

VERTICAL GRADIENT OF THE MAGNETIC ANOMALY MAP OF CANADA

D.J. Teskey, P.J. Hood, S.D. Dods

CARTE DU GRADIENT VERTICAL DES ANOMALIES MAGNÉTIQUES DU CANADA

D.J. Teskey, P.J. Hood et S.D. Dods

INTRODUCTION

The Aeromagnetic Mapping Program of the Geological Survey of Canada was initiated in 1947. Most of the surveys, except over the Territories, were carried out under Federal-Provincial Agreements. Although magnetometer sensitivities have increased from 1 nanotesla in the earliest flight magnetometers to 0.001 nanotesla in modern alkali-vapour magnetometers, the survey parameters have been consistently maintained at 800 m line separation and 305 m mean terrain clearance. The exception to this is in mountainous areas such as the Torngat Mountains of Labrador and the Cordillera and in offshore areas, where line spacing and altitudes have been varied as required. Standard survey products are 1:50 000 and 1:250 000 contour maps (one inch one mile and one inch-four miles before adoption of SI units). Areas that have been covered under this program include the Canadian Shield, the Appalachians, part of the Cordillera and offshore areas (NW of the Arctic Islands, Beaufort Sea, Georges Bank, Laurentian Channel (south of Newfoundland) and the Orphan Basin (northwest of Newfoundland)). Those surveys flown before digital data acquisition was available have been digitized at the flight line contour intervals of 1:50 000 maps to provide a digital data set. Details of the program can be found in Hood et al. (1985). Beginning in 1981, the individual surveys were amalgamated to produce a series of 1:1 000 000 coloured Magnetic Anomaly Maps and an associated digital data set gridded at 812.8 m, from which the appropriate Definitive Geomagnetic Reference Field has been subtracted (IGA Division 1, Working Group 1 (1988)). The levelling and compilation procedures are described in Dods et al. (1985).

These gridded data sets were compiled using the Lambert Conformal projection with a central meridian of 92°W and standard parallels of 49° and 77°N, which is the standard for the 1:5 000 000 national map series of the Geological Survey of Canada. Thus, it was possible to create the major portion of the Magnetic Anomaly Map of Canada simply by joining the individual 812.8 m grid sets and interpolating in the required grid interval of 2000 m. Additional ship-track data compiled at the Atlantic and the Pacific Geoscience Centres, industry data, and airborne data flown by the U.S. Naval Research Lab in the high Arctic have also been included to form the digital version of the Magnetic Anomaly Map of Canada (Dods et al., 1987). Further details of the compilation are included in Teskey and Hood (1988). The gridded data sets were resampled to 4000 m for the 1:10 000 000 version of the vertical gradient map shown here.

THE VERTICAL GRADIENT MAP

The vertical gradient of the magnetic field was calculated from the total field Magnetic Anomaly Map of Canada (see Dods et al., 1989) by Fast Fourier transform techniques. Using the vertical gradient, contacts such as the Thelon Front in the District of Mackenzie, N.W.T. and the northeast boundary of the Hudson mobile zone in Saskatchewan and Manitoba are more sharply defined compared to total field representations. This is due to a property of the vertical gradient, namely, that in northern latitudes, the zero contour of the vertical gradient tends to outline vertical contacts between magnetically contrasting lithologies (Hood, 1965). The exact position of the contact however, may be offset from the zero gradient contour because of the effect of non-verticality of the contact, and inclination of the magnetic field and of the magnetization vector. Offsets can also be caused by the interfering effects of adjacent anomalies. The vertical gradient can be considered complementary to upward continuation, which has the effect of deemphasizing near-surface features in favour of deeper sources. In this example of vertical gradient, the data were first upward continued to 12 km, a relatively small amount at this scale, in order to reduce the surface 'noise'. Thus, the vertical gradient can be considered to be mapping magnetic structures in the upper 10-15 km of the crust. Since the vertical gradient de-emphasizes long wavelengths, better spatial resolution of upper crustal structures can be obtained. This is evident, for example, in the eastern North West Territories and in Northern Quebec and Labrador (compare with Dods et al., 1989).

REFERENCES

Dods, S.D., Teskey, D.J. and Hood, P.J., 1987. Magnetic Anomaly Map of Canada - Fifth Edition; Geological Survey of Canada Map 1255A.

Dods, S.D., Teskey, D.J. and Hood, P.J., 1985. The new 1:1 000 000 magnetic anomaly map series of the Geological Survey of Canada. Compilation techniques and interpretation; in The Utility of Gravity and Magnetic Anomaly Maps, ed. W.J. Hinze, Society of Exploration Geophysicists.

