

Rapport au Conseil canadien de géomatique (COCG)

sur la

**Modernisation du
système de référence altimétrique du Canada**

Préparé par le

Comité canadien du système de référence géodésique (CCSRG)

23 janvier 2004

**Rapport au COCG
sur la modernisation du
système de référence altimétrique du Canada**

Introduction	3
Résumé.....	3
Système de référence altimétrique - Terminologie.....	5
Partie I - État du réseau altimétrique de premier ordre	6
Description du réseau altimétrique de premier ordre	6
Entretien du réseau	9
État physique du réseau.....	10
Autres limites du réseau.....	10
Partie II - Rôles, responsabilités et obligations de rendre compte	11
Responsabilisation	13
Partie III - Plan de consultation pour la modernisation du système altimétrique.....	13
Options pour la consultation.....	14
Recommandation	16
ANNEXE A Modernisation du système altimétrique - Contexte et résumé des responsabilités suggérées.....	17
ANNEXE B - MANDAT DE LA DIRECTION DES LEVÉS ET DE LA CARTOGRAPHIE EN 1984 ..	19
ANNEXE C - Exposé de position du CCSRG sur la modernisation du système de référence altimétrique du Canada	20

Rapport au COCG sur la modernisation du système de référence altimétrique du Canada

INTRODUCTION

Le présent rapport a été préparé en réponse à une demande du Conseil canadien de géomatique (COCG), lors de sa réunion annuelle tenue à l'automne, visant à obtenir plus d'information sur la modernisation du système de référence altimétrique du Canada (résolution F03-01). Cette information permettrait de déterminer le niveau d'appui que le COCG pourrait offrir en vue d'une consultation pancanadienne auprès des intervenants, reconnue comme une condition préalable à l'élaboration d'une stratégie d'ensemble de mise en œuvre. Plus particulièrement, la résolution adoptée énonçait les demandes suivantes :

- 1) Que le Comité canadien du système de référence géodésique (CCSRG) examine l'état actuel du réseau altimétrique de premier ordre et en fasse rapport au COCG; et
- 2) Que le CCSRG examine les rôles et responsabilités, ainsi que les obligations de rendre compte qui se rattachent à l'entretien du canevas de référence altimétrique, et évalue son accès par les réseaux altimétriques de premier ordre et en fasse rapport au COCG; et
- 3) Que le Conseil reçoive du CCSRG, avant la fin de 2003, un rapport examinant un plan de consultation (questions, enjeux et approches) sur l'entretien futur des réseaux altimétriques de premier ordre, sur l'évolution vers le nouveau canevas de référence altimétrique ainsi que sur l'identification des ressources financières ou équivalentes nécessaires à la réalisation du plan de consultation, à la lumière de quoi le Conseil décidera des prochaines étapes.

RÉSUMÉ

La précision du positionnement et la cohérence d'un système altimétrique sont à la base d'un nombre considérable d'activités. Ces activités varient de la cartographie, de l'ingénierie et du dragage à des études environnementales et aux dangers naturels; de l'agriculture et de la foresterie de précision, aux transports, au commerce et à la navigation ; et de la prospection de minéraux et de la gestion des ressources naturelles à la planification d'urgence et à la prévention des désastres. Tout dépend de la compatibilité universelle d'un système commun de référence de coordonnées, grâce auquel tous les types d'information géoréférencée peuvent être interreliés et exploités avec fiabilité. Alors que le système de référence altimétrique soutient l'application de nombreuses techniques, il joue également un rôle dans de nombreux documents juridiques qui ont trait à la gestion des terres et à la sécurité, comme les servitudes, la protection contre les inondations, l'établissement de limites, etc.

Jusqu'à tout récemment, la Division des levés géodésiques (DLG) de Ressources naturelles Canada (RNCa) s'est appuyée sur des mesures de levés traditionnelles suivant une ligne de visée pour matérialiser le canevas altimétrique, c'est-à-dire l'ensemble des points de référence pour l'altitude. Ces repères de nivellement étaient à la disposition des utilisateurs à la grandeur du pays et servaient de base pour leurs propres levés. Les méthodes traditionnelles de nivellement exigeaient que des équipes d'arpenteurs marchent littéralement d'un océan à l'autre, le long des réseaux routiers principaux, tout en prenant des mesures aux 100 mètres environ. Le système de référence altimétrique a été établi de cette façon et représentait un réseau de plus de 80 000 repères de nivellement répartis sur approximativement 150 000 kilomètres.

Au cours des dernières années, les limites de l'actuel système de référence altimétrique (instabilité, déformation, couverture limitée, etc.) conjuguées aux coûts d'entretien élevés et aux possibilités et

pressions amenées par la nouvelle technologie, ont obligé à repenser les moyens d'assurer la norme altimétrique nationale.

