Energy, Mines and Resources Canada / Énergie, Mines et Ressources Canada
Geological Survey of Canada / Commission géologique du Canada

MAGNETIC DECLINATION CHART OF CANADA 1990

Descriptive Notes

by

L.R. Newitt and G.V. Haines

INTRODUCTION

The first magnetic observation in Canada was probably made by Jean Alphonse in 1542 or 1543. He reported a magnetic declination of 33°W in the St Lawrence River (Dawson and Newitt, 1980). During the following centuries, thousands of observations of declination were made on land and at sea by many explorers and navigators, among them such notables as Samuel de Champlain, James Cook, John Franklin and James Ross. Most explorers were interested in magnetic declination for practical rather than scientific reasons. A knowledge of magnetic declination at different points on the Earth's surface was necessary for navigating accurately by means of a magnetic compass, which was an essential navigational instrument during that era. Even today, the simple magnetic compass has remained a popular means of navigation because of its portability, simplicity and cost. Consequently each year the Geological Survey of Canada receives hundreds of requests for values of magnetic declination from various government mapping agencies, businesses and individuals. In fact, all Canadian topographical, aeronautical and hydrographic charts, as well as many others, include values of magnetic declination as an aid to navigation. All these values are supplied by the Geological Survey.

In the late nineteenth century, various agencies of the Canadian Government such as the Topographical Survey, Hydrographic Survey, the Meteorological Service and the Dominion Observatory began to conduct magnetic surveys of the country in a systematic manner (Dawson and Newitt, 1980). However, it was not until the Dominion Observatory initiated high-level (3 to 5 km above sea level) vector airborne magnetic surveys in 1953 that uniform coverage of the entire country was achieved. Airborne magnetic surveys carried out between 1953 and 1976 by the Dominion Observatory and its successor, the Earth Physics Branch, covered the country twice (Haines, 1983). These data form the basis of recent charts and models of magnetic declination and the other elements of the magnetic field.

Magnetic declination is not a constant quantity. In fact, all elements of the magnetic field are slowly changing in a non-uniform and somewhat unpredictable fashion (Newitt and Dawson, 1984). This process is referred to as secular variation. For this reason, magnetic charts must be revised periodically. Since it is not feasible to resurvey the entire country before each revision, the secular variation of the magnetic field must be continually monitored. In Canada, a network of 60 magnetic repeat stations and 13 permanent magnetic observatories is maintained primarily for this purpose. Observations from this network allow the adjustment of magnetic survey data to the epoch of the chart.

CANADIAN GEOMAGNETIC REFERENCE FIELD 1990

Magnetic declination charts of Canada have been produced periodically since 1922 (Dawson and Newitt, 1980). Early charts were produced by hand-contouring the observed data, updated to the epoch of the chart in some manner. Since 1970, the procedure has been first to produce a mathematical model of the magnetic field and then to produce a chart based on the model.

A major innovation in regional modelling techniques was the development of spherical cap harmonic analysis by Haines (1985a). The development permitted, for the first time, a regional model which recognized that electrical charges and currents are negligible near the Earth's surface. Constraining them to be zero also resulted in a tractable and greatly simplified mathematical model. The method of spherical cap harmonic analysis was originally applied to modelling the secular variation over Canada (Haines, 1985b) and to the production of the 1985 and 1987.5 versions of the Canadian Geomagnetic Reference Field (Haines and Newitt, 1986; Newitt and Haines, 1989).

Mathematical models have replaced charts as primary sources of information for many applications, since they allow the quick and automatic determination of precise values of the magnetic field elements at any point and time. However, a chart presents an overall picture of the magnetic field pattern not obtainable from a model and provides sufficient precision for many uses.

The magnetic declination chart of Canada for 1990 is derived from the Canadian Geomagnetic Reference Field for 1990 (CGRF 1990). The CGRF is a spherical cap harmonic model which approximates values of magnetic declination, and all other elements of the magnetic field, anywhere in Canada and the surrounding regions. The model was produced from the vector airborne magnetic observations over Canada gathered between 1965 and 1976 by the Earth Physics Branch and from vector satellite (MAGSAT) observations gathered in late 1979 and early 1980 by the U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA). The airborne data were averaged in cells 127 km square, whereas the satellite data were variably decimated to give a uniform distribution over the chart area. A total of 4350 airborne and 5622 satellite component-observations were obtained in the area analyzed.

