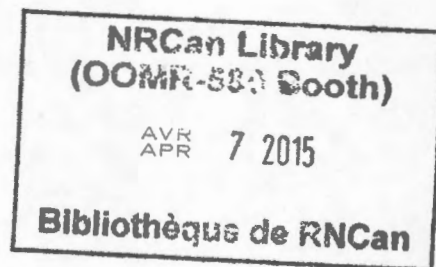


LE RÔLE DES COORDONNÉES DANS LES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Charles A. Chamberlain
Chef p.i., Section du développement des systèmes

J. Paul Henderson
Directeur adjoint p.i., Groupe de la gestion des données

Division des levés géodésiques
Centre canadien des levés
Énergie, Mines et Ressources Canada
615, rue Booth
Ottawa (Ont.) K1A 0E9
(613)995-4504



Introduction

Les systèmes d'information géographique (SIG) contiennent deux types de données : des données primaires ou positionnelles et des données secondaires ou thématiques. Les données primaires comprennent le canevas géodésique, le canevas de cartographie et les systèmes de levés topographiques. Les données secondaires englobent les données sur l'environnement, sur les richesses naturelles, sur les infrastructures et sur les aspects socio-économiques (Lodwick, 1987). Dans la présente étude, nous nous en tiendrons aux données primaires, et plus particulièrement au canevas géodésique. Celui-ci fournit le cadre spatial destiné à soutenir les données secondaires. Ce cadre doit être fiable, cohérent et précis pour bien remplir le rôle qui lui est dévolu.

Afin de faire le bon choix dans la sélection du réseau de canevas géodésique, il faut être au courant des différences qui existent entre un système géodésique de référence et les divers types de coordonnées et de compensations de réseaux. Cela devient de plus en plus important à mesure que des "réseaux" de SIG sont créés et que le partage des données entre les divers systèmes devient une réalité. Plusieurs auteurs ont déjà reconnu un tel état de chose comme en fait foi la déclaration faite par Walker et Usher en 1988 lorsqu'ils déclaraient : *"Il a été reconnu que de nombreux systèmes d'information relatifs à la Terre étaient en voie de création en posant comme principe que les coordonnées fournies dans le cadre des programmes de cartographie de base constitueraient l'interface commune permettant le partage des informations. On s'est de plus rendu compte que, pour partager les informations, les utilisateurs auraient besoin d'un moyen cohérent et fiable de corrélérer ces informations."*

La nécessité de créer un canevas géodésique cohérent a été déterminée par Lachapelle et al. en 1987 dans les termes suivants : *"Si des hypothèses incorrectes étaient faites, par exemple au sujet des précisions respectives des données captées et de la base à laquelle ces données viennent s'ajouter, ou au sujet du méridien origine*

.../2

G
70.212
C43
1988
omgre

This document was produced
by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une
numérisation par balayage
de la publication originale.

pour la zone de projection des coordonnées planes employées, des problèmes s'ensuivraient. Le danger qui nous guette en ne reconnaissant pas ou en ne s'occupant pas de ce problème, c'est la possibilité que les incohérences ou les erreurs éventuelles dans les données contribuent à ébranler la confiance des utilisateurs à l'égard des SIG et que leur gestion soit remise en question."

Dans le reste de l'étude, nous définirons certains des termes géodésiques qui précèdent, nous décrirons les différents systèmes de référence et certains systèmes de compensation en usage au Canada, nous identifierons des problèmes spécifiques au réseau géodésique et nous mettrons l'accent sur l'importance d'adopter un système de coordonnées normalisé pour toutes les créations de SIG.

Systèmes de coordonnées et systèmes de référence

Les paragraphes suivants sont tirés presque tels quels de Junkins, 1988. Ils décrivent le concept de système de référence géodésique, de système de référence ordinaire, divers types de coordonnées et des systèmes de compensation des canevas de base.

Le concept de système géodésique de référence

Un système géodésique de référence (SGR) fournit le fondement précis pour l'organisation de toutes les informations relatives au milieu terrestre. Lorsque toutes les informations spatiales sont basées sur un SGR normalisé, elles peuvent être facilement combinées de n'importe quelle façon, et par n'importe qui, en raison de la compatibilité universelle fournie par le SGR.

