Capteur magnétométrique triaxial pour la prospection magnétotellurique artificielle entre 4 Hz et 4 kHz

P. Andrieux, G. Clerc, P. Tort

► To cite this version:

P. Andrieux, G. Clerc, P. Tort. Capteur magnétométrique triaxial pour la prospection magnétotellurique artificielle entre 4 Hz et 4 kHz. *Revue de Physique Appliquée*, 1974, 9 (4), pp.757-759. 10.1051/rphysap:0197400904075700 . jpa-00243843

HAL Id: jpa-00243843

<https://hal.science/jpa-00243843>

Submitted on 1 Jan 1974

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Classification
Physics Abstracts
0.665

CAPTEUR MAGNÉTOMÉTRIQUE TRIAXIAL POUR LA PROSPECTION MAGNÉTOTELLURIQUE ARTIFICIELLE ENTRE 4 Hz ET 4 kHz

P. ANDRIEUX *, G. CLERC et P. TORT

Centre de Recherches Géophysiques du C.N.R.S.
Garchy-58150 Pouilly-sur-Loire, France

(Reçu le 4 janvier 1974, révisé le 15 février 1974)

Résumé. — Un nouveau capteur magnétométrique directionnel à induction à large bande passante (4 Hz-4 kHz) a été conçu pour la prospection magnéto-tellurique artificielle à faible profondeur ; sa description et ses caractéristiques sont données : son bruit, de l'ordre de grandeur du bruit magnétique naturel, varie entre $1,5 \text{ m}\gamma_{\text{eff}}/\sqrt{\text{Hz}}$ à 10 Hz et $0,012 \text{ m}\gamma_{\text{eff}}/\sqrt{\text{Hz}}$ à 1 kHz ($1 \text{ m}\gamma = 10^{-8} \text{ Oe}$).

Abstract. — We have designed a new wide-band (4 Hz-4 kHz) induction magnetometer for shallow geophysical investigations with artificial magneto-tellurics. The sensor is first described and its specifications are then given : its noise, of the order of magnitude of natural magnetic fields, varies from $1.5 \text{ m}\gamma/\sqrt{\text{Hz}}$ (rms) for 10 Hz to $0.012 \text{ m}\gamma/\sqrt{\text{Hz}}$ (rms) for 1 kHz ($1 \text{ m}\gamma = 10^{-8} \text{ G}$).

1. Introduction. — On sait que la méthode magnéto-tellurique de prospection (M. T.), fondée sur l'effet de peau, consiste à calculer la résistivité des terrains sous-jacents en fonction de la profondeur, à partir de mesures simultanées des composantes magnétiques et électriques du champ électromagnétique — naturel ou artificiel — en un point de la surface [1].

La mesure du champ électrique se fait à l'aide d'électrodes en contact avec le sol et ne présente pas de difficultés particulières. La mesure du champ magnétique, par contre, nécessite la réalisation de capteurs adaptés.

2. Définition du capteur. — Compte tenu des profondeurs d'investigation souhaitées dans le cas présent (applications minières, de génie civil, etc...) le capteur doit être sensible aux variations du champ magnétique dans la gamme de 4 Hz à 4 kHz : il doit être directionnel et donc mesurer trois composantes orthogonales du champ. Comme il s'agit ici de M. T. artificielle, le bruit de fond du capteur doit être de l'ordre de grandeur de celui dû aux variations naturelles du champ [2].

Le capteur doit encore être portable et autonome.

3. Réalisation effectuée. — Les conditions imposées ont conduit au choix d'un capteur de type inductif, à haute impédance, relié directement à l'entrée d'un amplificateur (sans transformateur) et soumis à la contre-réaction de flux : cette dernière a pour but

de maintenir une sensibilité pratiquement constante dans la bande extrêmement large prévue [3], [4].

FIG. 1. — Diagramme fonctionnel de la contre-réaction de flux. $h(t)$: champ à mesurer (t : temps) ; $F(p)$: fonction de transfert du capteur (p : opérateur symbolique) ; $G(p)$: gain de l'amplificateur ; β : fonction de transfert du circuit de contre-réaction (constante) ; h_{CR} : champ de contre-réaction ; $v_s(t)$: tension de sortie.