All data were updated to 1990 using a spherical cap harmonic model of the secular variation over Canada derived from first differences at 33 magnetic observatories and 151 repeat stations in Canada, the United States, Greenland and Iceland. A spherical cap harmonic model was then produced from equally weighted airborne and satellite data after subtraction of the 1985 International Geomagnetic Reference Field (IGRF) extrapolated to 1990 (IAGA Division 1 Working Group 1, 1986). The declination is obtained by summing values of the IGRF and the spherical cap harmonic model. The annual change is the value of declination at 1991 minus the value at 1990.

The magnetic declination chart was produced by using the CGRF 1990 to compute values at sea level of declination and its annual change on a grid equivalent to approximately 125 km square by means of an inverse Lambert projection routine and by computer contouring the resulting gridded values. Contouring programs fail in the vicinity of singularities, such as the North Magnetic Pole, so that the contours in this region were drawn manually.

NORTH MAGNETIC POLE

The position of the North Magnetic Pole, derived from the spherical cap harmonic analysis, is 78.3°N, 104.0°W and its present motion is approximately 10 km per year northwestward. The last observed position, for 1983.9, was 77.0°N, 102.3°W (Newitt and Niblett, 1986). All lines of equal magnetic declination converge on the magnetic pole. However, at any given point in Canada, a compass needle will not point directly to the magnetic pole due to the complex nature of the magnetic field.

REFERENCES

Dawson, E. and Newitt, L.R.
1980: Canada charts its magnetic field 1843-1980; Geos, Summer, p.13-16.

Haines, G.V.
1983: E.P.B. aeromagnetic data (1953-1976); in Proceedings Aeromagnetic Data Workshop November 16-18, 1982, Boulder Colorado; Workshop Proceedings, v.1, p.5-19, National Geophysical Data Centre, Boulder, Colorado.

1985a: Spherical cap harmonic analysis; Journal of Geophysical Research, v.90, p.2583-2591.

1985b: Spherical cap harmonic analysis of geomagnetic secular variation over Canada 1960-1983; Journal of Geophysical Research, v.90, p.12563-12574.

Haines, G.V. and Newitt, L.R.
1986: Canadian geomagnetic reference field 1985; Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, v.38, p.895-921.

IAGA Division 1 Working Group 1
1986: International geomagnetic reference field revision 1985; Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, v.85, p.217-220.

Newitt, L.R. and Dawson, E.
1984: Secular variation in North America during historical times; Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, v.78, p.277-289.

Newitt, L.R. and Haines, G.V.
1989: Canadian geomagnetic reference field for epoch 1987.5; Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, v.41, p.249-260.

Newitt, L.R. and Niblett, E.R.
1986: Relocation of the north magnetic dip pole; Canadian Journal of Earth Sciences, v.23, p.1062-1067.

CARTE DE LA DÉCLINAISON MAGNÉTIQUE AU CANADA POUR 1990

Notes Descriptives

par

LR. Newitt et G.V. Haines

INTRODUCTION

La première observation magnétique a probablement été faite au Canada par Jean Alphonse en 1542 ou 1543. Ce dernier a signalé une déclinaison magnétique de 33°O dans le fleuve Saint-Laurent (Dawson et Newitt, 1980). Au fil des siècles, des milliers d'observations de la déclinaison ont été faites sur terre et en mer par de nombreux explorateurs et navigateurs éminents, dont Samuel de Champlain, James Cook, John Franklin et James Ross. La plupart des explorateurs s'intéressaient à la déclinaison magnétique pour des raisons plutôt pratiques que scientifiques. Il fallait en effet connaître la déclinaison magnétique en divers points à la surface de la Terre pour pouvoir naviguer avec exactitude au moyen d'une boussole, instrument de navigation essentiel à l'époque. Même aujourd'hui, la simple boussole demeure un moyen populaire de navigation en raison de son faible encombrement, de sa simplicitié et de son côut. Par conséquent, la Commission géologique du Canada reçoit chaque année, de divers organismes gouvernementaux de cartographie, d'entreprises et de particuliers, des centaines de demandes de valeurs de la déclinaison magnetique. En fait, toutes les cartes topographiques, aéronautiques et hydrographiques canadiennes, ainsi que bien d'autres, indiquent les valeurs de la déclinaison magnétique pour aider les navigateurs. Toutes ces valeurs sont fournies par la Commission géologique du Canada.