Il existe toutefois une double interprétation possible de l'expression "système géodésique de référence". Un travail de recherche effectué pour le comité de contrôle géodésique fédéral des États-Unis (Federal Geodetic Control Committee) précise qu' "*Un système géodésique de référence peut être caractérisé par le fait qu'il s'agit d'un ensemble de positions terrestres dont les relations spatiales sont connues*". (Epstein et Duchesneau, 1984). Un tel énoncé vient en conflit avec la définition de système géodésique de référence (SGR 80) adoptée par l'Union géodésique et géophysique internationale (Moritz, 1980), qui définit un système de coordonnées complet pour toutes les applications géodésiques. Cette confusion terminologique a besoin d'être résolue afin que l'on puisse choisir correctement une base pour le SIG.

Système de référence géodésique

En géodésie, on représente depuis toujours la forme approximative de la Terre au moyen d'une ellipsoïde de révolution. En choisissant une ellipsoïde appropriée et sa position comme surface des coordonnées pour une vaste étendue, comme celle d'un pays ou d'un continent, on crée un système de coordonnées normalisé, aussi appelé système de référence. La surface des coordonnées est spécifiée ("donnée" qui est l'équivalent français du latin "datum") par le lieu de l'origine du système de coordonnées cartésiennes concentrique avec l'ellipsoïde, les directions de ces axes, et la dimension et la forme de l'ellipsoïde.

La réalisation du système de référence se fait en calculant les coordonnées des points au sol à partir d'un réseau d'observations topographiques (NGS, 1986). Ces coordonnées correspondent au système de référence, mais ne le définissent pas. Un système de référence est un système de coordonnées, non une série de coordonnées estimées pour des points directeurs. De nouvelles estimations résultant de compensations ou d'autres calculs peuvent être calculées sans qu'il ne soit nécessaire d'apporter des changements au système de référence.

Les types de coordonnées

Les coordonnées ellipsoïdiques ne sont qu'une façon d'exprimer la position d'un point. Le système cartésien concentrique qui coïncide avec les principaux axes de l'ellipsoïde constitue une autre façon évidente d'exprimer cette position. Une troisième façon qui fait référence à la surface ellipsoïdique s'appuie sur la grande variété de projections cartographiques couramment utilisées. Pour un système de référence donné, les coordonnées d'un point peuvent être exprimées de l'une ou l'autre de ces façons. Ainsi, nous pourrions avoir des coordonnées

ellipsoïdiques géodésiques	ϕ, λ	NAD83
cartésiennes géodésiques	X, Y, Z	NAD83
de Mercator transverse universelle	N, E (MTU)	NAD83

en tant qu'expressions équivalentes, puisque l'indication du système de référence suppose automatiquement qu'il existe des liens entre les types de coordonnées. Ces relations sont géométriques et sont bien précisées dans la documentation, comme en font foi Heiskanen et Moritz (1967, p. 204) ou Vanicek et Krakiwsky (1982, pp. 331-332) pour les coordonnées ellipsoïdiques à cartésiennes, et Thomas (1952) ou le ministère des Armées (1958) pour les coordonnées ellipsoïdiques aux coordonnées de MTU.

Les systèmes de compensation des levés directeurs

Le processus d'estimation des coordonnées de points physiques du point de vue d'un système de coordonnées précis ou d'un système de référence est respecté en calculant un réseau d'observations topographiques qui relie les points directeurs au système de référence et les uns aux autres. Le résultat obtenu est un ensemble de valeurs de coordonnées pour les points qui constituent un système de compensation. Comme pour le système de référence, ce système de compensation sert de norme sur un vaste territoire, comme c'est le cas pour un pays ou un continent. Diverses compensations des observations du réseau de levés directeurs peuvent être effectuées en s'appuyant sur le même système de référence soumis à différentes contraintes, ou encore, les mêmes données peuvent être compensées selon divers systèmes de référence.

Il arrive souvent que le système de compensation reçoive le même nom que le système de référence auquel il renvoie, ce qui porte à confusion entre les deux systèmes. Toutefois, lorsqu'un seul ensemble de valeurs de compensation est publié relativement à un système de référence donné, il est courant et utile de

désigner à la fois le système de référence et la compensation par une seule appellation. Le NAD27 et le NAD83 ont tous deux une telle connotation. Pour être plus précis, disons que la description de la source des coordonnées pour un point de canevas de base devrait se rapporter au système de compensation, et les détails publiés au sujet de la compensation devraient préciser à quel système de référence cette compensation correspond.