En effet, il est aisé de démontrer, en se référant au diagramme fonctionnel de la contre-réaction de flux représenté figure 1, que la sensibilité

$$\sigma = v_s(t)/h(t)$$

s'écrit :

$$\sigma = \frac{F(p) \cdot G(p)}{1 - \beta \cdot F(p) \cdot G(p)}.$$

On observe que dans la bande passante où

$$\beta \cdot F(p) \cdot G(p) \gg 1,$$

on peut écrire

$$\sigma \simeq -\frac{1}{\beta}.$$

(*) Compagnie Générale de Géophysique, 6, rue Galvani 91301 Massy, France.

La sensibilité est donc bien pratiquement constante.
La figure 2 représente le schéma de principe du capteur et de son préamplificateur incorporé.

FIG. 2. — Schéma de principe du capteur magnétométrique : N1 : bobinage capteur ; T1-T2 : étage amplificateur à faible bruit et haute impédance d'entrée ; A1 : amplificateur opérationnel ; N2 : bobinage de contre-réaction ; R : résistance du circuit de contre-réaction ; P : potentiomètre d'ajustage de la sensibilité ; A2 : étage suiveur. Le réseau correcteur assure la stabilité du montage (au sens de Nyquist).

a

b

FIG. 3. — Réponse des magnétomètres d'un capteur triaxial CM5/III : a) en amplitude (σ) ; b) en phase (φ).

L'autonomie du capteur est assurée par son alimentation à l'aide de batteries rechargeables.

4. **Caractéristiques obtenues.** — La réponse en amplitude et en phase des trois magnétomètres d'un capteur triaxial apparaît figure 3 et leur bruit, mesuré dans une enceinte magnétiquement blindée, est représenté figure 4, par comparaison au champ naturel.

FIG. 4. — Bruit des magnétomètres d'un capteur triaxial CM5/III : ● Magnétomètre N° 1 ; X Magnétomètre N° 2 ; ▲ Magnétomètre n° 3 ; - - - Champ naturel (Garchy, sept. 1969).

FIG. 5. — Capteur triaxial CM5/III en station, avec son alimentation.

Les autres caractéristiques de cet équipement sont les suivantes :

— Pour les magnétomètres :

- Consommation :
 < 10 mA, pour ± 12 à 15 V (par magnétomètre).
- Dimensions :
 longueur : 314 mm (par magnétomètre).
 diamètre : 43 mm (par magnétomètre).
- Poids : 0,6 kg (par magnétomètre).
 3 kg (l'ensemble triaxial sur son support) ;

— Pour leur alimentation :

- Batterie Cd-Ni ± 12 V, 600 mA. Autonomie > 15 heures.

- Chargeur incorporé 110/220 V, $\simeq 4$ VA à courant constant 60 mA.

Avec limitation automatique à 10 mA environ, en fin de charge.

- Dimensions : longueur : 320 mm,
 diamètre : 125 mm.
- Poids : $\simeq 4$ kg.

5. Conclusion. — Les caractéristiques obtenues montrent que le but recherché a été atteint.

En prospection magnéto-tellurique, cet équipement, que la figure 5 montre en station sur le terrain, est relié à un appareillage de traitement, tout comme les lignes telluriques qui lui sont associées. L'ensemble constitue alors un dispositif particulièrement adapté à la recherche de minerais.

Bibliographie

- [1] CAGNIARD, L., « Principe de la méthode magnéto-tellurique, nouvelle méthode de prospection géophysique ». *Ann. Géophys.* **9** (1953) 95.
 - [2] CLERC, G., « Prospection magnéto-tellurique superficielle à partir des variations électromagnétiques de fréquences comprises entre 8 Hz et 16 kHz ». *C. R. Hebd. Sean. Acad. Sci.* **270** (1970) 645.
 - [3] CLERC, G., GILBERT, D., « La contre-réaction de flux appliquée aux bobines à noyau magnétique utilisées pour l'enregistrement des variations rapides du champ magnétique ». *Ann. Géophys.* **20** (1964) 499.
 - [4] CLERC, G., « Contribution à l'optimisation des capteurs à induction destinés à la mesure des variations du champ magnétique terrestre (10^{-3} à 10^4 Hz) ». *Thèse Doct.-Ing.* Paris VI (1971).
-