De nos jours, de nouvelles technologies liées aux missions de gravimétrie absolue, de gravimétrie aérienne et de gravimétrie par satellite émergent, mettant en valeur l'information gravimétrique comme solution de remplacement à la définition de la surface de référence altimétrique. Mieux encore, les technologies du système de positionnement global (GPS) ont continué à s'améliorer sur les plans de la précision et de la facilité d'utilisation, et ont acquis une plus grande reconnaissance à titre d'outils de géocodage auprès des communautés de géomatique et des communautés scientifiques. Le GPS offre maintenant aux utilisateurs un moyen relativement peu coûteux d'obtenir des altitudes cohérentes reliées au système de référence et peut également offrir aux organismes de géomatique le moyen de gérer le système de référence à moindre coût. Malheureusement, le système de référence altimétrique existant n'est pas compatible avec le GPS et doit être modernisé pour permettre d'utiliser efficacement le GPS et les technologies modernes connexes de mesure exacte de l'altitude, ainsi que pour permettre d'en tirer des avantages substantiels.

Le plan actuel visant l'établissement d'un nouveau plan de référence pour remplacer le Système de référence altimétrique géodésique de 1928 (CGVD28) n'est pas une première tentative pour RNCan. De 1976 à 1977, un groupe d'étude de la DLG a examiné les problèmes relatifs au système de référence altimétrique existant (CGVD28) et a recommandé une nouvelle définition du plan de référence. Le National Geodetic Survey (NGS) des États-Unis et la DLG ont convenu de collaborer à la réalisation, pour 1988, d'un nouveau plan de référence pour l'Amérique du Nord. Ce projet était connu sous le nom de Système de référence altimétrique nord-américain de 1988 (NAVD88). Au cours de cette période, on a fait d'importants efforts pour améliorer les procédures de nivellement de précision et une grande partie du réseau altimétrique de premier ordre a été réexaminée. Bien que le US NGS ait adopté le NAVD88 comme nouveau plan de référence au début des années 1990, la DLG n'a pas suivi en raison de disparités inexplicables de l'ordre de 1,5 m de la côte est à la côte ouest (probablement dues au cumul d'erreurs systématiques) et, en général, du peu d'amélioration qui serait apportée par ce nouveau plan de référence. Depuis ce temps, la DLG a poursuivi ses analyses de données et les compensations expérimentales du réseau de nivellement de premier ordre tout en continuant l'élaboration d'un modèle gravimétrique du géoïde, à titre de solution éventuelle plus évoluée pour la modernisation du système altimétrique.

Le modèle du géoïde CGG2000 récemment calculé, même s'il ne satisfait pas tout à fait aux exigences de précision d'un nouveau plan de référence, confirme la possibilité de mettre en œuvre un système basé sur la gravité comme plan de référence continu, couvrant tout le territoire canadien ainsi que les océans qui le bordent. En outre, il est compatible avec les techniques modernes de positionnement visant à déterminer l'altitude avec plus d'efficacité. Les efforts internationaux en cours, tendant vers la technologie par satellite et la modélisation du géoïde, combinés aux missions actuelles et à venir de gravimétrie par satellite, contribueront grandement à l'amélioration du modèle canadien du géoïde et permettront son adoption comme nouveau plan de référence. Le calcul d'un nouveau modèle du géoïde est actuellement prévu pour 2006 au plus tôt, afin de tirer avantage des données des missions les plus récentes de gravimétrie par satellite. De façon réaliste, on peut estimer que deux années supplémentaires seront nécessaires pour confirmer la capacité de ce modèle du géoïde comme base pour le nouveau plan de référence, afin de finaliser l'élaboration des outils d'utilisateurs requis et d'effectuer une nouvelle compensation des réseaux altimétriques qui permettraient l'adoption du nouveau plan de référence.

Comme pour la transition à long terme et celle présentement en cours du Système de référence nord-américain de 1927 (NAD27) vers le NAD83, on s'attend à ce que la transition du CGVD28 au nouveau plan de référence s'étende sur plusieurs années ou même plusieurs décennies pendant lesquelles les deux systèmes coexisteront. À titre de démonstration du processus de transition vers le NAD83, il y a plusieurs exemples d'organisations au pays qui utilisent encore aujourd'hui le NAD27, y compris la ville de Toronto où la conversion au NAD83 n'a été entreprise que cette année.

Bien qu'à la DLG et au CCSRG on soit bien conscient des problèmes techniques liés à la modernisation du système de référence, on doit tenir compte d'un certain nombre de questions pratiques pour l'élaboration d'un plan de mise en œuvre pour la modernisation du système altimétrique. L'une des préoccupations majeures est de s'assurer que des consultations suffisantes seront tenues pour garantir que la modernisation envisagée et la transition qui lui est associée soient menées de manière à réduire au minimum les impacts négatifs et à porter au maximum les avantages. Par conséquent, on propose une consultation auprès des intervenants, combinée à une analyse des données et à l'élaboration de recommandations, constituant les fondements essentiels au plan de mise en œuvre pour la modernisation du système altimétrique.

SYSTÈME DE RÉFÉRENCE ALTIMÉTRIQUE - TERMINOLOGIE

Avant d'aborder le cœur du sujet, il importe de clarifier la terminologie et, plus particulièrement, de faire ressortir la distinction entre deux composantes du Système canadien de référence altimétrique (ou vertical) : le « plan de référence » et les « réseaux de nivellement ».

