

ANOMALIES MAGNÉTIQUES : MÉTHODE DE WIESE

PAR

Philippe André AH-HEE

Laboratoire de Physique - Observatoire de Tananarive

RÉSUMÉ

L'application de la méthode de WIESE aux variations transitoires (SSC, Sfe et baies) du champ magnétique terrestre, enregistrées à l'Observatoire de Tananarive, nous a permis de mettre en évidence deux directions privilégiées où sont canalisés des courants induits par des variations magnétiques allant de 16 à 150 minutes.

ABSTRACT

Application of WIESE's method to transient variations (SSC, Sfe and bays) of earth magnetic field, recorded at Tananarive Observatory, allowed us to detect two particular streams through which the currents, inducted by magnetic variations of different period from 16 to 150 minutes, are directed.

INTRODUCTION

L'étude des variations transitoires du champ magnétique terrestre, tels que SSC, Sfe et baies, a permis de mettre en évidence des anomalies de conductivité électrique du sous-sol.

La variation du champ magnétique terrestre enregistrée au sol est composée de la variation d'origine externe et de la variation d'origine interne. La variation magnétique externe est due à des systèmes de courants, générés par l'action des particules solaires sur l'ionosphère; par contre la variation interne est engendrée par la circulation des courants, induits dans le sous-sol par la variation du champ externe. La profondeur du courant induit, par conséquent, la profondeur de pénétration de l'intensité du champ inducteur varie de quelques kilomètres pour des perturbations qui durent quelques minutes à des centaines de kilomètres pour la variation diurne.

On peut définir la profondeur de pénétration par la relation suivante :

$$P_{km} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{10 \rho T} \quad (1)$$

ρ : la résistivité du sol exprimée en Ωm

T : la période exprimée en seconde

P, exprimé en km, est la profondeur pour laquelle l'intensité du champ inducteur devient égale à $\frac{1}{e}$ de son amplitude.

Le tableau n° 1 donne en fonction de ρ et de T les profondeurs de pénétration exprimées en km.

TABLEAU N° 1

$\rho \backslash T$	1 mn	2 mn	5 mn	10 mn	30 mn
10	12.3	17.4	27.6	39.0	67.5
250	61.6	87.2	138	195	338
1 000	123	174	276	390	675
5 000	276	390	616	872	1 510

L'anomalie de conductivité électrique du sous-sol se traduit par des anomalies observées sur la composante verticale Z au cours des perturbations magnétiques. L'amplitude de la variation ΔZ de cette composante, enregistrée au cours des SSC, des Sfe et des baies, varie d'une station à une autre. Aux altitudes moyennes, où on peut négliger les variations de Z d'origine externe par rapport aux variations de Z d'origine interne, on observe des ΔZ très faibles dans des stations dont le sous-sol est caractérisé par une distribution tabulaire des couches conductrices. Au contraire, on observera des ΔZ assez importantes dans des régions où sont présentes des discontinuités horizontales ou des gradients de conductivité électrique.

En analysant les baies, les Sfe et les SSC des magnétogrammes obtenues dans douze stations éparpillées du nord au sud du Japon, Rikitake (1)

a pu expliquer l'anomalie magnétique du Japon central (Fig. 1).

