

SPACE GEODETIC TECHNIQUES AND THE CANADIAN SPATIAL REFERENCE SYSTEM EVOLUTION, STATUS AND POSSIBILITIES

P. Héroux, J. Kouba, N. Beck, F. Lahaye, Y. Mireault, P. Tétreault, P. Collins, K. MacLeod, M. Caissy
Geodetic Survey Division, Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario

Over the last two decades a revolution has taken place in the field of positioning and navigation. The availability and accuracy of signals from Global Navigation Satellite Systems (GNSS), combined with advances in microelectronics, have greatly improved our ability to georeference information. While positioning was traditionally the business of professionals in the field of surveying and geodesy, it has now become a commodity readily available to a wide range of users, from professional surveyors to recreational amateurs.

The Canadian Spatial Reference System (CSRS) has been evolving over this time to facilitate access to the reference frame with innovative products. These new products and associated tools are taking advantage of the widespread availability of navigation satellite signals and the popularity of the Internet to respond to Canadians in a way that enables seamless integration of their geospatial data, on location and in real-time. The move to space geodetic techniques for delivery of the CSRS is presented in this paper.

Au cours des deux dernières décennies, nous avons traversé une révolution dans le domaine du positionnement et de la navigation. L'accessibilité et la précision des signaux des systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS), en plus des avancées en microélectronique, ont grandement amélioré notre capacité à géocoder les données. Alors qu'auparavant, le positionnement relevait de professionnels des levés et de la géodésie, il est maintenant accessible à une grande variété d'utilisateurs, qu'ils soient des arpenteurs-géomètres ou des amateurs de plein air.

Le Système canadien de référence spatiale (SCRS) a évolué au cours de ces années afin de faciliter l'accès au cadre de référence par des produits innovateurs. Ces nouveaux produits et outils connexes tirent profit de l'accessibilité globale aux signaux des satellites de navigation et de la popularité de l'Internet afin de répondre aux Canadiens d'une façon qui permet l'intégration parfaite, instantanée et sur place de leurs données géospatiales. Dans cet article, nous vous présenterons la transition du SCRS vers ces techniques géodésiques spatiales.

THE EVOLUTION OF NAD83 IN CANADA

Michael R. Craymer
Geodetic Survey Division, Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario

The North American Datum of 1983 (NAD83) is the national spatial reference system used for georeferencing by most federal and provincial agencies in Canada. The physical realization of this system has undergone several updates since it was first introduced in 1986. It has evolved from a traditional, ground-based horizontal control network to a space-based 3D realization fully supporting more modern positioning techniques and the integration of both horizontal and vertical reference systems. After a brief review of previous reference systems

used in Canada, the original definition of NAD83 and its subsequent updates are described, focusing on the definition of the current implementation NAD83(CSRs) and its relationship with other reference systems. Official transformation parameters between NAD83(CSRs) and ITRF (including WGS84) are provided for use throughout Canada. Possible future reference systems for Canada and North America are also examined.

Le Système de référence nord-américain de 1983 (NAD83) est le système de référence spatiale national utilisé pour la géoréférence par la plupart des agences fédérales et provinciales au Canada. La réalisation physique de ce système a nécessité plusieurs mises à jour depuis son entrée en vigueur en 1986. Le système a évolué d'un réseau de contrôle horizontal terrestre à une réalisation spatiale tridimensionnelle comprenant des techniques de positionnement plus modernes et intégrant les systèmes de référence horizontale et verticale. Après une brève revue des systèmes de référence utilisés au Canada, la définition originale du NAD83 et ses mises à jour subséquentes sont décrites, en se concentrant sur la définition de la mise en oeuvre actuelle du NAD83 (SCRS) et sa relation avec d'autres systèmes de référence. Les paramètres officiels de transformation entre le NAD83 (SCRS) et l'ITRF (incluant le WGS84) sont accessibles aux usagers pour tout le Canada. On examine aussi d'autres systèmes de référence possibles pour le Canada et l'Amérique du Nord à l'avenir.

