour mesurer le champ magnétique de l'espace extra-terrestre, de grandeur comparable à celle des micropulsations géomagnétiques.

Compte tenu de l'actualité des magnétomètres à noyau saturé, nous avons expérimenté l'utilisation de ce type de magnétomètre à l'enregistrement des micropulsations géomagnétiques.

Dans cette communication sont présentés critiquement les résultats de ces expériences.

2. Description de l'installation. — Le magnétomètre construit par l'auteur est un magnétomètre transistorisé, utilisant comme tête de mesure une sonde double, de type Förster [5]. Le mode de fonctionnement de ce type de magnétomètre est bien connu [2].

Le schéma de principe de l'appareil est représenté sur la figure 1.

FIG. 1. — Schéma de principe du magnétomètre.

La tête de mesure est constituée par deux bandes de mu-métal, de 70 mm de long, 2 mm de large et 0,2 mm d'épaisseur, recuites dans une atmosphère d'azote à 1 000 °C.

L'enroulement d'excitation de chaque noyau est constitué par 500 spires de fil de cuivre émaillé de 0,2 mm de diamètre, et l'enroulement collecteur est constitué par 2 500 spires de même type de fil.

La sensibilité du magnétomètre est de 2 gammas/ μ A.

Le magnétomètre a été vérifié tout d'abord à l'enregistrement de la variation globale du champ magnétique terrestre. Les résultats ont été excellents, les magnétogrammes obtenus à l'aide d'un galvanomètre à enregistrement photographique, pour une sensibilité de 1 gamma/mm, ne diffèrent pas des magnétogrammes obtenus avec les variomètres Askania ou Brobov.

Pour l'enregistrement des micropulsations géomagnétiques, le magnétomètre a été connecté au galvanomètre-enregistreur par des filtres électriques RC (fig. 2).

FIG. 2. — Schéma de connexion des filtres.

Le filtre $R_1 C_1$ -série ne permet pas le passage des signaux de très basse fréquence, tandis que la cellule $R_2 C_2$ coupe les signaux de très haute fréquence [6].

Pour assurer le passage des variations dont les périodes se trouvent entre 10 s et quelques minutes, nous avons pris $\tau_1 = R_1 C_1$ égal à 30 s. Cette constante de temps du filtre $R_1 C_1$ convient à l'enregistrement avec la vitesse de 4 mm/mn.

Nous avons prévu aussi le schéma avec deux filtres, dont les constantes de temps sont de 15 et 10 s respectivement, pour des enregistrements à plus grandes vitesses.

Le choix des éléments de la cellule $R_2 C_2$ est imposé par la grandeur de la résistance propre du galvanomètre.

Le condensateur C_1 doit présenter des pertes diélectriques très réduites, sinon le galvanomètre pourrait indiquer une déviation constante, déterminée non pas par les variations du champ magnétique, mais par sa valeur moyenne.

Pour l'enregistrement du signal, nous utilisons des galvanomètres avec enregistreurs photographiques, de type A-7, produits par la firme VEB Geophysikalischer

Gerätebau Brieselang, de R.D. Allemande. Leurs caractéristiques sont les suivantes : la constante de courant est de $1,1 \times 10^{-10}$ A/div., la résistance propre de 5 180 ohms et la période propre de 2 s.

Les vitesses possibles du papier photographique sont de 4 mm/mn et 20 mm/mn.

Les bornes d'entrée du galvanomètre sont shuntées par une résistance de valeur un peu moindre que sa résistance critique, pour imposer un régime de fonctionnement apériodique.

L'alimentation du magnétomètre est réalisée par un stabilisateur à diode Zener, qui assure une tension constante de 8 volts.

Pour chacune des trois composantes X , Y , Z du champ magnétique terrestre, on a réalisé une ligne de mesure, comme celle décrite plus haut.

Avant de commencer l'enregistrement, il faut contrôler la compensation du champ magnétique dans la région de la sonde. En vue de cette opération, il faut déconnecter le galvanomètre et utiliser l'instrument propre du magnétomètre (fig. 2). Pour la compensation du champ, la tête de mesure est prévue d'un petit aimant céramique réglable. Après avoir apporté l'indication à zéro, on déconnecte l'instrument indicateur du magnétomètre et on connecte le galvanomètre. Après quelques minutes, nécessaires pour que le schéma dépasse le régime transitoire, on peut passer à l'enregistrement.

