

Novembre 1968 - Juin 1969

NOTES EXPLICATIVES

par

A. Becker (Com. Geol. Can.)
P. Lazenby (Questor Surv. Ltd.)

INPUT MARK V SURVEY

ROUYN-NORANDA, QUEBEC

November 1968 - June 1969

by

A. Becker (Geol. Surv. Can.)
P. Lazenby (Questor Surv. Ltd.)

INTRODUCTION

La méthode de prospection électromagnétique fait intervenir simultanément trois processus distincts. Le premier consiste en la production d'un champ magnétique primaire qui varie avec le temps. Le second est l'induction de courants de Foucault dans les corps conducteurs réagissant au champ primaire. Le dernier est la détection de ces conducteurs par la mesure du champ magnétique secondaire engendré par les courants de Foucault.

L'amplitude des courants induits dans un corps conducteur dépend des facteurs suivants, à peu près équivalents les uns les autres:

- (i) propriétés électriques du conducteur,
- (ii) dimensions et forme du conducteur,
- (iii) taux de changement temporel du champ primaire,
- (iv) emplacement du conducteur par rapport aux instruments géophysiques.

2. TYPES DE CONDUCTEURS

Tous les appareils de prospection électromagnétique répondent à une grande variété de conducteurs tant naturel

INTRODUCTION

The electromagnetic prospecting method encompasses three distinct, simultaneous processes. The first of these is the production of a time varying primary magnetic field. The second, is the induction of eddy currents in conducting bodies which may interact with the primary field. The final process is the detection of such conductors through the measurement of the secondary magnetic field produced by the eddy currents.

The magnitude of the currents induced in a conducting body depends on the following, approximately equal, factors:

- (i) electrical properties of conductor,
- (ii) size and shape of conductor,
- (iii) time rate of change of primary field,
- (iv) spatial relation of conductor to the geophysical apparatus.

2. OCCURRENCE OF CONDUCTORS

All electromagnetic prospecting systems respond to a large variety of naturally occurring and man-made con-



qu'artificiels, qui peuvent se classer comme suit:

A. Conducteurs superficiels:

- (i) mort-terrain (marécages, argiles)
- (ii) fonds de lacs et lits de cours d'eau
- (iii) formations conductrices (schistes argileux)

B. Conducteurs dans la roche en place:

- (i) graphite
- (ii) zones de cisaillement et failles
- (iii) péridotite serpentinisée
- (iv) magnétite massive
- (v) sulfures massifs

C. Conducteurs artificiels:

- (i) terrils
- (ii) structures métalliques
- (iii) lignes de transmission électrique
- (iv) pipe-lines
- (v) voies ferrées

La plupart des systèmes électromagnétiques sont conçus pour estimer, d'une façon qualitative, le degré de conductivité des conducteurs. Il est possible, en se basant sur l'établissement de cette caractéristique et en tenant compte du contexte géologique, de faire le choix d'un certain nombre d'anomalies méritant une étude plus approfondie. Celles-ci se distinguent généralement par:

- a) leur conductivité, moyenne à élevée
- b) leur largeur limitée
- c) l'existence possible d'anomalies magnétiques coincidentes ou juxtaposées.

ductors. These may be classified as follows:

A. Surface conductors:

- (i) overburden (swamps, clays)
- (ii) lake bottoms and river beds
- (iii) conductive formations (shales)

B. Bedrock conductors:

- (i) graphite
- (ii) shear zones and faults
- (iii) serpentinized peridotite
- (iv) massive magnetite
- (v) massive sulphides

C. Artificial conductors:

- (i) mine dumps
- (ii) metallic structures
- (iii) power lines
- (iv) pipe-lines
- (v) railroads

Most electromagnetic systems are equipped to provide a qualitative estimate of the conductivity of the conductors. Using this feature, while giving due consideration to the geological environment, it is possible to select a number of anomalies suitable for further investigation. Normally, such targets are distinguished by their:

- a) medium to high conductivity
- b) limited lateral extent
- c) possible coincident or flanking magnetic anomaly.

Le choix d'anomalies intéressantes peut encore être guidé par le fait que les conducteurs superficiels présentent généralement une faible conductivité et une grande largeur. On doit cependant noter que les gisements de sulfure exploitables sont très rares parmi les conducteurs. Dans la plupart des cas, il est impossible de distinguer leur réponse de celle des sulfures stériles ou du graphite.