Dods, S.D., Teskey, D.J. and Hood, P.J., 1989. Magnetic Anomaly Map of Canada; Geological Survey of Canada, Canadian Geophysical Atlas, Map 11, scale 1:10 000 000.

Hood, P.J., 1965. Gradient measurements in aeromagnetic surveying; Geophysics, v. 30, p.891-902.

Hood, P.J., McGrath, P.H. and Teskey, D.J., 1985. Evolution of Geological Survey of Canada magnetic-anomaly maps: a Canadian perspective; in The Utility of Gravity and Magnetic Anomaly Maps, ed. W.J. Hinze, Society of Exploration Geophysicists.

IGA Division 1, Working Group 1, 1986. International Geomagnetic Reference Field Revision 1985; EOS June 17, 1986.

Teskey, D.J. and Hood, P.J., 1988. The Canadian Aeromagnetic Data Base - Evolution and Applications to the Definition of Major Crustal Boundaries; Symposia Proceedings GA1.6 and GA1.7 of XIXth IUGG General Assembly, Vancouver, 1987.

INTRODUCTION

Le programme de cartographie aéromagnétique de la Commission géologique du Canada a été amorcé en 1947. Sauf au-dessus des Territoires, la plupart des levés ont été exécutés dans le cadre d'ententes fédérales-provinciales. Bien que la sensibilité des magnétomètres soit passée d'un nanotesla dans les premiers sondes magnétiques à 0,001 nanotesla dans les magnétomètres modernes à vapeur d'alkali, les paramètres des levés ont constamment respecté un espacement de 800 m entre les lignes et une hauteur moyenne de 305 m au-dessus du sol. Les zones montagneuses font exception à cette règle, notamment les monts Torngat au Labrador et la Cordillère dans l'Ouest. Il en va de même des zones extracôtières où l'on a fait varier au besoin les altitudes et l'espacement entre les lignes. Au nombre des produits courants qui résultent des levés, on peut mentionner les cartes de courbes de niveau à 1:50 000 et à 1:250 000 (soit respectivement un mille au pouce et quatre milles au pouce avant l'adoption du SI). Parmi les zones couvertes dans le cadre de ce programme, on peut mentionner le Bouclier canadien, les Appalaches, une partie de la Cordillère et certaines zones extracôtières : le nord-ouest de l'Arctique arctique, la mer de Beaufort, le banc de Georges, le chenal Laurentien et le bassin Orphan (au nord-est de Terre-Neuve). Les levés aériens exécutés avant que la saisie des données numériques ne soit accessible ont été numérisés aux points d'intersection des lignes de vol et des isolignes des cartes à 1:50 000 pour fournir un ensemble de données numériques. Les détails du programme se trouvent dans Hood et coll. (1985). À partir de 1981, les levés individuels ont été amalgamés afin de produire une série de cartes polychromes des anomalies magnétiques à 1/1 000 000 ainsi que des ensembles connexes de données numériques selon un quadrillage de 812,8 m de côté, à partir desquels le champ de référence géomagnétique définitif et approprié a été soustrait (Division 1 de l'IGA, groupe de travail 1 - 1986). Les méthodes de nivellement et de compilation sont décrites dans Dods et coll. (1985).

Ces ensembles de données numériques ont été compilés à l'aide de la projection conforme de Lambert avec méridien central à 92°O et des parallèles de référence conservés à 49°N et 77°N, ce qui constitue la norme pour la série de cartes nationales à 1/5 000 000 de la Commission géologique du Canada. Ainsi, il a été possible de créer la majeure partie de la carte des anomalies magnétiques du Canada simplement en joignant les ensembles de données numériques individuelles de 812,8 m et en interpolant à l'intervalle de quadrillage voulu de 2000 m. D'autres données recueillies suivant la trajectoire des navires et des centres géoscientifiques du Pacifique et de l'Atlantique, des données aéromagnétiques de l'industrie et des données obtenues par le laboratoire de recherches navales des États-Unis dans l'Étréme Arctique ont aussi été incluses pour former la version numérique de la carte des anomalies magnétiques du Canada (Dods et coll., 1987). D'autres détails concernant la compilation sont donnés dans Teskey et Hood (1988). Les données quadrillées ont été rééchantillonnées à 4000 m pour la version à 1/10 000 000 de la carte de gradient vertical ci-présentée.