Des bobines Helmholtz incorporées dans la construction des sondes permettent le contrôle de la sensibilité.

3. Caractéristiques techniques et de mesure. — Dans le laboratoire, à la température de + 20 °C, on a obtenu les sensibilités suivantes, pour différentes constantes de temps du filtre RC-série : 0,05 gamma/mm pour $R_1 C_1 = 10$ s, 0,07 gamma/mm pour $R_1 C_1 = 15$ s et 0,15 gamma/mm pour $R_1 C_1 = 30$ s.

Pour éviter les perturbations industrielles, l'installation a été placée dans la cave d'un cloître, loin de la ville. La température dans la cave est très constante, mais assez basse, de + 5 °C, et la sensibilité du montage a diminué de 30 % par rapport à la sensibilité à + 20 °C, en obtenant 0,08 gamma/mm pour $R_1 C_1 = 10$ s, 0,1 gamma/mm pour $R_1 C_1 = 15$ s et 0,2 gamma/mm pour $R_1 C_1 = 30$ s.

On conserve une bonne linéarité de l'étalonnage dans une gamme totale dépassant 500 gammas.

Le niveau du bruit a été apprécié en comparant les magnétogrammes simultanés des paires de magnétomètres avec les sondes alignées parallèlement. Le bruit ainsi apprécié atteint, entre deux magnétomètres, 0,2-0,3 gamma.

Un exemplaire des magnétomètres construits par nous présente un bruit réduit, l'examen des magnétogrammes semble indiquer que le niveau du bruit est sous le niveau de la sensibilité. Sur ces magnétogrammes, on peut distinguer clairement les trains de micropulsations de type Pc_2 non altérées, et tous les autres types de micropulsations de périodes plus longues.

Quelques magnétogrammes sont reproduits sur la figure 3.

Notre présente préoccupation est de réduire le bruit de tous les magnétomètres.

FIG. 3. — Exemples des enregistrements à la sensibilité de 0,1 gamma/mm.

4. Discussion. — L'installation permet d'obtenir des enregistrements de micropulsations, à une sensibilité de 0,1-0,2 gamma/mm.

La connexion du magnétomètre au galvanomètre par le filtre RC-série permet d'éviter, dans ce cas particulier, le principal défaut des magnétomètres à noyau saturé, qui consiste dans le glissement du niveau d'étalonnage. Le choix de la constante de temps du filtre permet de délimiter le domaine de micropulsations de périodes désirées.

Le même montage, sans utiliser le filtre RC-série, permet d'obtenir des magnétogrammes globaux.

La sensibilité du magnétomètre à noyau saturé ne dépend pas de la période du signal et reste pratiquement constante dans la bande de passage du filtre.

Le niveau du bruit peut être réduit sous 0,1 gamma.

L'installation permet d'étudier les micropulsations renfermées entre la classe Pc_2 et les impulsions avec la période de quelques minutes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SELZER (E.), *Annales de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris*, 1963, **XXXI**, 147-149.
- [2] IANOVSKI (B. M.), *Zemnoi Magnetizm (Magnétisme terrestre)*, Leningrad, 1963, **II**, X^e-XII^e chapitres.
- [3] USHER (M. J.), STUART (W. F.) et HALL (S. H.), *J. Sci. Instrum.*, 1964, **41**, 544.
- [4] DONALD (P.), LE GALLEY et ROSEN (Alan), *Space Physics*, New York-London-Sydney, 1964, 8^e chapitre par Cahill (L. J.).
- [5] VASILIU (Gh.), ONU (C.) et MOLDOVANU (Al.), *Bul. Inst. Polit. Iasi*, 1967, **XIII** (XVII), 1-2, 321.
- [6] KAZAK (B. N.) et RASPOPOV (O. M.), *Geomagn. i Aeronomia*, 1968, **4**, 775.