3. LE SYSTEME INPUT

Barringer (1962), puis plus récemment Boniwell (1967) en ont donné une description générale. L'appareillage se compose d'un émetteur à axe vertical qui crée un champ magnétique périodique variant avec le temps, d'un récepteur à axe horizontal sensible au taux de changement temporel des champs primaire et secondaire et d'un détecteur qui échantillonne et mesure le signal capté par le récepteur à six instants différents.

La figure 1 (a) montre la forme du signal de sortie du récepteur sous l'action des variations du champ magnétique primaire. L'ordonnée est graduée de manière à ce que l'unité corresponde à l'amplitude crête à crête de l'impulsion primaire telle que la perçoit le récepteur. Pour comparaison, la figure 1 (b) donne le signal de sortie du récepteur causé par le champ magnétique secondaire prenant naissance dans un bon conducteur de dimensions réduites. L'échelle des

The choice of worthwhile anomalies can further be aided by the fact that surface conductors are usually of poor quality and considerable lateral extent. It should however be noted that economic sulphide deposits are very rare among the conductors. In most instances it is impossible to distinguish their response from that of barren sulphides or graphite.

3. THE INPUT SYSTEM

A general description of this system was offered by Barringer (1962) and more recently by Boniwell (1967). The equipment consists of a vertical axis transmitter which creates a periodic time varying magnetic field, a horizontal axis receiver which is sensitive to the time rate of change of the primary and secondary fields and a detector which samples and measures the receiver output at six different time intervals.

The output voltage waveform induced in the receiver by the primary magnetic field pulses is indicated in Figure 1 (a). The ordinate is divided in arbitrary units so that the peak to peak amplitude of the primary pulse as seen by the receiver equals one unit. Figure 1 (b) shows the output voltage waveform induced in the receiver by the secondary magnetic field of a good, small, conductor. Note the change in ordinate scale, the amplitude

ordonnées est ici en millionième de l'amplitude crête à crête du champ magnétique primaire. L'effet du champ secondaire étant faible par rapport à celui du champ primaire, il ne se détecte qu'entre les impulsions de ce dernier où il se présente sous la forme d'un phénomène transitoire décroissant. C'est cette partie du signal du champ secondaire qu'échantillonne et mesure le détecteur (figure 2).

Le dispositif particulier utilisé pour l'étude de Bouyn-Moranda peut se définir dans son ensemble comme suit:

Signal du champ primaire - voir figure 1 (a)

Dispositif de détection - voir figure 2.

Hauteur moyenne de vol - 400 pieds

Axe de l'émetteur - vertical

Axe du récepteur - horizontal, parallèle à la ligne de vol.

Position du récepteur - 400 pieds en arrière et 260 en dessous de l'émetteur.

Niveau du bruit ambiant - inférieur à 150 millionièmes de l'amplitude crête à crête du signal primaire.

4. PRESENTATION DES RESULTATS

Les anomalies INPUT sont indiquées sur la carte à l'aide de symboles montrant le nombre de canaux sur lesquels elles ont été enregistrées. Sur chaque profil, les anomalies sont identifiées dans l'ordre alphabétique, dans le sens du vol. Le report de leur emplacement a été

being expressed in parts per million of the peak to peak primary field amplitude. Since the effect of the secondary field is small in comparison with that of the primary field, it is only detectable between primary field pulses where it appears as a decaying transient. It is this portion of the secondary field waveform which is sampled and measured by the detector (fig.2).

The particular system employed on the Bouyn-Moranda survey may be completely specified as follows:

Primary field waveform - as shown in Fig. 1 (a)

Detector channel settings - as shown in Fig. 2

Mean terrain clearance - 400 feet

Transmitter axis - vertical

Receiver axis - horizontal, aligned in the direction of flight

Receiver position - 400 feet behind and 260 feet below transmitter

Ambient noise level - less than 150 ppm of primary waveform peak to peak amplitude.

4. DATA PRESENTATION

The INPUT anomalies are shown on the map with the help of symbols indicating the number of channels on which the anomaly was recorded. They are lettered in alphabetical order on each line in the direction of flight. Their locations are plotted with reference

effectué à l'aide de repères sur les enregistrements de vol et la photocopie non contrôlée.

Le symbole d'anomalie est parfois suivi d'un point d'interrogation, ce qui signifie que la réponse est à peine supérieure à celle du bruit de fond ou qu'on peut être en présence d'un conducteur artificiel.

Les anomalies magnétiques (du champ total pour la région) sont aussi indiquées sur la carte avec leur valeur en gammas. Les anomalies coincidentes sont représentées par un cercle autour des anomalies INPUT et les anomalies juxtaposées - celles qui se trouvent à moins de mille pieds d'un conducteur - sont indiquées par un trait qui renvoie à leur localisation sur les lignes de vol.