Au Canada, de manière quelque peu trompeuse, le système de référence altimétrique est communément désigné par l'expression « plan de référence ». À proprement parler, l'expression « **plan de référence** » désigne la surface d'origine (de valeur zéro) adoptée comme base pour le système de référence altimétrique. Pour le système de référence CGVD28 actuel, le plan de référence correspond au niveau moyen de la mer (NMM) tel que déterminé à l'aide de données recueillies par 5 marégraphes. Deux de ces marégraphes sont situés en bordure de l'océan Pacifique (Vancouver et Prince Rupert), l'un en bordure du fleuve Saint-Laurent (Pointe-au-Père près de Rimouski) et deux sur les bords de l'océan Atlantique (Halifax et Yarmouth). À ces endroits, des bornes servaient de références fondamentales pour le plan de référence et les réseaux de nivellement avaient ces points initiaux pour origine.

Les « **réseaux de nivellement** » (également nommés réseaux verticaux) se composent d'un ensemble de bornes interreliées (repères de nivellement) issues des points fondamentaux de référence altimétrique, qui permettent de déterminer des altitudes sur tout le continent de façon à constituer le système de référence et à y donner accès. Les réseaux de nivellement ont une structure hiérarchique et sont classés d'après les exactitudes attendues basées sur les procédures d'observation utilisées pour leur établissement. Le **réseau altimétrique de premier ordre**, établi au cours du siècle dernier principalement par la DLG¹, sert de « **canevas** » pancanadien, sur lequel sont basés tous les autres réseaux de « densification » (2^e, 3^e et 4^e ordres) ou déterminations de l'altitude.

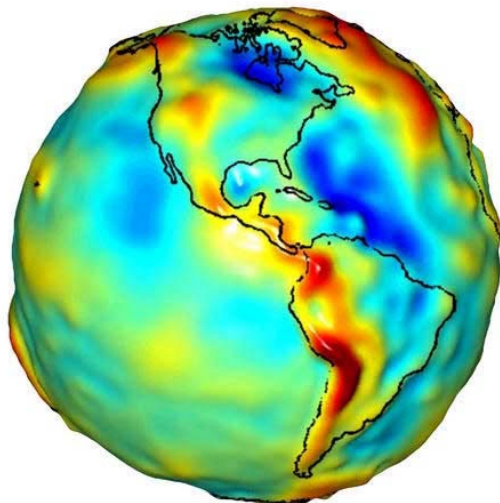
La détermination exacte de l'altitude est un problème passablement plus complexe que la détermination de coordonnées planimétriques (latitude et longitude), particulièrement lorsqu'il s'agit de gestion de l'eau ou des débits, puisque l'altitude, dans ce contexte, ne dépend pas d'un déplacement géométrique par rapport au centre de la Terre, mais plutôt de l'attraction gravitationnelle de la Terre. Par conséquent, le système de référence altimétrique idéal devrait être basé sur une surface à potentiel gravitationnel égal (surface équipotentielle) où l'eau serait au repos. Cette surface de niveau théorique, désignée en géodésie par le terme « **géoïde** », est irrégulière, comme l'illustre la figure 1, ondulant en fonction de la densité de l'intérieur de la Terre et de la force de gravité associée. Pendant des années, il était impossible de déterminer le géoïde avec une quelconque précision, de sorte que le niveau moyen de la mer, représentant la meilleure approximation du géoïde, a été adopté unanimement² comme surface de référence (plan de référence) des altitudes. Ainsi, les géodésiens et la communauté de géomatique parlent souvent de deux types de hauteurs. Une « **hauteur géodésique (ou au-dessus de l'ellipsoïde)** » est basée uniquement sur une mesure géométrique à partir du centre de la Terre jusqu'à un point de sa surface (p. ex. le type de hauteur obtenue à l'aide du GPS), alors qu'une « **hauteur orthométrique** » est une hauteur par rapport au géoïde ou son approximation par rapport au « niveau moyen de la mer ». La hauteur orthométrique tient compte de l'attraction gravitationnelle et est cohérente

¹ Dans quelques cas, principalement liés à des projets à valeur ajoutée, des organismes provinciaux d'arpentage ont contribué financièrement ou en nature à l'abornement et/ou aux levés.

² *Annual report of the Director of the Geodetic Survey of Canada*, ministère de l'Intérieur, 1935

avec la direction d'écoulement de l'eau (p. ex. le type de hauteur obtenue par nivellement et corrigée, au besoin, pour tenir compte de variations de la force de gravité).

Figure 1 - Représentation du géoïde, basée sur des données de la mission GRACE de gravimétrie par satellite³



PARTIE I - ÉTAT DU RÉSEAU ALTIMÉTRIQUE DE PREMIER ORDRE

« IL EST RÉSOLU QUE le Comité canadien du système de référence géodésique (CCSRG) examinera l'état actuel du réseau altimétrique de premier ordre et en fera rapport au COCG... »

Description du réseau altimétrique de premier ordre

Le réseau altimétrique de premier ordre consiste en un ensemble de lignes de nivellement interreliées ayant pour origine les points fondamentaux de référence altimétrique, qui permettent de déterminer les altitudes sur tout le continent par rapport au plan de référence. Ainsi, le réseau altimétrique de premier ordre donne accès au système de référence.