Systèmes de référence et de compensation du Canada

Le NAD27 (système de référence nord-américain de 1927) a constitué le système de référence "officiel" au Canada pendant une soixantaine d'années. Il s'agit d'un système de référence non géocentrique qui s'appuie sur l'ellipsoïde de référence de Clarke 1866. Celle-ci a été "matérialisée" par l'établissement d'un canevas de base qui couvre l'ensemble du Canada. Pendant la période où ce réseau a été établi (topographié), diverses compensations du réseau (observations) ont eu lieu. Ces compensations ont été effectuées lorsque de nouveaux canevas se sont ajoutés au réseau déjà en place, lorsque de nouvelles observations sont venues s'ajouter pour renforcer le réseau existant ou encore, lorsque des améliorations importantes ont pu être apportées à la précision des coordonnées en combinant les réseaux d'une région. Cette approche fragmentaire dans l'établissement du réseau a toutefois causé des distorsions relatives importantes à la grandeur du réseau. Certaines tentatives pour répartir, ou réduire au minimum, les distorsions ont donné lieu à des recompensations régionales comme la compensation de 1974 du Sud ontarien et la compensation scientifique des Maritimes.

La recompensation du réseau du Sud ontarien a été effectuée pour fournir le cadre le plus précis possible préalablement à l'augmentation prévue de la densité du réseau. Les changements de coordonnées n'ont pas été trop considérables (généralement inférieurs à 3 m). La compensation scientifique des Maritimes a servi de base à une évaluation de la distorsion existante dans les coordonnées alors publiées pour les réseaux géodésiques de cette partie du pays.

Deux exemples précis de changements de coordonnées résultant de tentatives pour produire un système cohérent sont illustrés par les figures 1 et 2. La figure 1 montre des déplacements atteignant 30 m dans le canevas cartographique de l'archipel arctique. L'incohérence évidente qui existe dans les vecteurs indique clairement la distorsion relative dans les coordonnées antérieures à 1975. La figure 2 montre les déplacements survenus dans le canevas géodésique du Nord-Ouest de l'Ontario. Avant 1971, les réseaux étaient soumis à des coordonnées préalablement déterminées près de Thunder Bay à partir des calculs originaux de 1927. À la suite du renforcement et de la recompensation du réseau (plusieurs tentatives en trois ans), des changements de coordonnées atteignant 20 m ont été nécessaires.

Pendant les années 70, il est devenu évident que l'approche de la "recompensation morcelée" n'était pas satisfaisante. En 1979, les provinces maritimes ont recalculé leurs réseaux selon le système de référence géocentrique ATS 77. En 1978, les Levés géodésiques du Canada ont convenu de procéder à un recalcul continental général en collaboration avec le service des levés géodésiques nationaux des États-Unis (U.S. National Geodetic Survey). Cette reprise des calculs en est maintenant

à la phase finale. Le NAD83 qui en résulte (système de référence nord-américain de 1983) sera introduit au Canada au cours des prochaines années. Le NAD83 est un système de référence géocentrique (ellipsoïde de référence du SGR 80) qui surmonte deux faiblesses importantes du NAD27; en premier lieu, il supprime les distorsions majeures qui existaient dans les coordonnées du réseau et, en deuxième lieu, il est compatible avec les systèmes modernes de positionnement par satellite comme le système de positionnement global (GPS). Les différences de coordonnées entre le NAD27 et le NAD83 résultent de la suppression de la distorsion et de l'adoption d'une ellipsoïde de référence géocentrique. Le passage d'une ellipsoïde de référence non géocentrique à une ellipsoïde de référence géocentrique aura des incidences majeures sur les utilisateurs. Le changement qui correspond à ce passage varie entre 70 m vers l'est (à Terre-Neuve) et 120 m vers l'ouest (au Yukon), tandis que les abscisses MTU sont modifiées de plus de 200 m presque partout au Canada.

Les effets sur les systèmes d'information géographique

Dans le cas d'un système d'information géographique donné, les effets de ces diverses compensations et de ces divers systèmes de référence sont tantôt importants, tantôt non. Lorsque l'utilisateur d'un SIG crée une base de données avec des coordonnées provenant d'un système de référence dans lequel les distorsions des coordonnées existantes sont sans conséquence pour ses besoins, ces divers systèmes de référence et ces diverses compensations ne sont pas importantes. Toutefois, lorsque l'utilisateur d'un SIG désire combiner ses données à celles d'un autre SIG, l'opération ne sera possible que si le système de référence et la compensation sont identiques, ou sans différence appréciable. Il appartient à chacun des utilisateurs d'un SIG de déterminer ce que les termes "différence appréciable" signifient pour lui. Il est aussi impératif qu'il soit au courant de la base employée pour les coordonnées qui font partie de son SIG. L'ajout de nouvelles données, comme des données de télédétection obtenues à partir de systèmes spatiaux (LANDSAT, SPOT, ERS-1) nécessitera encore ici que l'utilisateur soit informé du système de référence auquel ses coordonnées correspondent.