Les zones dans lesquelles les résultats ont été perturbés par les interférences dues aux lignes à haute tension ont bien été délimitées, à l'aide d'un trait continu, et marquées de la lettre "H". L'utilisation obligatoire des radios à bord de l'avion a aussi parfois complètement brouillé les résultats; les zones correspondant à ces conditions sont marquées d'un trait plein le long de la ligne de vol et indiquées par la lettre "H".

to the fiducial marks on the flight records and the uncontrolled photomosaic.

Occasionally, a question mark may be shown next to the symbol. This indicates a weak response which is barely above the noise level or a suspected artificial conductor.

Magnetic anomalies (local, total field) are also shown on the map, with values given in gammas. The coincident anomalies are represented by a circle around the INPUT anomalies and the flanking anomalies - those lying within one thousand feet of a conductor - are indicated by a dash referring to their location on the flight lines.

Special care has been taken to outline zones in which the equipment has been rendered inoperational by power line interference. These are bounded by solid lines and denoted by the letter "H". In addition to power lines the equipment was rendered unserviceable on a few occasions by the compulsory operation of the radios on board the aircraft. These zones are marked by a line along the flight path and are labelled with the letter "H".

RESULTATS THEORIQUES

Le meilleur moyen d'expliquer les symboles figurant dans la légende des cartes et destinés à indiquer la qualité des anomalies est d'utiliser les courbes théoriques. La figure 3 présente les deux modèles physiques considérés. Le premier modèle est un gisement sphérique affleurant. Son rayon reste constamment égal à deux cents pieds tandis que sa conductivité varie de 0.25 à 4mhos/m. Le second est une couche de mort-terrain conducteur de 50 pieds d'épaisseur. Les résistivités utilisées dans ce cas sont de 25 et 12 ohm/m.

Les résultats théoriques (figs. 4 et 5) ont été obtenus par la méthode définie par A. Becker dans un article écrit en 1969. Les amplitudes des transients sont indiquées le long de l'axe des ordonnées en millionnièmes de l'amplitude crête à crête du signal du champ primaire. L'origine des temps sur l'axe des abscisses coïncide avec le début de l'impulsion du champ primaire. Les résultats pour le modèle de mort-terrain conducteur sont précis. Ceux pour la sphère le sont un peu moins puisqu'on supposait que le champ primaire était uniforme à travers le conducteur.

L'étude des courbes de réponse correspondant au modèle sphérique (fig. 4) montre que le taux de décroissance du

THEORETICAL RESULTS

The meaning of the symbols, on the map legend, which are used to indicate anomaly quality may best be illustrated with the help of some theoretical curves. Figure 3 shows the two physical models considered. The first model is a spherical orebody which grazes the surface. Its radius is maintained fixed at two hundred feet while its conductivity is varied between one quarter and four mhos/m. The second model is a fifty foot thick layer of conductive overburden. The resistivities employed here were twenty-five and twelve ohm/m.

The theoretical results (figs. 4 and 5) were obtained by the method outlined in an article by Becker (1969). The transient amplitudes are indicated along the ordinate in parts per million of the peak to peak amplitude of the primary field waveform. The origin of the time scale along the abscissa coincides with the commencement of the primary field pulse. The results for the conductive overburden model are precise. Those for the sphere, however, are somewhat less accurate because the primary field was assumed to be uniform across this conductor.

The response curves for the spherical orebody model (Fig. 4) show that the decay rate of the transient is an

signal transitoire est une fonction inverse de la conductivité. Il résulte, normalement que le nombre de canaux accusant une réponse indique la qualité du conducteur. Dans les cas extrêmes, cependant, l'amplitude de l'anomalie devrait décroître quand la conductivité s'accroît, et cette méthode de classification n'est plus valable. Dans le cas où, pour une raison quelconque, la qualité du conducteur telle que marquée sur la carte semble douteuse, il est nécessaire de se reporter aux enregistrements de vol.*

La partie centrale de la figure 4 montre aussi les signaux du champ secondaire au dessus du gisement de West MacDonald. Le volume de substance conductrice que renferme ce gisement de sulfure massif affleurant est de même ordre de grandeur que celui du modèle sphérique. Bien que satisfaisante, la comparaison entre les courbes obtenues sur le terrain et les courbes théoriques montre qu'il est nécessaire de prendre quelques précautions en interprétant les résultats à l'aide d'un modèle physique particulier.