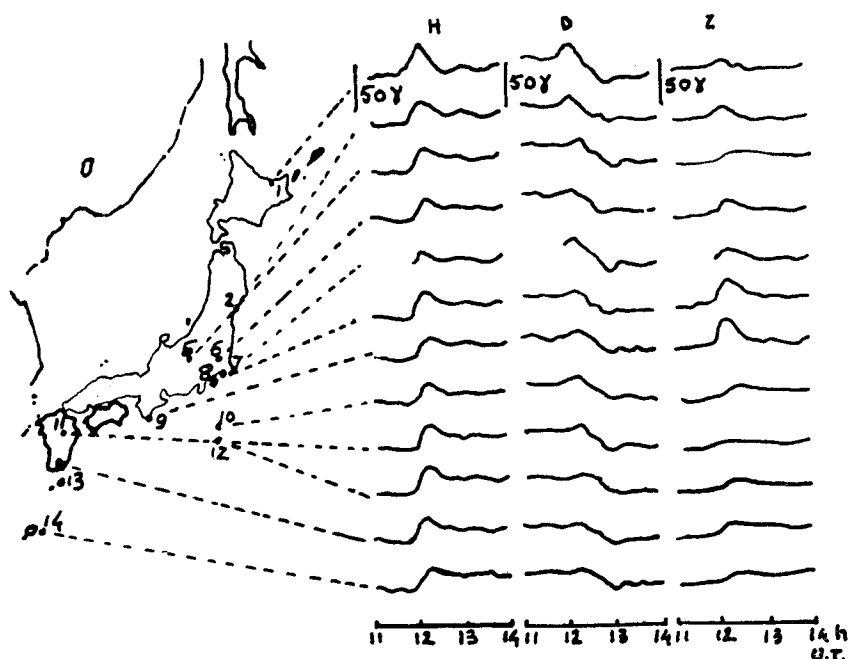


Figure 1

Baie du 18 avril 1958 enregistrée dans 12 stations magnétiques du Japon (RIKITAKE)

En enregistrant les variations ΔH , ΔZ , et ΔD des composantes horizontale et verticale, et de la déclinaison dans plusieurs stations magnétiques de la côte californienne, Schmucker (2) a observé des variations ΔZ très importantes dans des stations situées très près de la côte et l'amplitude de ces variations diminuent au fur et à mesure qu'on s'y éloigne.

Cane et Canon ont étudié les variations ΔH , ΔZ et ΔD des trois éléments magnétiques pour des perturbations de périodes de 10 à 120 minutes, enregistrées au nord-ouest des Etats-Unis. En comparant les données obtenues dans plusieurs stations à celles d'une station « normale » (définie ainsi pour des stations situées dans une région caractérisée par une distribution horizontale des couches conductrices), ils ont pu ainsi déterminer des anomalies magnétiques de cette région des Etats-Unis.

I. MÉTHODE DE WIESE (4).

Soit une perturbation magnétique caractérisée pour un vecteur $\vec{\Delta F}$ du champ total, de composantes horizontale ΔH et verticale ΔZ , et de la déclinaison ΔD , mesurées à l'instant où l'amplitude de la composante ΔZ est maximum et soit $\vec{\Delta^* H}$ la

projection de ΔF sur le plan horizontal et fait un angle φ avec le Nord magnétique Nm (Fig. 2), nous avons alors :

$$\Delta H = (\Delta H^2 + \Delta D^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\text{tg} \varphi = \Delta D / \Delta H \quad (3)$$

Le vecteur $\vec{\Delta^* H}$ est la somme :

- d'une première composante externe $\vec{\Delta^* H_e}$, d'origine ionosphérique,
- d'une deuxième composante interne $\vec{\Delta^* H_i}$, créée par la circulation des courants, induits dans le sous-sol par le champ externe,
- d'une troisième composante anormale $\vec{\Delta^* H_a}$, due à la présence d'une zone de haute conductivité dans le sous-sol.

Nous avons alors l'équation suivante :

$$\vec{\Delta^* H} = \vec{\Delta^* H_e} + \vec{\Delta^* H_i} + \vec{\Delta^* H_a} \quad (4)$$

On peut obtenir une équation analogue pour la variation $\vec{\Delta Z}$ de la composante verticale observée dans une station :

$$\vec{\Delta Z} = \vec{\Delta Z_e} + \vec{\Delta Z_i} + \vec{\Delta Z_a} \quad (5)$$