L'étendue spatiale du réseau altimétrique de premier ordre dans chacune des provinces est indiquée en détail au tableau 2 et représentée sur la figure 2. Le réseau altimétrique comprend plus de 140 000 km de lignes de nivellement et quelque 80 000 repères de nivellement établis pendant plusieurs décennies. Comme le représente la figure 2, plusieurs régions du Canada ont difficilement accès au réseau, particulièrement celles situées loin des routes principales et dans le Nord.

Pour des raisons pratiques et d'économie, on a utilisé dans l'ensemble du réseau un certain nombre de techniques pour la conception et la construction des repères de nivellement. En général, des repères de nivellement intermédiaires ont été établis à une distance de deux kilomètres le long des lignes de nivellement afin de satisfaire aux exigences techniques des méthodes de nivellement utilisées. Ces types de repères de nivellement moins coûteux/plus faciles à installer ont souvent le désavantage d'être plus sensibles au mouvement (soulèvement par le gel ou perturbation physique), particulièrement dans des zones où l'épaisseur du sol est importante. Cependant, on trouve de nombreux exemples de même que de nombreuses exceptions, puisqu'il était facile d'installer des plaques sur des structures stables et sur la roche en place, le cas échéant. Des repères de nivellement plus stables (p. ex. des « repères de

³ Préparé par le Center for Space Research de l'Université du Texas, dans le cadre d'une analyse de données en collaboration avec le NASA Jet Propulsion Laboratory et le GeoForschungsZentrum Potsdam (<http://www.csr.utexas.edu/grace/>)

nivellement en profondeur » ou des plaques de bronze ancrés dans la roche ou dans des fondations) ont été installés aux dix kilomètres environ et, de préférence, à des endroits protégés comme sur des propriétés du gouvernement, des églises, des bureaux municipaux, etc. pour assurer une permanence et une stabilité accrues de ces repères de nivellement principaux du réseau.

Même si la répartition des repères de nivellement est assez dense le long des lignes de nivellement, les lignes de nivellement sont elles-mêmes assez éparses. Dans la partie sud du Canada, les lignes de nivellement ont été espacées de 30 à 100 km, s'apparentant à un quadrillage, alors que, souvent, des réseaux plus denses ont exceptionnellement été établis dans les villes principales, dans le cadre d'ententes spéciales avec les administrations municipales et les gouvernements provinciaux. Plus loin au nord, les lignes de nivellement ont surtout été levées le long des routes principales ou des voies de transport, y compris les chemins d'hiver. Les lignes directrices pour l'établissement du réseau altimétrique de premier ordre⁴ sont résumées au tableau 1.

Tableau 1 : Lignes directrices pour l'établissement de lignes de nivellement au Canada

Dans le sud du Canada :

Densité de la population :	Distance entre les lignes de nivellement
30 personnes ou plus par km ²	25 km
1 à 29 personnes par km ²	100 km
moins de 1 personne par km ²	300 km

Dans le nord du Canada :

Le long des voies de transport principales ou, en leur absence;
à une distance de 500 km entre les lignes.

⁴ Levés géodésiques du Canada, Sommaire des activités, 1987

Figure 2. Étendue du réseau altimétrique de premier ordre du gouvernement fédéral



Tableau 2 : Détails sur l'étendue du réseau altimétrique de premier ordre du gouvernement fédéral dans chaque province et territoire.

	Longueur des lignes de nivellement de 1 ^{er} ordre (km)	Longueur des lignes de nivellement de 2 ^e ordre (km)	Longueur totale des lignes de nivellement (km)	Nombre de repères de nivellement de 1 ^{er} ordre	Nombre de repères de nivellement de 2 ^e ordre	Nombre total de repères de nivellement
Yukon	4 918	42	4 960	1 786	0	1 786
Colombie-Britannique	17 099	153	17 252	9 732	35	9 767
Territoires du Nord-Ouest	4 536		4 536	1 876	4	1 880
Alberta	17 513	6 114	23 627	9 840	899	10 739
Saskatchewan	16 140	8 204	24 344	7 552	626	8 178
Manitoba	12 378	753	13 131	5 572	85	5 657
Ontario	27 556	2 954	30 510	14 507	1 128	15 635
Nouveau-Brunswick	4 078		4 078	3 713	34	3 747
Québec	21 320	957	22 277	13 945	180	14 125
Nouvelle-Écosse	4 591	68	4 659	4 150	60	4 210
Île-du-Prince-Édouard	1 008		1 008	1 113	2	1 115
Terre-Neuve-et-	4 917		4 917	3 616	1	3 617

Labrador						
États-Unis	531		531	144	0	33
Total	136 585	19 245	155 830	77 546	3 054	80 489

Certaines provinces et municipalités ont étendu le réseau altimétrique fédéral de premier ordre à l'aide d'autres réseaux de précisions variables. Le tableau 3 ci-dessous illustre l'étendue du nivellement complémentaire qui sert à densifier le réseau fédéral, se basant sur l'information provenant de bases de données provinciales.