LA CARTE DU GRADIENT VERTICAL

Le gradient vertical du champ magnétique a été calculé par transformée de Fourier rapide à partir de la carte des anomalies magnétiques du Canada (voir Dods et coll., 1989). À l'aide du gradient vertical, des contacts comme le front de Thelon dans le district de Mackenzie (T.N.-O.) et la limite nord-est de la zone mobile d'Hudson en Saskatchewan et au Manitoba sont plus nettement délimités comparativement aux représentations du champ total. Cela est dû à une propriété du gradient vertical qui veut que dans les latitudes nordiques, l'isogramme zéro du gradient vertical a tendance à délimiter des contacts verticaux entre des lithologies à susceptibilités magnétiques contrastées (Hood, 1965). La position exacte peut toutefois être décalée par rapport à l'isogramme zéro en raison de l'effet de pendage non vertical du contact et de l'inclinaison du champ magnétique et du vecteur d'aimantation. Les décalages peuvent aussi être causés par les effets d'interférence des anomalies voisines. Le gradient vertical peut être considéré complémentaire au prolongement vers le haut qui a pour effet d'atténuer les éléments voisins de la surface en faveur de sources plus profondes. Dans cet exemple de gradient vertical, les données ont d'abord été prolongées vers le haut jusqu'à 12 km, soit une quantité relativement petite à cette échelle, afin de réduire le bruit superficiel. Ainsi, le gradient vertical peut être considéré comme une représentation cartographique des structures magnétiques dans les 10 à 15 premiers kilomètres de la croûte terrestre. Puisque le gradient vertical atténue les grandes longueurs d'onde, une meilleure résolution spatiale des structures crustales supérieures peut être obtenue. Ce phénomène se remarque particulièrement par exemple dans l'est des Territoires du Nord-Ouest et dans le nord du Québec et du Labrador (comparer à Dods et coll., 1989).

RÉFÉRENCES

Dods, S.D., Teskey, D.J. et Hood, P.J., 1987. Carte des anomalies magnétiques du Canada - cinquième édition; Commission géologique du Canada, Carte 1255A.

Dods, S.D., Teskey, D.J. et Hood, P.J., 1985. The new 1:1 000 000 magnetic anomaly map series of the Geological Survey of Canada. Compilation techniques and interpretation; in The Utility of Gravity and Magnetic Anomaly Maps, ed. W.J. Hinze, Society of Exploration Geophysicists.

Dods, S.D., Teskey, D.J. et Hood, P.J., 1989. Carte des anomalies magnétiques du Canada; Commission géologique du Canada, Atlas géophysique du Canada, Carte 11, échelle 1/10 000 000.

Hood, P.J., 1965. Gradient measurements in aeromagnetic surveying; Geophysics, v. 30, p.891-902.

Hood, P.J., McGrath, P.H. et Teskey, D.J., 1985. Evolution of Geological Survey of Canada magnetic-anomaly maps: a Canadian perspective; in The Utility of Gravity and Magnetic Anomaly Maps, ed. W.J. Hinze, Society of Exploration Geophysicists.

IGA Division 1, Working Group 1, 1986. International Geomagnetic Reference Field Revision 1985; EOS June 17, 1986.

Teskey, D.J. et Hood, P.J., 1988. The Canadian Aeromagnetic Data Base - Evolution and Applications to the Definition of Major Crustal Boundaries; Symposia Proceedings GA1.6 and GA1.7 of XIXth IUGG General Assembly, Vancouver, 1987.

Copies of this map may be obtained from the Geological Survey of Canada: 601 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 0G8 3803-33rd Street, N.W., Calgary, Alberta, T2L 2A7

Recommended citation: D.J. Teskey, P.J. Hood and S.D. Dods. 1989. Vertical Gradient of the Magnetic Anomaly Map of Canada. Canadian Geophysical Atlas, Map 12, Scale 1:10 000 000

On peut obtenir des exemplaires de cette carte en s'adressant à la Commission géologique du Canada aux adresses suivantes: 601 rue Booth, Ottawa, Ontario K1A 0G8 3803-33ème rue, N.O., Calgary, Alberta T2L 2A7

Notation bibliographique conseillée: D.J. Teskey, P.J. Hood et S.D. Dods. 1989. Carte de gradient vertical des anomalies magnétiques du Canada. Atlas géophysique du Canada, carte 12, échelle 1/10 000 000

CANADIAN GEOPHYSICAL ATLAS - MAP 12