À la fin du XIX^{e} siècle, divers organismes du gouvernment canadien, comme les services de levés topographiques, de levés hydrographiques, le service météorologique et celui de l'Observatoire fédéral, ont commencé à mener de façon systématique des levés magnétiques du pays (Dawson et Newitt, 1980). Cependant, il a fallu attendre 1953, date à laquelle l'Observatoire fédéral a entamé des lévés aéromagnétiques à haute altitude (de 3 à 5 km au-dessus du niveau de la mer) et à trois composantes, pour qu'une couverture uniforme de l'ensemble du pays soit réalisée. Les levés aéromagnétiques effectués entre 1953 et 1976 par l'Observatoire fédéral et son successeur, la Direction de la physique du globe, ont couvert le pays deux fois (Haines, 1983). Ces données ont servi à la réalisation des cartes et modèles récents de la déclinaison magnétique et des autres élements du champ magnétique.

La déclinaison magnétique n'est pas une quantité constante. En fait, tous les éléments du champ magnétique changent lentement de façon non uniforme et quelque peu imprévisible (Newitt er Dawson, 1984). Ce processus s'appelle la variation séculaire. C'est pour cette raison qu'il faut réviser periodiquement les cartes magnétiques. Étant donné qu'il n'est pas possible de refaire de levés de l'ensemble du pays avant chaque révision, la variation séculaire du champ magnétique doit faire l'objet d'une surveillance continuelle. Au Canada, un réseau de 60 stations magnétiques de répétition et de 13 observatoires magnétiques permanents contribue essentiellement à cet objectif. Les observations de ce réseau permettent de rajuster les données des levés magnétiques en fonction de l'époque représentée par la carte.

LE CHAMP GÉOMAGNÉTIQUE CANADIEN DE RÉFERENCE POUR 1990

Des cartes de la déclinaison magnétique du Canada sont produites périodiquement depuis 1922 (Dawson et Newitt, 1980). Les premières cartes étaient produites en traçant à la main les donnés observées, mise à jour d'une certaine façon en fonction de l'époque representée par la carte. Depuis 1970, la procédure consiste tout d'abord à produire un modèle mathématique du champ magnétique, puis à produire une carte basée sur le modèle.

Une innovation majeure des techniques de modélisation régionale a été la mise au point, par Haines (1985a), de l'analyse harmonique d'une calotte sphérique. Cette innovation a permis, pour la première fois, d'élaborer un modèle régional qui reconnaissait l'effet négligeable des charges et courants électriques près de la surface de la Terre. En les réduisant à zéro, on obtient aussi un modèle mathématique maniable et grandement simplifié. La méthode de l'analyse harmonique d'une calotte sphérique a initialement été appliquée à la modélisation de la variation séculaire pour le Canada (Haines, 1985b) et à la production des versions de 1985 et de 1987,5 du Champ géomagnétique canadien de référence (Haines et Newitt, 1986; Newitt et Haines, 1989).

Les modèles mathématiques ont remplacé les cartes en tant que sources primaires d'information pour de nombreuses applications, étant donné qu'ils permettent de déterminer rapidement et automatiquement les valeurs précises des éléments du champ magnétique en fonction de n'importe quel endroit ou n'importe quel moment. Cependant, une carte présente, au contraire d'un modèle, une vue d'ensemble de la configuration du champ magnétique et assure une précision suffisante pour de nombreuses utilisations.

La carte de la déclinaison magnétique au Canada pour 1990 est dérivée du Champ géomagnétique canadien de référence pour 1990 (CGRF 1990). Le CGRF est un modèle harmonique d'une calotte sphérique qui donne des valeurs approximatives de la déclinaison magnétique, ainsi que de tous les autres éléments du champ magnétique, partout au Canada et dans les régions avoisinantes. Le modèle a été produit à partir d'observations aéromagnétiques à trois composantes recueillies au-dessus du Canada entre 1965 et 1976 par la Direction de la physique du globe et à partir d'observations vectorielles obtenues par satellite (MAGSAT) entre la fin de 1979 et le début de 1980 par la National Aeronautics and Space Administration (NASA) des États-Unis. Les donnés aéromagnétiques ont été groupées en carrés de 127 km de côté, et leur moyenne déterminée, tandis que les données obtenues par satellite ont été choisies au besoin afin d'obtenir une répartition uniforme à l'intérieur de la région cartographiée. La superficie analysée a donné lieu à 4350 observations des composantes, dans le cas des données recueillies par aéronef, et à 5622, pour les données recueillies par satellite.