Avant de combiner des données provenant de différents SIG ou d'ajouter des données provenant d'une nouvelle source, l'utilisateur doit donc vérifier si les différences de coordonnées sont négligeables. L'opération consiste habituellement à comparer les coordonnées en un certain nombre de points communs et à chercher les déplacements, les changements d'échelle et les rotations. Si les différences sont appréciables, un des ensembles de coordonnées devra être transformé de manière à être compatible avec l'autre.

Transformations de coordonnées

Les différences de coordonnées peuvent être attribuables à un changement dans un système de référence ou à des distorsions de coordonnées. Si c'est un changement dans le système de référence qui constitue la cause des différences de coordonnées, une transformation du système de référence supprimera alors la différence. On se sert habituellement d'une transformation à sept paramètres (p. ex. Vanicek et

Krakiwsky, 1982). Il s'agit d'un processus mathématique direct si les paramètres définissant le changement dans le système de référence sont connus. Dans le cas du NAD27, ces paramètres ne sont pas connus et doivent par conséquent être estimés. Les Levés géodésiques du Canada procèdent actuellement à l'estimation des paramètres de changement du système de référence entre les systèmes de référence NAD27 et NAD83. Une fois que le changement dans le système de référence sera supprimé, il restera encore à s'occuper des distorsions de coordonnées.

Les transformations dues à des distorsions de coordonnées peuvent être effectuées par une ou l'autre méthode parmi plusieurs, suivant l'étendue de la zone traitée, l'ampleur des distorsions et le degré de précision souhaité. Junkins (1988) dresse une liste de plusieurs solutions possibles, y compris les changements de coordonnées simples, les transformations de Helmert, les transformations affines et une modélisation plus élaborée des distorsions.

Les Levés géodésiques du Canada s'appliquent actuellement à créer une transformation proprement canadienne entre le NAD27 et le NAD83 en s'appuyant sur les coordonnées du réseau primaire. Cette transformation comprend à la fois un changement de système de référence (comme il vient d'en être question) et un modèle de distorsion. On ne cherchera pas toutefois à modéliser les diverses compensations qui ont été effectuées avec les années. Le lecteur intéressé est de nouveau prié de consulter (Junkins, 1988) pour de plus amples détails.