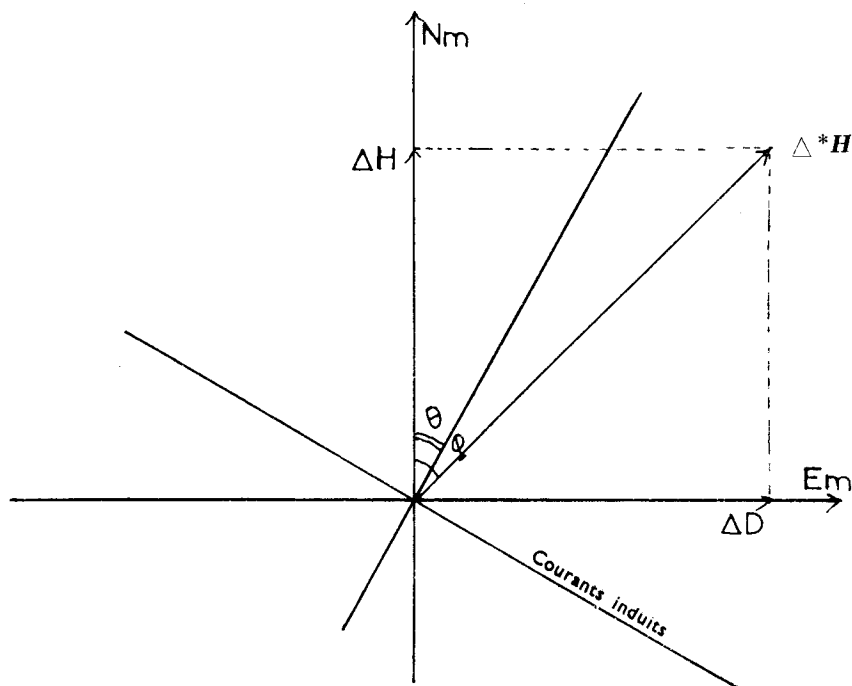


Figure 2

La composante externe $\vec{\Delta Z}_e$ étant très faible et négligeable, l'équation 5 devient :

$$\vec{\Delta Z} = \vec{\Delta Z}_a \quad (6)$$

De ces hypothèses, Wiese obtient la relation suivante :

$$\Delta Z = A\Delta H + B\Delta D \quad (7)$$

$$\text{avec } A = C\cos\theta \quad B = C\sin\theta$$

$$C = (A^2 + B^2)^{\frac{1}{2}} \quad \text{tg}\theta = \frac{B}{A}$$

θ étant l'angle formé par la direction orthogonale à celle des courants induits et la direction du Nord magnétique.

On peut écrire la relation 7 sous l'une des deux formes :

$$\frac{\Delta Z}{\Delta H} = A + B \frac{\Delta D}{\Delta H} \quad (8)$$

$$\frac{\Delta Z}{\Delta D} = A \frac{\Delta H}{\Delta D} + B \quad (9)$$

Wiese représente l'anomalie magnétique par un vecteur \vec{V} , ayant pour origine la station, pour module $C = (A^2 + B^2)^{\frac{1}{2}}$, et pour support la direction θ ; donc le vecteur \vec{V} est orthogonale à la direction des courants induits et orienté vers le nord quand A est positif et vers l'est quand B est négatif.

II. RÉSULTATS OBTENUS A L'OBSERVATOIRE DE TANANARIVE

Pour cette étude, nous avons analysé des perturbations magnétiques enregistrées à l'Observatoire de Tananarive durant les années 1957-1958. Le tableau n° 2 nous donne les caractéristiques de ces perturbations.

TABLEAU N° 2

Phénomènes	Nombre d'événements	Période
SSC	33	16 à 20 mn
Sfe	29	20 à 30 mn
Baies	41	60 à 150 mn

Les figures 3, 4 et 5 représentent l'équation 8 pour les SSC, les Sfe et les baies. On remarque que le signe de $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ reste constant, quand la direction horizontale $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ change pour les SSC et Sfe ; et pour les baies il change avec la direction horizontale. Cette différence de comportement entre les SSC, Sfe et les baies nous conduit à imaginer deux structures différentes du sous-sol de notre station.