Toutes les données ont été rajustées en fonction de l'époque 1990 à l'aide d'un modèle harmonique d'une calotte sphérique de la variation séculaire pour le Canada dérivée des différences premières constatées à 33 observatoires magnétiques et 151 stations de répétition au Canada, aux États-Unis, au Groenland et en Islande. Un modèle harmonique d'une calotte sphérique a ensuite été produit à partir de données, également pondérées, obtenues par aéronef et par satellite après avoir soustrait le Champ géomagnétique international de référence (IGRF), de 1985, extrapolé jusqu'à l'époque 1990 (IAGA Division 1 Working Group 1, 1986). La déclinaison s'obtient en additionnant les valeurs de l'IGRF et du modèle harmonique de la calotte sphérique. La variation annuelle est la valeur de la déclinaison à l'époque 1991 moins la valeur pour 1990.

La carte de la déclinaison magnétique a été produite en utilisant le CGRF, à l'époque 1990, pour calculer les valeurs au niveau de la mer de la déclinaison et sa variation annuelle sur un réseau équivalant à environ 125 km de côté, au moyen d'une projection inverse de Lambert et par le tracé informatique des valeurs résultantes du réseau. Les programmes de tracé de courbes ne permettent pas d'obtenir de bonnes représentations dans certaines régions critiques, comme le pôle magnétique nord; les courbes correspondant à cette région ont donc été tracées à la main.

PÔLE NORD MAGNÉTIQUE

La position du pôle nord magnétique, dérivée de l'analyse harmonique d'une calotte sphérique est 78,3°N, 104,0°O, et son déplacement actuel est d'environ 10 km par an vers le nord-ouest. La dernière position observée, pour 1983,9, était de 77,0°N, 102,5°O (Newitt et Niblett, 1986). Toutes les lignes d'égale déclinaison magnétique convergent vers le pôle magnétique. Cependant, à n'importe quel endroit du Canada, l'aiguille d'une boussole ne pointera pas nécessairement vers le pôle magnétique en raison de la nature complexe du champ magnétique.

BIBLIOGRAPHIE

Dawson, E. et Newitt, L.R.
1980: Canada charts its magnetic field 1843-1980; Geos, été, p.13-16.

Haines, G.V.
1983: E.P.B. aeromagnetic data (1953-1976); *dans* Proceedings Aeromagnetic Data Workshop November 16-18, 1982, Boulder Colorado; Workshop Proceedings, v.1, p.5-19, National Geophysical Data Centre, Boulder, Colorado.

1985a: Spherical cap harmonic analysis; Journal of Geophysical Research, v.90, p.2583-2591.

1985b: Spherical cap harmonic analysis of geomagnetic secular variation over Canada 1960-1983; Journal of Geophysical Research, v.90, p.12563-12574.