Enfin, à des fins de comparaison, la figure 5 montre la réponse théorique du mort-terrain conducteur. Il est

inverse function of the conductivity. Thus, normally, the number of responding channels is indicative of conductor quality. In extreme cases, however, the anomaly amplitude would be expected to decrease with increasing conductivity and this method of anomaly classification is no longer satisfactory. Where, for any reason, the conductor quality indicated on map is suspected to be incorrect, reference must be made to the flight records.*

The central part of Figure 4 also shows the actual, observed, secondary field transient over the West MacDonald orebody. The volume of conductive material contained in this, near surface, massive sulphide deposit is of the same order as that contained by the spherical model. Although the comparison between the field and theoretical curves is favourable it also demonstrates that some caution should be used in interpreting data with the help of any particular physical model.

Finally, for the purpose of comparison, Figure 5 shows the theoretical response of conductive overburden.

* Disponibles pour consultation aux bureaux du ministère des Richesses naturelles à Québec et à Rouyn.

* Available for consultation at the Quebec and Rouyn offices of the Department of Natural Resources.

démontré ici que ce type de conducteur ne s'observe en général que sur les premiers canaux du détecteur.

Here it is demonstrated that this type of conductor is usually observed only on the first few detector channels.

REFERENCES

1. Barringer, A.R.: "New Approach to Exploration - The Input Airborne Electrical Pulse Prospecting System" - Mining Cong. Jr., v. 48, pp 49-52, Oct. 1967.
2. Becker, A.: "Simulation of Time Domain Airborne Electromagnetic System Response" - Geophysics, 1969 (in press).
3. Boniwell, J.B.: "Some Recent Results with the INPUT Airborne EM System". CIM Bull., v. 60, no. 659, pp. 325-332, March 1967.