A GRAVIMETRIC GEOID MODEL AS A VERTICAL DATUM IN CANADA

Marc Véronneau, Robert Duval and Jianliang Huang
Geodetic Survey Division, Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario
marcv@nrcan.gc.ca

The need for a new vertical datum in Canada dates back to 1976 when a study group at the Geodetic Survey Division (GSD) of Natural Resources Canada investigated problems related to the existing vertical reference system (CGVD28) and recommended a redefinition of the vertical datum. The US National Geodetic Survey and GSD cooperated in the development of a new North American Vertical Datum (NAVD88). Although the USA adopted NAVD88 as its datum in the early 90s, Canada did not follow suit because unexplained discrepancies of about 1.5 m were still present between east and west coasts. GSD continued to maintain and expand the vertical datum using the spirit levelling technique; however related cost and inherent deficiencies to this technique has forced GSD to rethink its approach for the delivery of the height reference system in Canada. Meanwhile, advances in space-based technologies and new developments in geoid modelling have emerged and now offer an alternative to spirit levelling. A new project to modernize the vertical datum is currently in progress in Canada. GSD is planning the adoption of a geoid model as the new vertical datum, which will allow users of space-based positioning technologies access to an accurate and uniform vertical datum everywhere across the Canadian landmass and surrounding oceans. Furthermore, this new vertical datum will be less sensitive to geodynamic activity, local crustal uplift and subsidence, and deterioration of benchmarks.

Le Canada a senti le besoin de se doter d'un nouveau système de référence altimétrique en 1976 alors qu'un groupe d'étude à la Division des levés géodésiques (DLG) de Ressources naturelles Canada étudiait des problèmes liés au système de référence altimétrique existant

(CGVD28) et avait recommandé une nouvelle définition du système de référence altimétrique. Le National Geodetic Survey des États-Unis et la DLG ont travaillé ensemble à l'élaboration d'un nouveau système de référence altimétrique nord-américain (NAVD88). Bien que les États-Unis aient adopté le NAVD88 et comme système de référence altimétrique vers le début des années 1990, le Canada ne l'a pas adopté à cause de lacunes inexplicées d'environ 1,5 mètre entre les côtes Est et Ouest. La DLG a continué à maintenir et à améliorer le système de référence altimétrique en utilisant le nivellement de précision (à bulle). Cependant, à cause des défauts et des coûts associés à cette technique, la DLG a dû trouver une autre façon d'établir le système de référence altimétrique au Canada. Entre temps, les technologies spatiales et la modélisation du géoïde ont connu des percées importantes et offrent maintenant une alternative intéressante au nivellement de précision (à bulle). Ce projet est d'ailleurs déjà lancé au Canada. La DLG planifie l'adoption d'un modèle de géoïde en tant que système de référence altimétrique, ce qui permettra aux usagers des technologies de positionnement spatiales d'y accéder pour partout sur le continent canadien et les océans qui nous entourent. De plus, ce nouveau système de référence altimétrique sera moins sensible à l'activité géodynamique, au soulèvement ou à l'affaissement local de la croûte terrestre et à la détérioration des repères de nivellement.

CRUSTAL MOTION AND DEFORMATION MONITORING OF THE CANADIAN LANDMASS

Joseph A. Henton, Michael R. Craymer and Rémi Ferland
Geodetic Survey Division Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario

Herb Dragert and Stéphane Mazzotti
Geological Survey of Canada, Natural Resources Canada, Sidney, British Columbia

Donald L. Forbes
Geological Survey of Canada, Natural Resources Canada, Dartmouth, Nova Scotia

The science of geodesy and the corresponding reference systems it develops have increasingly been applied to measuring motions and slow deformations of the Earth's crust driven by plate tectonics. Improvements to geodetic methodologies have therefore enabled better understanding of the Earth's systems, including improved modelling and forecasting of changes that may affect society. These geophysical processes also systematically affect the reference frames used as standards for geodetic surveys. Reference frames therefore must not only define the system of coordinate axes (including orientation, origin, and scale), but also characterize the time-evolution of spatial coordinates on the Earth's surface. When evaluating the effect on reference standards within a given area, it is also important to realize that geodynamic processes operate on various spatial scales. In this paper we summarize some of NRCan's efforts to monitor contemporary crustal dynamics across Canada. Progressing from continental to smaller regional scales, we outline the rationale, techniques, and results. The observational data and interpretations presented are fundamentally dependent on the Canadian Spatial Reference System yet in turn also contribute to the incremental improvement of its definition and maintenance.