Conclusion

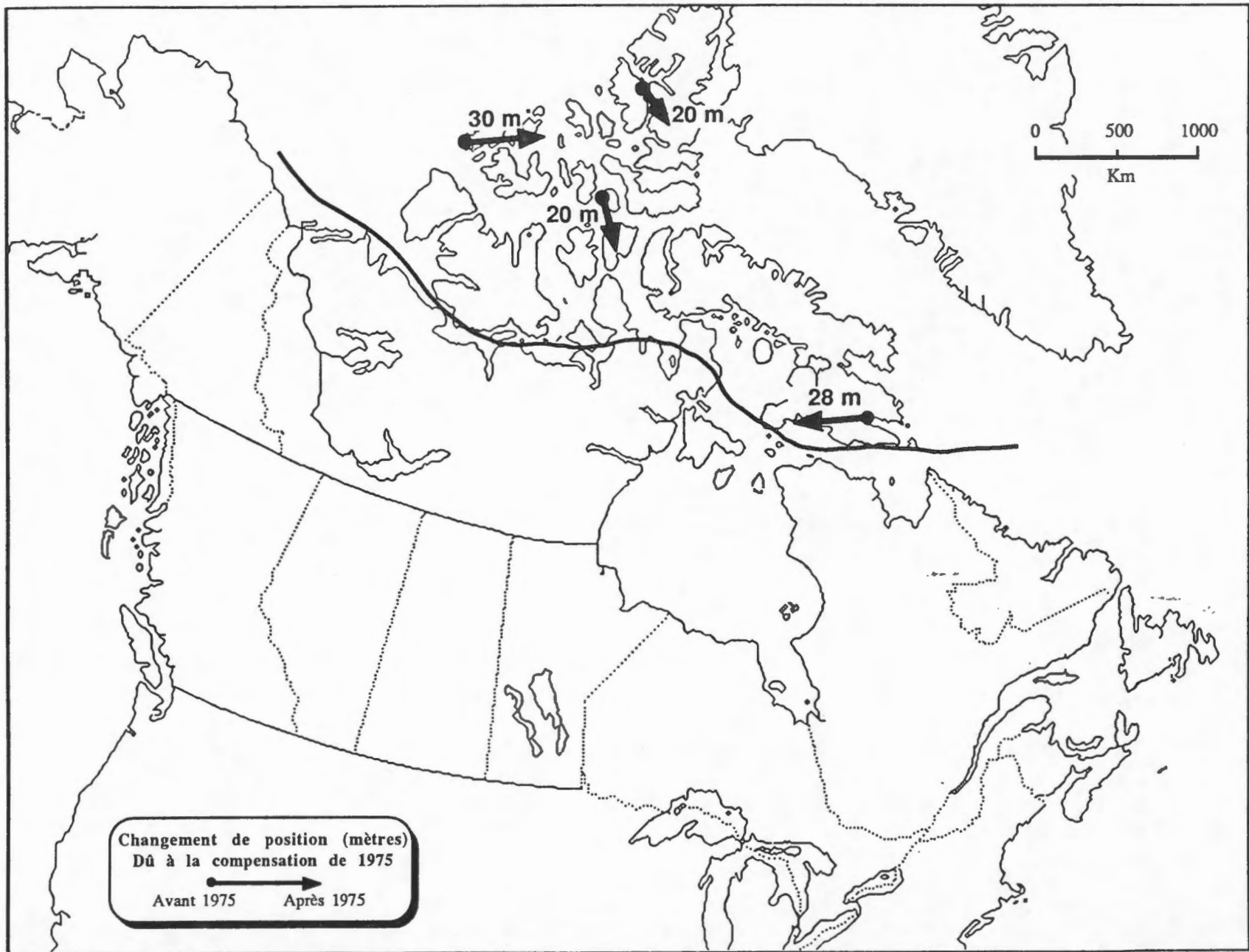
Les coordonnées jouent un rôle important dans les systèmes d'information géographique. Pour maintenir la compatibilité des SIG, les utilisateurs doivent très bien connaître la source et la précision des coordonnées employées dans leurs SIG. Ce n'est qu'avec une telle connaissance qu'ils pourront combiner les données provenant d'autres SIG et de sources extérieures. Lorsqu'il existe des différences appréciables, ils doivent être au courant des différentes méthodes et des différents instruments à leur disposition pour procéder à la transformation de leurs coordonnées dans un système.

Le seul système de référence national qui soit cohérent et précis et auquel on peut faire appel pour les SIG au Canada est le NAD83. Il s'agit d'un système moderne qui est compatible avec les nouveaux systèmes de positionnement et de télédétection. Ce système est aussi relativement exempt de distorsions de coordonnées. À mesure que l'emploi des SIG se généralisera, il se trouvera inévitablement des utilisateurs qui exigeront une meilleure précision relative. À court terme, la transformation des données existantes en NAD83 occasionnera des frais et des inconvénients supplémentaires, mais à longue échéance, cette démarche se révélera un investissement profitable qui assurera la compatibilité universelle voulue à tous les utilisateurs et les fournisseurs de SIG.

Références bibliographiques

- Department of the Army, 1958. *Universal Tranverse Mercator Grid*, Technical Manual TM5-241-8.
- Epstein, E. et T. Duchesneau, 1984. The Use and Value of a Geodetic Reference System. Université du Maine à Orono.
- Heiskanen, W. et H. Moritz, 1967. *Physical Geodesy*. W.H. Freeman & Company, San Francisco.
- Junkins, D., 1988. Transforming to NAD83, *Papers for the CISM Seminars on the NAD'83 Redefinition in Canada and the Impact on Users*. Ottawa (Ontario).
- Lachapelle, G., E. Krakiwsky et E. Kennedy, 1987. Impact of the Navstar / GPS on Geographic Information Systems, *Proceedings of Geomatics Applied to Municipal Management*. CISM, Montreal Branch, Montreal (Quebec).
- Lodwick, G. et M. Feuchtwanger, 1987. *Land-Related Information Systems*. University of Calgary Surveying Engineering Reports, Number 10010, Calgary (Alberta).
- Moritz, H., 1980. Geodetic Reference System 1980, The Geodesist's Handbook, *Bulletin Géodésique*, Vol. 54, No. 3.
- National Geodetic Survey, 1986. *Geodetic Glossary*. Charting and Geodetic Services, National Ocean Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce.
- Vanicek, P. et E. Krakiwsky, 1982. *Geodesy - The Concepts*. North - Holland Publishing Company.
- Walker, W.J. et W.D. Usher, 1988. The Impact of the Redefinition and Readjustment of the North American Datum on Land-Related Information Systems in Alberta, *Papers for the CISM Seminars on the NAD'83 Redefinition in Canada and the Impact on Users*. Ottawa (Ontario).