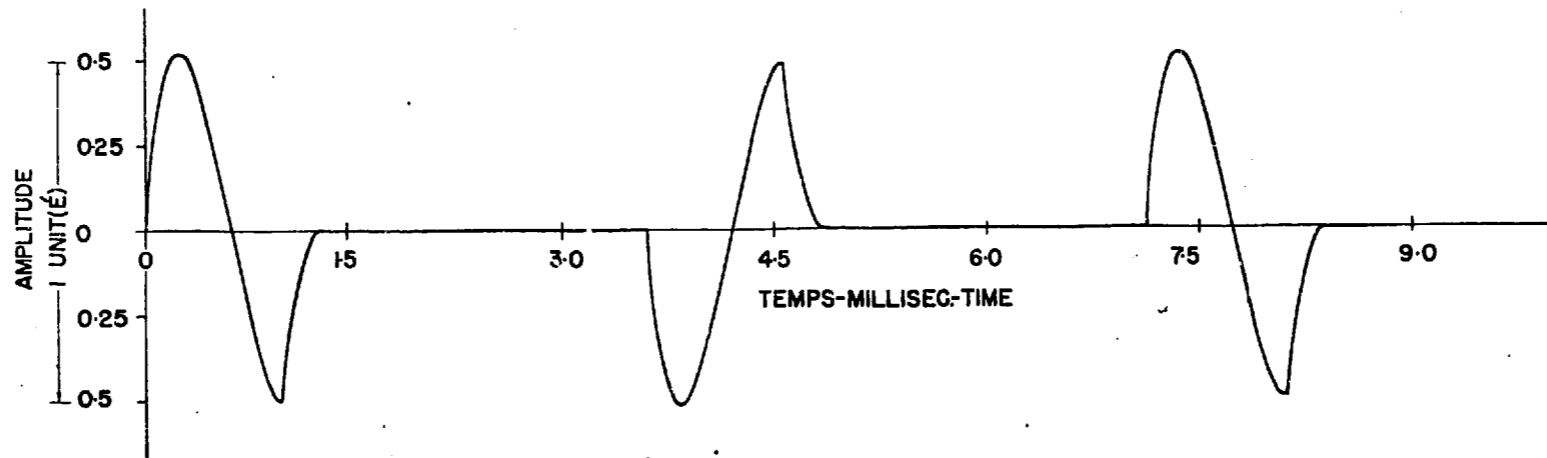


FIG. 1a

FORME D'ONDE DU CHAMP PRIMAIRE

PRIMARY FIELD WAVEFORM

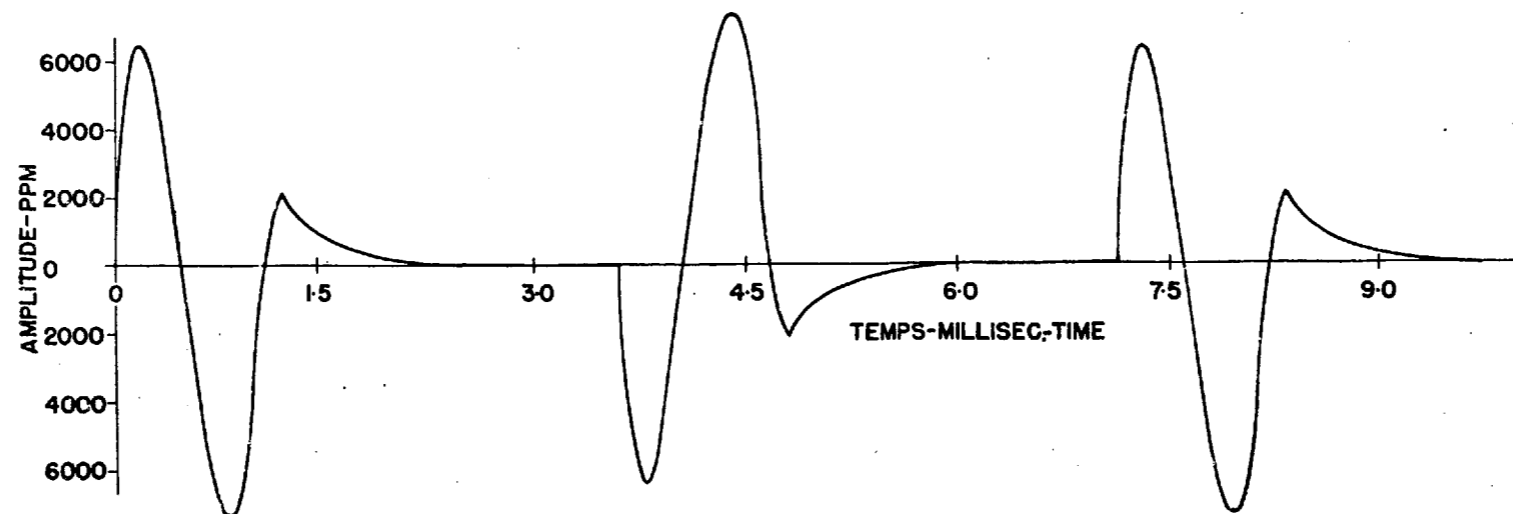


FIG. 1b

FORME D'ONDE DU CHAMP SECONDAIRE

SECONDARY FIELD WAVEFORM