Tableau 3 : Extension du réseau altimétrique fédéral de 1^{er} ordre par province (1^{er} ordre ou inférieur)

Province	Nivellement (km)	Nombre de repères de nivellement ^(a) Provincial / municipal
Colombie-Britannique	19 700	694 / 26 309
Alberta	25 000	27 500
Saskatchewan	800	7 800
Manitoba	5 750	8 000
Ontario		8 500 / 7 000 ^(b)
Québec	73 000	9 654 / 2 525
N.-B.	0	0
N.-É.		3 200
Î.-P.-É.		
T.-N.-L.	0	0

(a) Repères de nivellement non fédéraux dans les bases de données provinciales

(b) Ville de Toronto

Entretien du réseau

De 1972 à 2000, presque tout le réseau a été arpenté de nouveau et les travaux de nivellement ont couvert 124 000 km. Jusqu'en 1993, la DLG a exécuté des travaux de nivellement sur 4000 à 5000 km en moyenne par année. Approximativement 65 %⁵ (~3000 km) du nivellement était exécuté à des fins d'entretien, tandis que le reste, 35 % (~1500km) des travaux, visait à étendre le réseau. De 1994 à 2000, (à la suite d'un examen des programmes du gouvernement fédéral et des réductions budgétaires associées) la DLG a procédé au nivellement sur 1200 km en moyenne par année, ce nombre diminuant constamment au fil des ans. À toutes fins utiles, aucun levé de nivellement n'a été exécuté depuis l'année 2000.

Si l'on suppose un cycle de 25 ans pour l'entretien du réseau altimétrique, il faudrait effectuer le nivellement sur approximativement 5 600 km par année. À des taux de 250 à 300 \$ par km, les coûts de F & E seulement pour arpenter de nouveau seraient de l'ordre de 1,4 M\$ à 1,7 M\$ par année. En outre, ces coûts ne comprennent pas la réparation ou le remplacement de repères de nivellement endommagés (de 1000 \$ à 2500 \$ par repère de nivellement selon le type), ni les coûts salariaux liés à la coordination des levés, à la compensation mathématique et, de façon connexe, à la gestion des données. Même un réseau sommaire d'environ 30 000 km proposé comme réseau altimétrique minimal pour le Canada coûterait environ 400 K\$ (F & E) par année à entretenir, ce qui pourrait écarter ou retarder les travaux essentiels à l'établissement d'une solution moderne.

⁵ « The Future of Vertical Control In Canada » (document de réflexion interne publié en 1993)

État physique du réseau

Compte tenu de l'étendue du réseau et du temps requis pour en effectuer une inspection complète, il est difficile d'évaluer l'état exact du réseau à un moment précis. Il est seulement possible d'extrapoler à partir des statistiques actuellement disponibles dans nos bases de données ou dérivées des plus récentes inspections de petites portions du réseau.

Bien qu'on ne signale un état douteux (endommagé, détruit, introuvable, déplacé ou inaccessible) que pour 5 % des 80 000 repères de nivellement répertoriés dans la base de données de la DLG, on s'attend à ce que l'état du réseau altimétrique soit bien pire encore. Jusqu'en 1996, dans le cadre du programme d'entretien du réseau, la DLG a inspecté de 3000 à 4000 km par année. Ces inspections ont révélé que de 11 % à 22 % des repères de nivellement inspectés étaient inutilisables ou détruits. Si l'on suppose la mise en place d'un cycle d'inspection d'environ 20 ans, on peut extrapoler un taux de dégradation estimé de 16 % sur 20 ans. Dans les milieux urbains ou périurbains, ce taux peut être beaucoup plus élevé. Une inspection systématique de quelque 400 repères de nivellement de premier ordre, établis il y a 25 ans dans le District régional de Vancouver (DRV), a indiqué que 32 % des repères de nivellement étaient soit introuvables, soit inaccessibles, soit détruits. Dans le même sens que ces statistiques, un projet d'été pour étudiants réalisé récemment par le MRN de l'Ontario a révélé un niveau de destruction de 22 % basé sur l'inspection de 110 repères de nivellement choisis au hasard dans six villes et aux environs de celles-ci. Par ailleurs, les dossiers de l'organisme provincial de l'Alberta indiquent que 12 % des repères de nivellement fédéraux contenus dans sa base de données depuis 1988 ont été inspectés et ne signalent la destruction ou un état « anormal » que pour moins de 2,5 % d'entre eux. À l'opposé, l'organisme responsable des levés de la province de Terre-Neuve-et-Labrador estime à environ 2,5 % par année le taux de destruction des repères de nivellement (donnant un taux d'environ 40 % sur 20 ans) en se basant sur le taux de destruction de ses propres bornes de contrôle dans la province (non fondé uniquement sur l'inspection de repères de nivellement).