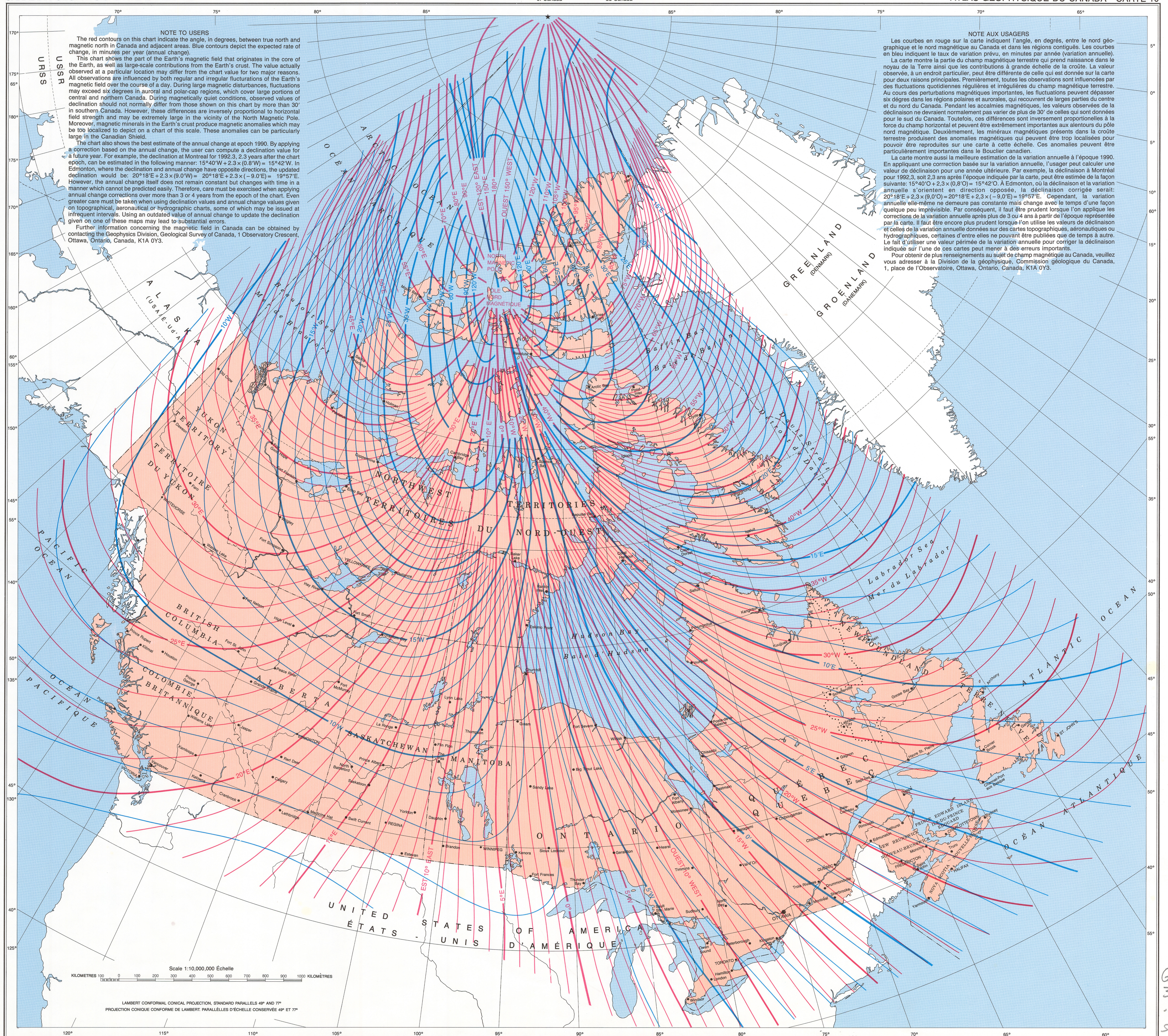
Haines, G.V. et Newitt, L.R.
1986: Canadian geomagnetic reference field 1985; Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, v.38, p.895-921.

IAGA Division 1 Working Group 1
1986: International geomagnetic reference field revision 1985; Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, v.85, p.217-220.

Newitt, L.R. et Dawson, E.
1984: Secular variation in North America during historical times; Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, v.78, p.277-289.

Newitt, L.R. et Haines, G.V.
1989: Canadian geomagnetic reference field for epoch 1987.5; Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, v.41, p.249-260.

Newitt, L.R. et Niblett, E.R.
1986; Relocation of the north magnetic dip pole; Canadian Journal of Earth Sciences, v.23, p.1062-1067.



NOTE TO USERS

The red contours on this chart indicate the angle, in degrees, between true north and magnetic north in Canada and adjacent areas. Blue contours depict the expected rate of change, in minutes per year (annual change).

This chart shows the part of the Earth's magnetic field that originates in the core of the Earth, as well as large-scale contributions from the Earth's crust. The value actually observed at a particular location may differ from the chart value for two major reasons. All observations are influenced by both regular and irregular fluctuations of the Earth's magnetic field over the course of a day. During large magnetic disturbances, fluctuations may exceed six degrees in auroral and polar-cap regions, which cover large portions of central and northern Canada. During magnetically quiet conditions, observed values of declination should not normally differ from those shown on this chart by more than 30' in southern Canada. However, these differences are inversely proportional to horizontal field strength and may be extremely large in the vicinity of the North Magnetic Pole. Moreover, magnetic minerals in the Earth's crust produce magnetic anomalies which may be too localized to depict on a chart of this scale. These anomalies can be particularly large in the Canadian Shield.

The chart also shows the best estimate of the annual change at epoch 1990. By applying a correction based on the annual change, the user can compute a declination value for a future year. For example, the declination at Montreal for 1992.3, 2.3 years after the chart epoch, can be estimated in the following manner: 15°40'W + 2.3 × (0.8'W) = 15°42'W. In Edmonton, where the declination and annual change have opposite directions, the updated declination would be: 20°18'E + 2.3 × (9.0'W) = 20°18'E + 2.3 × (−9.0'E) = 19°57'E. However, the annual change itself does not remain constant but changes with time in a manner which cannot be predicted easily. Therefore, care must be exercised when applying annual change corrections over more than 3 or 4 years from the epoch of the chart. Even greater care must be taken when using declination values and annual change values given on topographical, aeronautical or hydrographic charts, some of which may be issued at infrequent intervals. Using an outdated value of annual change to update the declination given on one of these maps may lead to substantial errors.