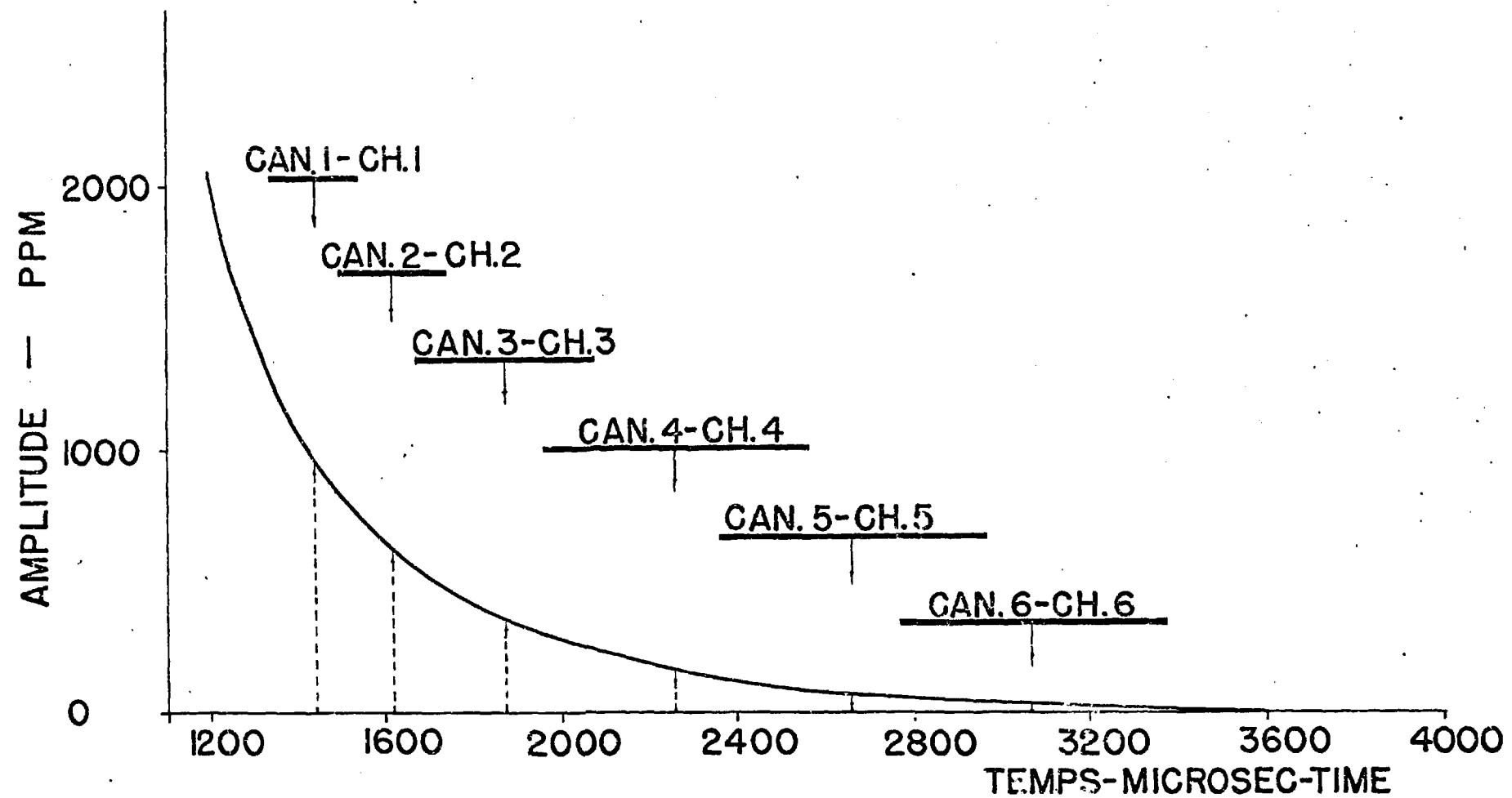


FIG. 2

DÉTECTION DU TRANSIENT DU CHAMP SECONDAIRE

DETECTION OF SECONDARY FIELD TRANSIENT

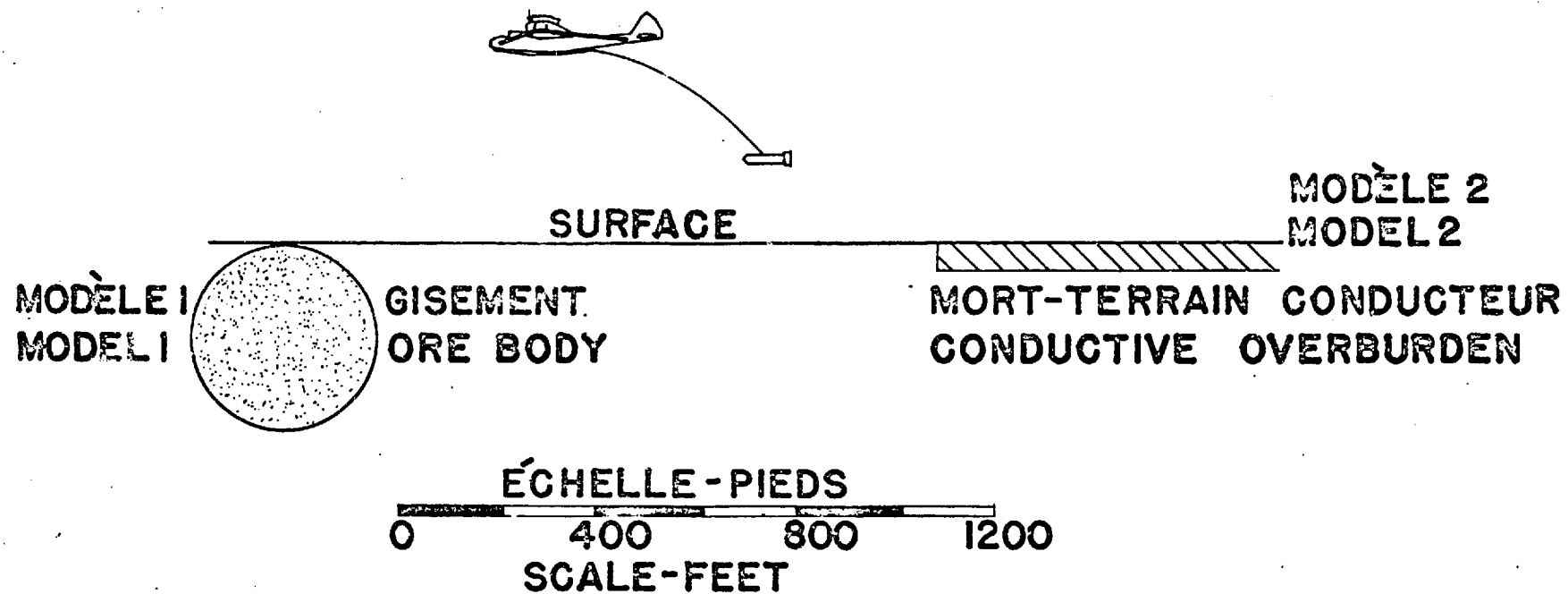


FIG. 3

MODELÈS THEORIQUES
THEORETICAL MODELS

LEGENDE	LEGEND
ANOMALIE DE 6 CANAUX	6 CHANNEL ANOMALY
ANOMALIE DE 5 CANAUX	5 CHANNEL ANOMALY
ANOMALIE DE 4 CANAUX	4 CHANNEL ANOMALY
ANOMALIE DE 3 CANAUX	3 CHANNEL ANOMALY
ANOMALIE DE 2 CANAUX	2 CHANNEL ANOMALY
ANOMALIE DE 1 CANAL	1 CHANNEL ANOMALY