En résumé, on peut probablement estimer que le taux de dégradation du réseau dans l'ensemble du Canada est de l'ordre de 15 % à 20 % par période de 20 ans. Dans les régions urbaines et périurbaines, le taux de dégradation pourrait atteindre 35 % pour la même période. Dans le contexte de la modernisation du plan de référence, cela signifie qu'une importante partie des réseaux de bornes existants devrait demeurer intacte et permettre une période de transition de quelques décennies. Toutefois, des travaux supplémentaires d'entretien du réseau peuvent s'avérer nécessaires dans certaines régions où des dommages au réseau physique se produisent à un rythme inacceptable pour la réussite de la transition.

Autres limites du réseau

Les altitudes publiées actuellement sont basées sur des observations résultant de levés annuels qui remontent jusqu'à 1904. En dépit du soin apporté à réduire les erreurs possibles, le réseau a été établi pas à pas, année après année, et présente des déformations régionales importantes pour les altitudes publiées actuellement, qui sont en outre influencées par le mouvement de la croûte terrestre. Des comparaisons entre les altitudes publiées actuellement et les récentes compensations scientifiques du réseau ainsi qu'avec le nouveau modèle du géoïde indiquent jusqu'à un mètre de déformation régionale. Alors que la cohérence des altitudes au niveau local (altitudes relatives) permet une précision sub-centimétrique, l'application de nouvelles technologies comme le GPS est entravée par l'incapacité d'obtenir des altitudes ponctuelles exactes, cohérentes avec le plan de référence actuel.

Pour ajouter à la dernière difficulté, les altitudes actuelles publiées sont en outre basées sur un plan de référence qui supposait que les océans Pacifique et Atlantique se trouvaient à la même altitude. En fait, le niveau de l'eau à Vancouver pourrait se situer de 40 à 70 cm plus haut qu'à Halifax. Cet écart donne lieu à une inclinaison à l'échelle nationale, dans les altitudes publiées, qui a des effets importants sur diverses applications scientifiques. De plus, cette situation peut également entraîner des écarts d'altitude le long de la frontière Canada/États-Unis, puisque le gouvernement américain a adopté le système de référence NAVD88.

L'affaissement ou le soulèvement de repères de nivellement individuels sous l'effet du gel ou d'un autre type d'instabilité locale constituent une autre faiblesse du réseau, qui peut influencer considérablement sa précision (ou, de manière équivalente, le niveau de confiance en sa précision) à l'échelle locale. On s'attend à ce que le nombre de rapports signalant occasionnellement de telles incohérences dans le réseau de nivellement augmente à mesure qu'augmente le temps écoulé depuis le dernier entretien.

PARTIE II - RÔLES, RESPONSABILITÉS ET OBLIGATIONS DE RENDRE COMPTE

« IL EST EN OUTRE RÉSOLU QUE le CCSRG examinera les rôles et responsabilités ainsi que les obligations de rendre compte qui se rattachent à l'entretien du canevas altimétrique de référence, et évaluera son accès au moyen des réseaux altimétriques de premier ordre et en fera rapport au COCG ... »

En général, on reconnaît que le gouvernement fédéral, RNCAN en particulier, a eu la plus grande part de responsabilité pour l'élaboration et la gestion de normes liées à la géodésie et aux systèmes de référence spatiale. Cependant, l'adoption et la promotion de normes dans chacune des administrations, ainsi que la densification des réseaux, le cas échéant, ont été la responsabilité des provinces. Par conséquent, la responsabilité d'entretenir et de fournir l'ensemble du système de référence spatiale a été une responsabilité partagée, où les provinces et le gouvernement fédéral jouent des rôles complémentaires.

Le rôle et la responsabilité de RNCAN (DLG) ont peu changé depuis sa création⁶, au cours de neuf décennies. Toutefois, les méthodes utilisées par la DLG pour remplir son rôle ont changé substantiellement, surtout depuis l'avènement de la technologie basée dans l'espace. Le GPS, particulièrement, a entraîné de profonds changements dans les techniques et les méthodes en géodésie.

Les documents officiels (juridiques) ne décrivent qu'en termes généraux le rôle et les responsabilités de RNCAN (GLD) relativement à l'entretien du système de référence. La description « complète » la plus récente est contenue dans le mandat de la Direction des levés et de la cartographie, approuvé par le Cabinet en 1984, puis confirmé par le Cabinet en 1987 (Annexe B). Cette description sert de base au mandat résumé dans les plans d'affaire annuels de la DLG depuis le début des années 1990.

- Établir, entretenir et améliorer, au besoin, le canevas de référence fondamental pour le positionnement spatial au Canada (le Système canadien de référence spatiale -- SCRS);
- Élaborer, gérer et promouvoir des normes nationales en géodésie et contribuer à l'élaboration de normes internationales; et
- Diffuser l'information et les bases de données à référence spatiale qui en résultent.