Further information concerning the magnetic field in Canada can be obtained by contacting the Geophysics Division, Geological Survey of Canada, 1 Observatory Crescent, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0Y3.

NOTE AUX USAGERS

Les courbes en rouge sur la carte indiquent l'angle, en degrés, entre le nord géographique et le nord magnétique au Canada et dans les régions contiguës. Les courbes en bleu indiquent le taux de variation prévu, en minutes par année (variation annuelle).

La carte montre la partie du champ magnétique terrestre qui prend naissance dans le noyau de la Terre ainsi que les contributions à grande échelle de la croûte. La valeur observée, à un endroit particulier, peut être différente de celle qui est donnée sur la carte pour deux raisons principales. Premièrement, toutes les observations sont influencées par des fluctuations quotidiennes régulières et irrégulières du champ magnétique terrestre. Au cours des perturbations magnétiques importantes, les fluctuations peuvent dépasser six degrés dans les régions polaires et aurorales, qui recouvrent de larges parties du centre et du nord du Canada. Lorsque l'activité magnétique est faible, les valeurs observées de déclinaison ne devraient normalement pas varier de plus de 30' de celles qui sont données pour le sud du Canada. Toutefois, ces différences sont inversement proportionnelles à la force du champ horizontal et peuvent être extrêmement importantes aux alentours du pôle nord magnétique. Deuxièmement, les minéraux magnétiques présents dans la croûte terrestre produisent des anomalies magnétiques qui peuvent être trop localisées pour pouvoir être reproduites sur une carte à cette échelle. Ces anomalies peuvent être particulièrement importantes dans le Bouclier canadien.

La carte montre aussi la meilleure estimation de la variation annuelle à l'époque 1990. En appliquant une correction basée sur la variation annuelle, l'usager peut calculer une valeur de déclinaison pour une année ultérieure. Par exemple, la déclinaison à Montréal pour 1992,3, soit 2,3 ans après l'époque indiquée par la carte, peut être estimée de la façon suivante: 15°40'O + 2,3 × (0,8'O) = 15°42'O. À Edmonton, où la déclinaison et la variation annuelle s'orientent en direction opposée, la déclinaison corrigée serait: 20°18'E + 2,3 × (9,0'O) = 20°18'E + 2,3 × (−9,0'E) = 19°57'E. Cependant, la variation annuelle elle-même ne demeure pas constante mais change avec le temps d'une façon quelque peu imprévisible. Par conséquent, il faut être prudent lorsque l'on applique les corrections de la variation annuelle après plus de 3 ou 4 ans à partir de l'époque représentée par la carte. Il faut être encore plus prudent lorsque l'on utilise les valeurs de déclinaison et celles de la variation annuelle données sur des cartes topographiques, aéronautiques ou hydrographiques, certaines d'entre elles ne pouvant être publiées que de temps à autre. Le fait d'utiliser une valeur périmée de la variation annuelle pour corriger la déclinaison indiquée sur l'une de ces cartes peut mener à des erreurs importantes.

Pour obtenir de plus renseignements au sujet du champ magnétique au Canada, veuillez vous adresser à la Division de la géophysique, Commission géologique du Canada, 1, place de l'Observatoire, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0Y3.

Copies of this map may be obtained from the Geological Survey of Canada:
601 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 0E8
3303-33rd Street, N.W., Calgary, Alberta T2L 2A7

Published 1990. Printed by the Cartographic Information and Distribution Centre

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 0E8
3303-33rd Street, N.W., Calgary Alberta T2L 2A7

Imprimée par le Centre d'information et de distribution cartographique. Publiée en 1990

Recommended citation:
L.R. Newitt and G.V. Haines
1990: Magnetic Declination Chart of Canada 1990.0, Geological Survey of Canada, Canadian Geophysical Atlas, Map 10, scale 1:10 000 000

Notation bibliographique conseillée:
L.R. Newitt et G.V. Haines
1990: Carte de la Declinaison Magnétique au Canada pour 1990.0, Commission géologique du Canada, Atlas géophysique du Canada, Carte 10, échelle 1/10 000 000