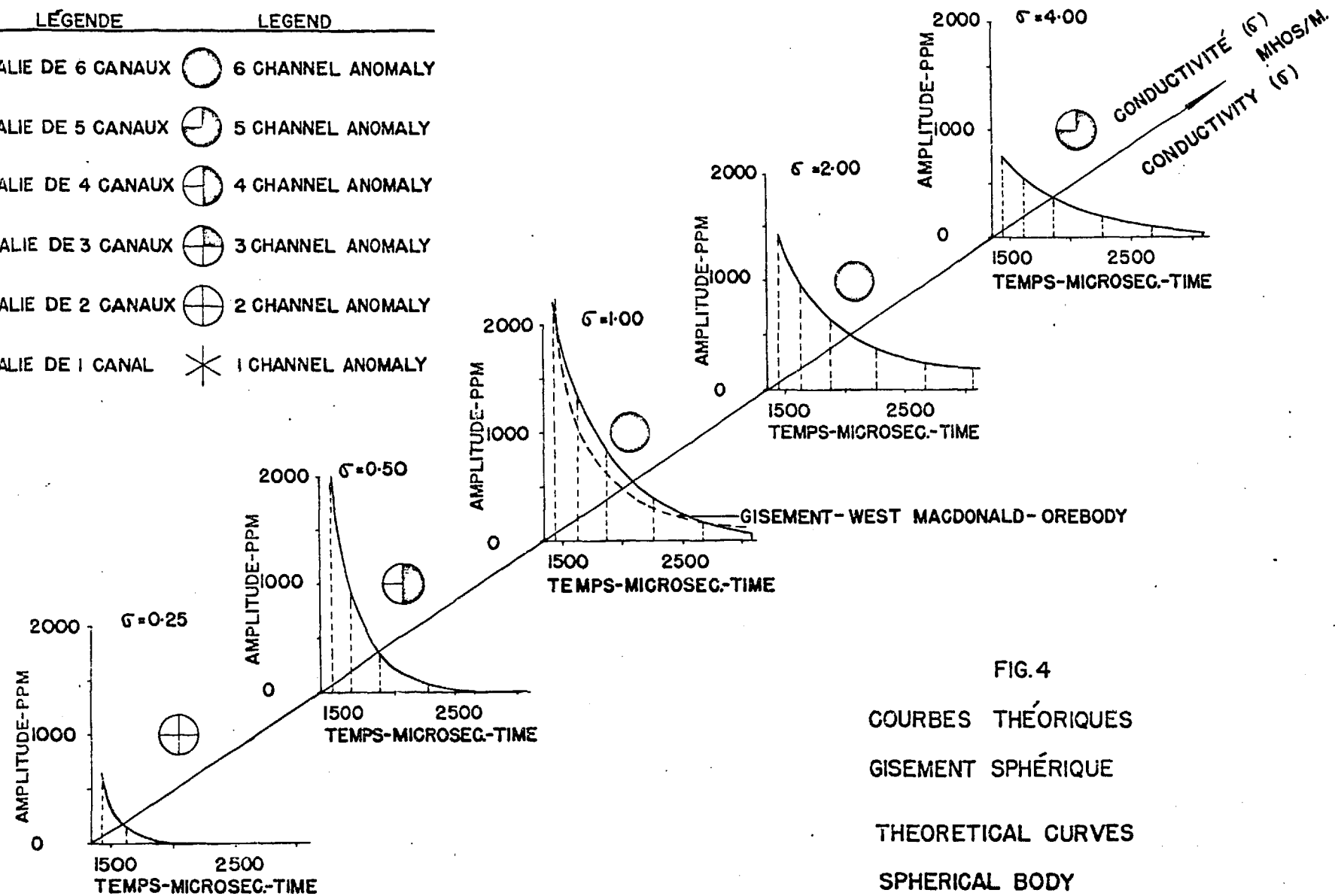


FIG. 4
 COURBES THÉORIQUES
 GISEMENT SPHÉRIQUE
 THEORETICAL CURVES
 SPHERICAL BODY

LÉGENDE	LEGEND
ANOMALIE DE 6 CANAUX	○ 6 CHANNEL ANOMALY
ANOMALIE DE 5 CANAUX	⊖ 5 CHANNEL ANOMALY
ANOMALIE DE 4 CANAUX	⊕ 4 CHANNEL ANOMALY
ANOMALIE DE 3 CANAUX	⊗ 3 CHANNEL ANOMALY
ANOMALIE DE 2 CANAUX	⊙ 2 CHANNEL ANOMALY
ANOMALIE DE 1 CANAL	* 1 CHANNEL ANOMALY

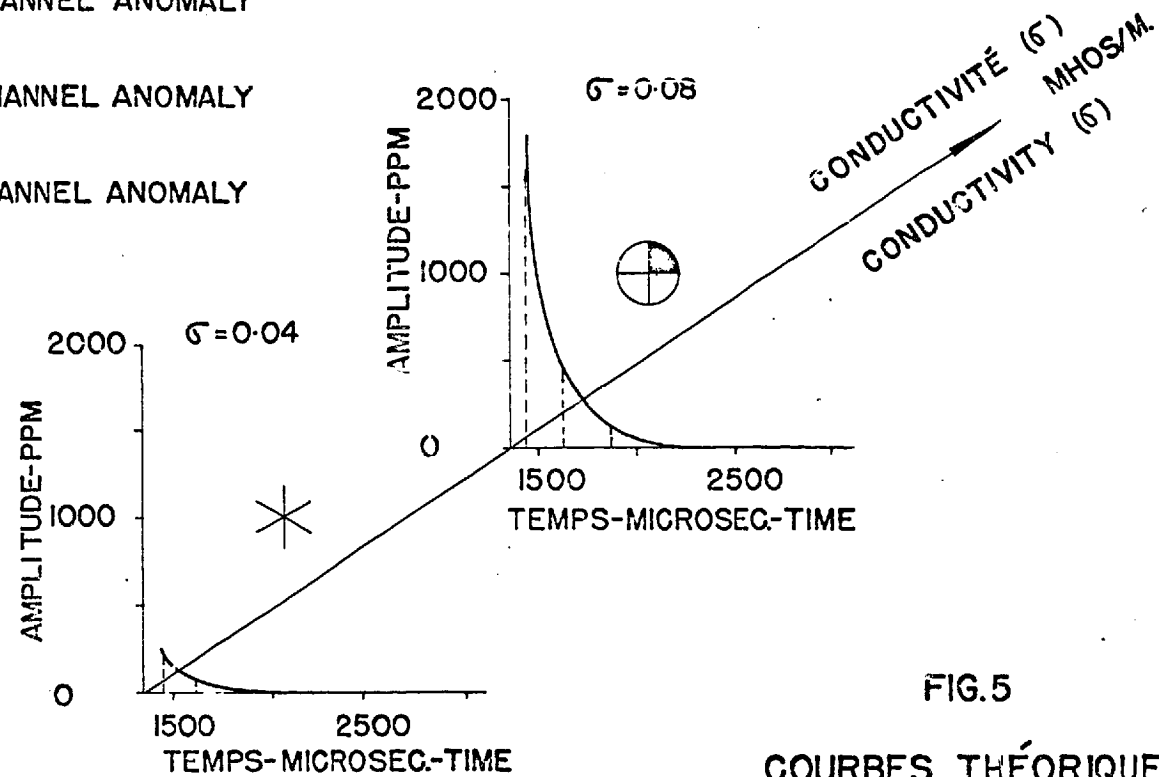


FIG.5

COURBES THÉORIQUES

MORT TERRAIN CONDUCTEUR

THEORETICAL CURVES

CONDUCTIVE OVERBURDEN