Les objectifs généraux (ou raison d'être) des activités de RNCAN se résument le mieux dans le contexte des deux objectifs ci-dessous, visés par le Service canadien de géodésie, lequel représente actuellement le « port d'attache » pour la livraison du système de référence altimétrique dans le cadre de la stratégie la plus récente en matière de sciences et de technologie du Secteur des sciences de la Terre (S-T du SST) :

- Cohérence nationale et compatibilité globale des applications et des données géoréférencées permettant leur intégration et leur interopérabilité transparentes.
- Disponibilité de données de sources autorisées, variant dans le temps, relatives à la Terre dans l'espace et à la surface de la Terre, et indispensables pour les géosciences et la navigation spatiale.

Le mandat sous-tend deux responsabilités principales qui ont trait aux systèmes de référence :

⁶ Vérification de la Division des levés géodésiques, Direction générale de la vérification et de l'évaluation, mai 1993

1. Effectuer la recherche, la surveillance, la R-D, etc. nécessaires pour s'assurer que le plan de référence (la norme) choisi demeure satisfaisant pour le but recherché et formuler des recommandations pour les corrections, les compensations et les modifications à apporter.
2. Offrir une infrastructure (le canevas) compatible avec les techniques actuelles de positionnement nécessaire pour donner accès au plan de référence, garantissant ainsi des altitudes/positions cohérentes avec cette norme.

À la fois pour les systèmes de référence planimétrique et altimétrique, cette infrastructure consistait traditionnellement en un réseau relativement dense de bornes ou de repères de nivellement comportant des positions et des altitudes précises déterminées en fonction du plan de référence adopté. RNCan avait la responsabilité d'offrir l'infrastructure au niveau considéré le plus élevé dans l'ensemble du Canada (réseaux primaires ou de premier ordre) comme base pour tous les autres levés. Dans de nombreux cas, les réseaux de premier ordre ont été étendus au-delà des plans nominaux afin de satisfaire aux exigences locales, mais c'était habituellement pour des raisons de commodité (p. ex. équipe de nivellement se trouvant déjà dans la région) ou à la suite d'une quelconque entente à frais partagés ou en nature. Les gouvernements provinciaux et les administrations municipales avaient la responsabilité de la densification de réseaux tels que ceux des 2^e, 3^e et 4^e ordres, pour lesquels il fallait satisfaire l'utilisateur final ainsi que des applications spécifiques (sauf celles du gouvernement fédéral).

L'étendue du « canevas » était directement liée aux besoins des utilisateurs, qui à leur tour étaient dictés par les contraintes des instruments disponibles. Durant des décennies, les seuls instruments d'arpentage disponibles nécessitaient une ligne de visée sans obstacle pour les observations. Les utilisateurs commençaient en un point du canevas de référence dont la position était connue et transféraient les positions jusqu'à l'endroit qui les intéressait. Cette technique « saute-mouton » transformait des observations sur courtes distances en un transfert de positions sur longue distance. Non seulement cette technique demandait beaucoup de temps, mais elle pouvait entraîner un cumul d'erreurs. Dans ces conditions, un canevas de référence à densité élevée était nécessaire pour assurer l'utilité et la valeur pratique du réseau. Cependant, l'avènement de nouvelles technologies plus précises, particulièrement celle du GPS basée dans l'espace, a permis de réduire substantiellement l'étendue du canevas de référence requis. Dans le cas du positionnement planimétrique, le canevas de référence de 8000 bornes de contrôle primaires (1^{er} ordre) traditionnellement fourni par RNCan à une distance nominale de 60 à 100 km, est actuellement remplacé par un réseau de quelque 200 points constitué d'une combinaison de stations de poursuite GPS exploitées en continu (points de contrôle actif) et de bornes de grande précision du Réseau de base canadien.

Avec l'adoption d'un nouveau plan de référence altimétrique compatible avec les techniques de positionnement depuis l'espace, comme le GPS, on s'attend à une diminution radicale de la dépendance à l'égard d'un réseau dense de bornes au sol. Cette diminution ira de pair avec l'adoption progressive, par le milieu de la géomatique, des nouvelles technologies offrant des améliorations sur les plans de la précision et de l'efficacité.

Dans ce nouveau contexte, RNCan demeurera responsable de l'établissement d'un plan de référence pertinent et viable qui servira de norme, en exécutant la recherche, la surveillance, la R-D, etc. nécessaires et en formulant des recommandations sur les améliorations à apporter. Les principaux outils pour l'obtention d'altitudes cohérentes avec ce plan de référence seront à la disposition des utilisateurs du GPS au moyen d'un fichier de compensations (modèle du géoïde) qui permettra de déterminer directement les hauteurs orthométriques (c.-à-d. au-dessus du « niveau moyen de la mer »). En fait, toutes les positions 3D référencées d'après le NAD83 (SCRS) pourraient être directement converties en altitudes référencées selon ce nouveau plan de référence.