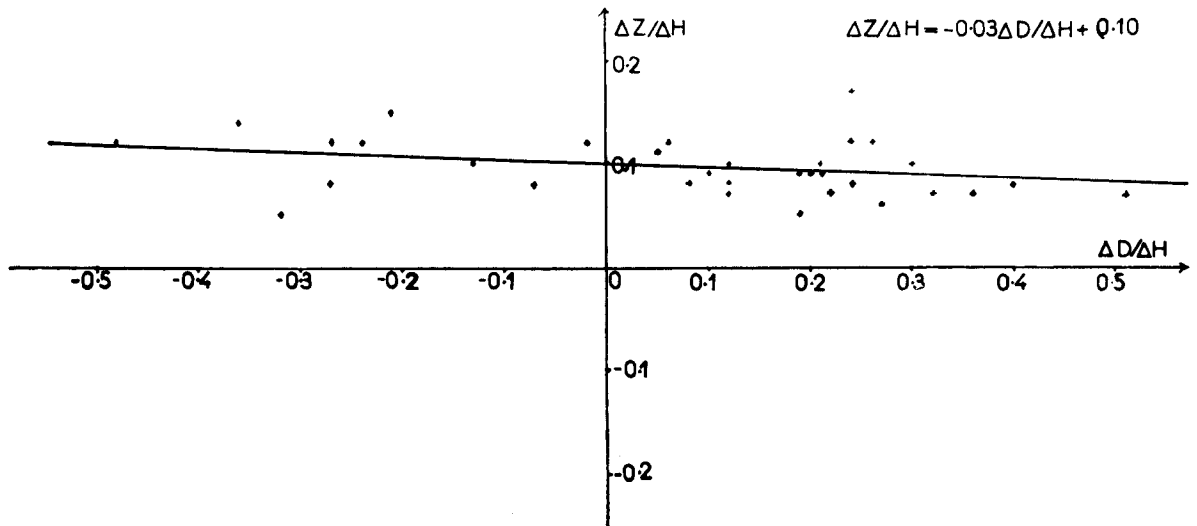


FIGURE 3

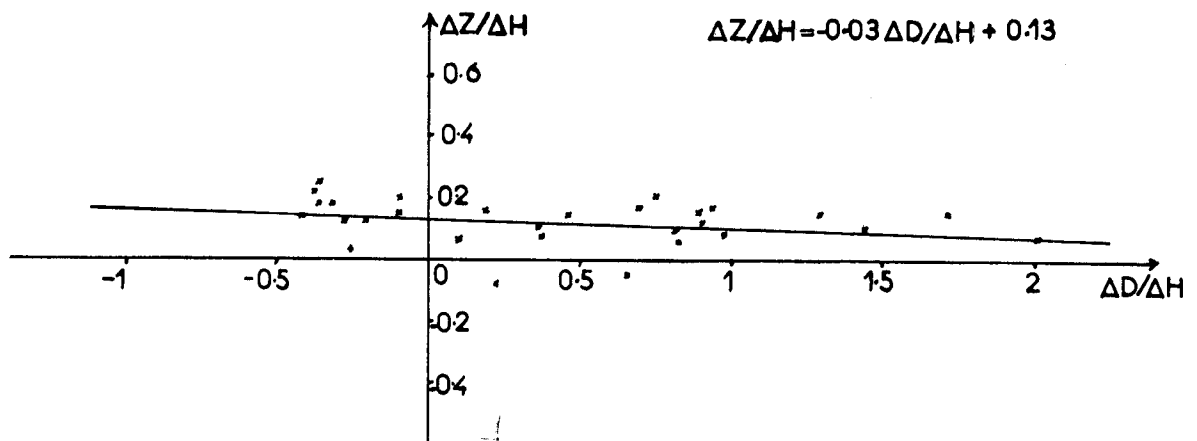


FIGURE 4

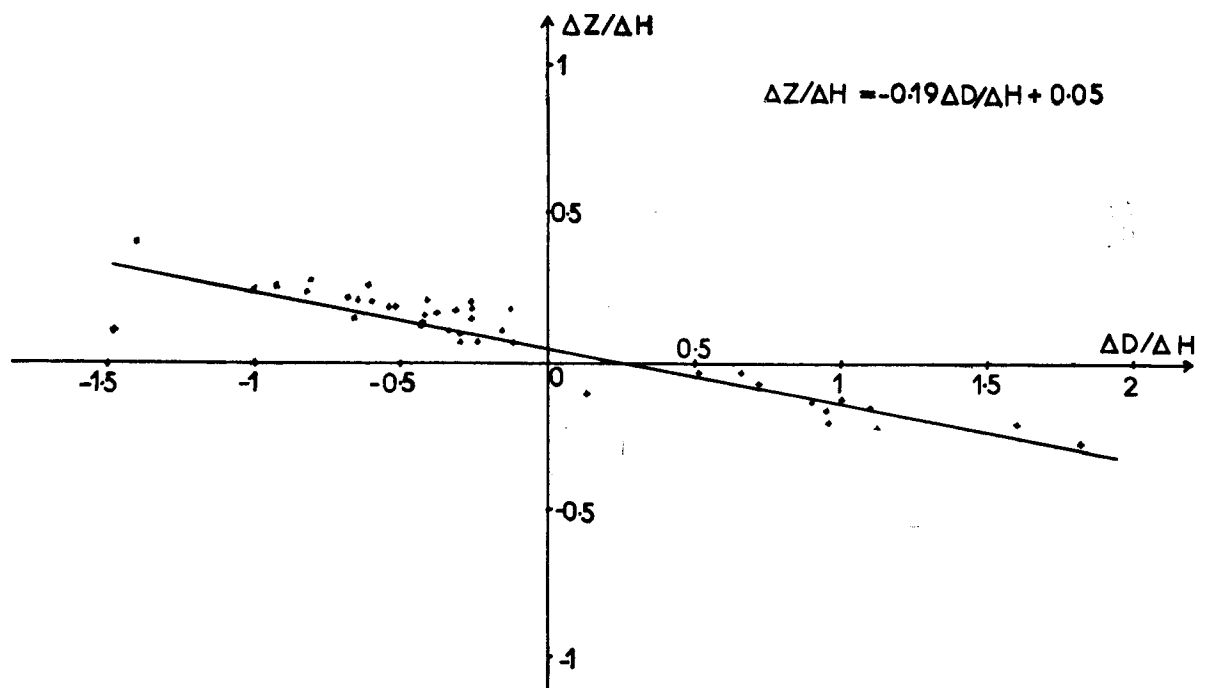


FIGURE 5

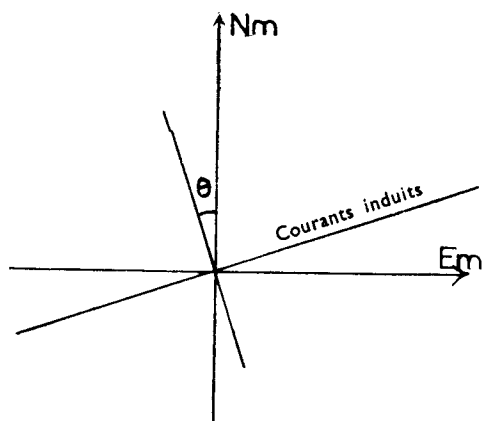


Fig. 6 SSC.

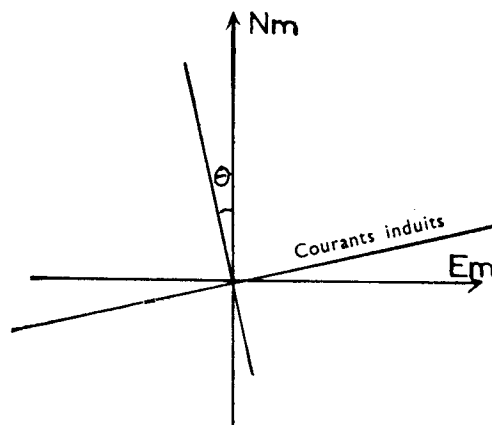


Fig. 7 Sfe.

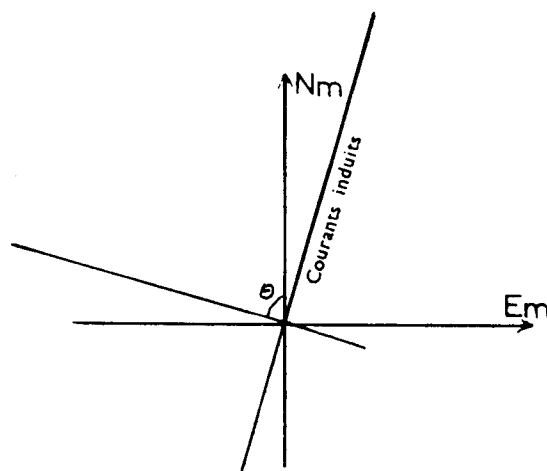


Figure 8 — Baies

A partir de ces droites on détermine les valeurs de A et de B pour la station magnétique de l'Observatoire et pour des perturbations de périodes différentes, nous avons obtenu les valeurs données par le tableau n° 3.