Figure 1: COMPENSATION DE L'ARCHIPEL ARCTIQUE



PARTIE DU NORD-OUEST ONTARIEN

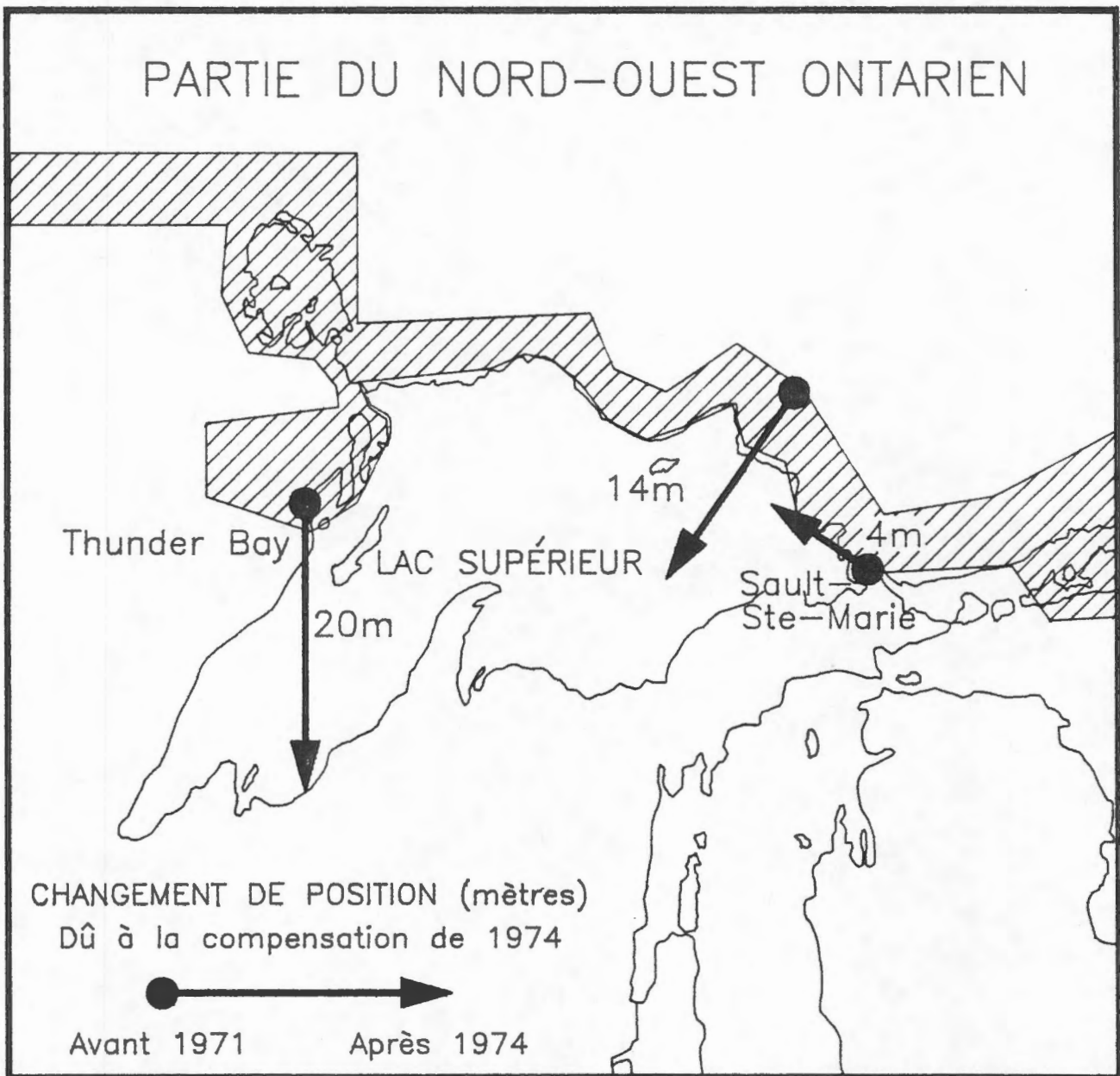


Figure 2

NRcan Library/Bibliothèque de RNcan
580 Booth



3 2364 10000 5661