La science de la géodésie et les systèmes de référence correspondants ont été de plus en plus utilisés pour mesurer les mouvements et les lentes déformations de la croûte terrestre causés par les plaques tectoniques. L'amélioration des méthodes géodésiques nous a donc permis de mieux comprendre les systèmes de la Terre en nous permettant, entre autres, de mieux modéliser et prévoir les changements qui risquent de nous toucher. Ces processus géophysiques modifient aussi systématiquement les cadres de référence qui servent de normes aux levés géodésiques. Les cadres de référence doivent alors non seulement définir le système des axes des coordonnées (incluant l'orientation, l'origine et l'échelle), mais doivent aussi définir l'évolution temporelle des coordonnées spatiales sur la surface terrestre. Lorsqu'on évalue leur effet sur les normes de référence dans une zone donnée, il est aussi important de réaliser que les processus géodynamiques se produisent à plusieurs échelles spatiales. Dans cet article, nous résumerons certains des efforts de surveillance de la dynamique contemporaine de la croûte terrestre canadienne par Ressources naturelles Canada. De l'échelle continentale à l'échelle régionale, nous présenterons un survol du besoin, des techniques et des résultats. Les données et les interprétations observationnelles présentées dépendent fondamentalement du Système canadien de référence spatiale tout en contribuant à l'amélioration de sa définition et à sa maintenance.

GLOBAL GEODETIC OBSERVING SYSTEM—CONSIDERATIONS FOR THE GEODETIC NETWORK INFRASTRUCTURE

M. Pearlman, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CFA), Cambridge MA

Z. Altamimi, Institut Géographique National, Marne-La-Vallée, France

N. Beck, Geodetic Survey Division-Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario

R. Forsberg, Danish National Space Center, Copenhagen, Denmark

W. Gurtner, Astronomical Institute University of Bern, Bern, Switzerland

S. Kenyon, National Geospatial-Intelligence Agency, Arnold, MO

D. Behrend, F.G. Lemoine, C. Ma, C.E. Noll, E.C. Pavlis

NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD

Z. Malkin, Institute of Applied Astronomy, St. Petersburg, Russia

A.W. Moore, F.H. Webb, R.E. Neilan, Jet Propulsion Laboratory

California Institute of Technology, Pasadena, CA

J.C. Ries, Center for Space Research, The University of Texas, Austin, TX

M. Rothacher, GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam, Germany

P. Willis, Institut Géographique National, Saint Mande, France

Properly designed and structured ground-based geodetic networks materialize the reference systems to support sub-millimetre global change measurements over space, time, and evolving technologies. The Ground Networks and Communications Working Group (GN&C WG) of the International Association of Geodesy's Global Geodetic Observing System (GGOS) has been working with the IAG measurement services (the IGS, ILRS, IVS, IDS and IGFS) to develop a strategy for building, integrating, and maintaining the fundamental network of instruments and supporting infrastructure in a sustainable way to satisfy the long-term (10 to 20 years) requirements identified by the GGOS Science Council.

Activities of this Working Group include the investigation of the status quo and the development of a plan for full network integration to support improvements in terrestrial

reference frame establishment and maintenance, Earth orientation and gravity field monitoring, precision orbit determination, and other geodetic and gravimetric applications required for the long-term observation of global change. This integration process includes the development of a network of fundamental stations with as many co-located techniques as possible, with precisely determined intersystem vectors. This network would exploit the strengths of each technique and minimize the weaknesses where possible. This paper discusses the organization of the working group, the work done to date, and future tasks.

Des réseaux géodésiques terrestres bien conçus et structurés permettent de matérialiser les systèmes de référence afin de prendre en compte les changements mondiaux dans l'espace, le temps et les nouvelles technologies à un niveau inframillimétrique. Le groupe de travail sur les communications et les réseaux terrestres (Ground Networks and Communications Working Group (GN&C WG)) du Système global d'observation géodésique (GGOS) de l'Association internationale de géodésie (AIG) a travaillé avec les services de prises de mesures de l'AIG (l'IGS, l'ILRS, le SIR, l'IDS et l'IGFS) afin d'élaborer une stratégie pour édifier, intégrer et maintenir le réseau essentiel d'instruments et d'infrastructures de façon durable afin de répondre aux besoins à long terme (10 à 20 ans) cernés par le Conseil des sciences du GGOS.

Le Groupe de travail se prête notamment à l'évaluation du statu quo et à l'élaboration d'un plan pour l'intégration complète du réseau afin de comprendre les améliorations à l'élaboration et au maintien du cadre de référence terrestre, la surveillance de l'orientation et du champ gravitationnel terrestres, la détermination précise de l'orbite et d'autres applications géodésiques et gravimétriques nécessaires à l'observation des changements mondiaux à long terme. Ce processus d'intégration comprend l'élaboration d'un réseau de stations principales intégrant autant de techniques conjointes que possible et de vecteurs, déterminés avec précision, entre les systèmes. Ce réseau exploiterait les forces de chacune des techniques et minimiserait leurs faiblesses. Cet article présente l'organisation du groupe de travail, le travail accompli à ce jour ainsi que ses prochaines tâches.