TABLEAU N° 3

	SSC	Sfe	Baies
A	0,10	0,13	0,05
B	— 0,03	— 0,03	— 0,19
C	0,10	0,12	0,21
θ	— 17	— 13	— 75

Connaissant les différentes valeurs de θ , nous pouvons déterminer les directions des courants

induits correspondant aux SSC, Sfe et aux baies représentées par les figures 6, 7 et 8.

D'après ces figures les courants induits dans le sous-sol circulent suivant deux directions, la direction SW-NE pour les SSC et Sfe et la direction N-S pour les baies. On peut les situer par rapport à notre station (Tn), la direction SW-NE des courants induits fait un angle de l'ordre 61° avec le Nord géographique NG et l'autre direction un angle de l'ordre de 3° (Fig. 9).

CONCLUSION

L'étude des perturbations magnétiques, SSC, Sfe et baies, nous a permis de mettre en évidence deux directions privilégiées où sont canalisés les courants induits ; une direction superficielle SW-NE et une direction N-S beaucoup plus profonde. Il est intéressant de préciser la profondeur, la valeur

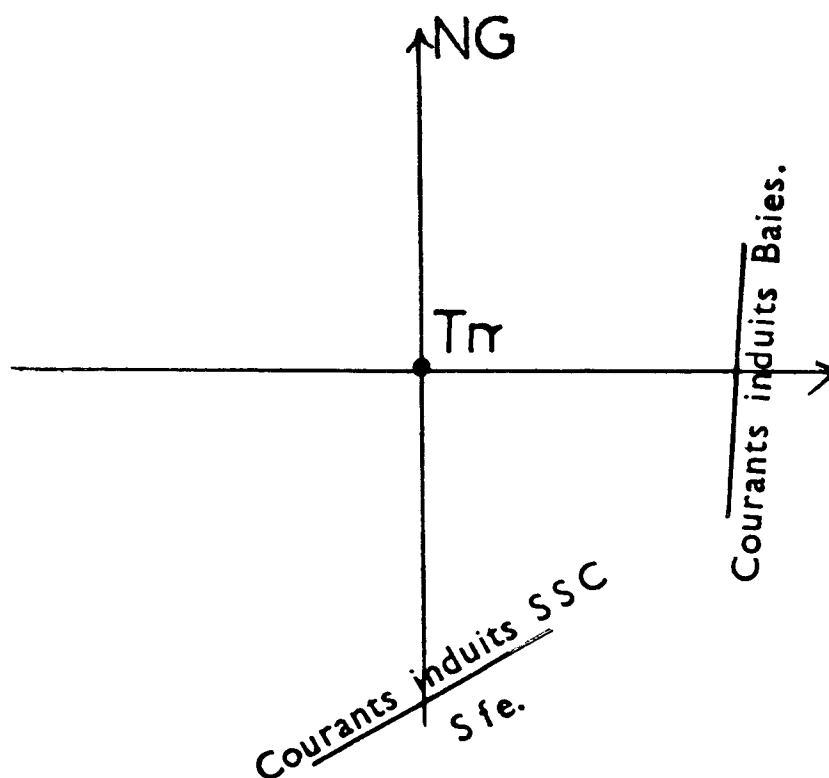


Figure 9

de ρ , ainsi que la distance de ces deux directions par rapport à notre station. Pour cela, on peut placer une station magnétique permettant d'enregistrer durant quelques mois les composantes H, D et Z en des points situés à 100 ou 200 kilomètres de l'Observatoire, les résultats obtenus seront ensuite comparés à ceux enregistrés à l'Observatoire.

Manuscrit reçu, le 28 mai 1971.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) RIKITAKE (T) Anomaly of Geomagnetic variations in Japan « Geophysical Journal » (1959) Vol. 2 n° 4, pp. 276-287.
- (2) SCHMUCKER (U) Anomalies of Geomagnetic variations in the south western United States. « Journal of Geomagnetism and Geoelectric » (1964), Vol. 15, pp. 193-221.
- (3) CANER (B) and CANON (W.-H.) Geomagnetic depth sounding and correlation with other Geophysical data in Western North America « Nature » (1965) Vol., pp 927-928.
- (4) WIESE (H) Geomagnetische Tiefentellurik (1965), pp. 71-85.