Le canevas altimétrique d'ordre supérieur matérialisé sera ainsi constitué des points de contrôle actif (PCA) du gouvernement fédéral et des points du Réseau de base canadien (RBC), tandis que RNCan en poursuivra la gestion physique et mathématique. Les points des réseaux de haute précision (RHP) des provinces serviront à sa densification. RNCan continuera la gestion mathématique du réseau altimétrique de premier ordre relativement au nouveau plan de référence rendu possible grâce aux liens existants avec le RBC et les PCA. Une nouvelle compensation d'ensemble pour le réseau sera

nécessaire, non seulement pour générer des altitudes en fonction du nouveau plan de référence, mais aussi pour éliminer une grande partie de la déformation résultant de l'approche pas à pas utilisée pour l'élaboration du réseau. Il faut reconnaître, cependant, que le réseau actuel a ses limites et qu'une nouvelle compensation ne permettra pas de relever ou de compenser les bornes qui ont été déplacées au cours des années, ni les changements de la croûte terrestre (soulèvement/affaissement) qui influencent la précision des repères de nivellement individuels.

La disponibilité d'altitudes référencées d'après le nouveau plan de référence pour le réseau existant devrait grandement faciliter la transition à ce nouveau plan de référence. Pour alléger le fardeau éventuel associé à la conversion de l'information en fonction d'un nouveau plan de référence et à titre de mesure incitative, RNCan fera également le calcul et la gestion d'un ensemble de paramètres de conversion (fichier des déplacements des points de quadrillage), ainsi que la gestion des outils logiciels correspondants afin de soutenir la conversion des jeux de données existants référencés d'après le CGVD28.

La DLG reconnaît également que, pendant la période de transition et après, il pourrait y avoir d'autres demandes pour des repères de nivellement matérialisés ou des lignes de nivellement au niveau local. Ces situations devraient être évaluées au cas par cas et, lorsqu'elles sont justifiées, la solution pourrait prendre la forme d'ententes à frais partagés/de collaboration. À cet égard, RNCan visera à conserver son expertise en matière de nivellement de précision.

Responsabilisation

La responsabilisation⁷ est définie comme une « obligation de démontrer et d'assumer ses responsabilités de rendement en fonction d'attentes convenues. Ce concept diffère de la responsabilité, qui est l'obligation d'agir, alors que la responsabilisation est l'obligation de répondre d'une action. »

La responsabilisation a trait aux engagements pris ou aux attentes créées en ce qui touche une responsabilité et doit être en fonction d'une capacité (pouvoir légal, tout comme les compétences, les connaissances et les ressources disponibles) à satisfaire ces engagements.

Pour le projet de modernisation du système altimétrique et d'entretien permanent du SCRS, il est entendu que le niveau d'effort consacré à ces responsabilités attribuées à RNCan et l'échéancier nécessaire à la réalisation, dépendent des niveaux de ressources disponibles. La réalisation complète de ces activités dépend également de facteurs sur lesquels RNCan a peu d'emprise, comme la disponibilité et la précision de jeux de données techniques essentiels, générés par d'autres organisations à l'extérieur du pays ou dans le cadre de collaborations mondiales. Le projet de modernisation du système altimétrique doit reconnaître qu'il s'agit d'un milieu changeant pour déterminer les responsabilités et la responsabilisation qui s'y rapporte.

L'élaboration d'un plan détaillé de mise en œuvre pour la modernisation du système altimétrique, approuvé avec le niveau requis de ressources, constitue un préalable pour établir le cadre de responsabilisation. Ce plan devrait définir les résultats et les engagements clés, indiquer les liens aux objectifs, détailler le travail à faire, par qui et les contraintes qui y sont rattachées, et traiter de la façon de mesurer et de rapporter la progression vers les résultats.

PARTIE III – PLAN DE CONSULTATION POUR LA MODERNISATION DU SYSTÈME ALTIMÉTRIQUE

« IL EST EN OUTRE RÉSOLU QUE le Conseil recevra du CCSRG, avant la fin de 2003, un rapport examinant un plan de consultation (questions, enjeux et approches) sur l'entretien futur des réseaux

⁷ Guide d'élaboration des cadres de gestion et de responsabilisation axés sur les résultats, Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada (http://www.tbs-sct.gc.ca/eval/pubs/RMAF-CGRR/rmaf-cgrr05_f.asp)

altimétriques de premier ordre, sur l'évolution vers le nouveau canevas altimétrique de référence ainsi que sur l'identification des ressources financières ou équivalentes nécessaires à la concrétisation du plan de consultation, à la lumière de quoi le Conseil décidera des prochaines étapes. »

Le CCSRG a présenté au COCG, en octobre 2002, une déclaration de principe sur la modernisation du plan de référence altimétrique canadien qui offre de l'information relative à la position du comité sur la nécessité de cette modernisation. Ce document est joint en annexe au présent rapport.

La DLG a consulté les organismes provinciaux lors de réunions du CCSRG et s'est engagée à apporter les contributions techniques nécessaires pour permettre la modernisation du système altimétrique. Le processus actuel comprend la réalisation scientifique d'un modèle du géoïde à base gravimétrique ou de la surface du niveau de la mer pour le Canada. Un plan de référence altimétrique officiel qui correspond à ce modèle serait adopté. Les altitudes de tous les repères de nivellement des réseaux altimétriques actuels de premier ordre du gouvernement fédéral seraient recalculées et publiées en fonction du nouveau plan de référence. On s'attend à ce que les valeurs des altitudes dans tout le pays puissent varier jusqu'à un mètre lors de la transition du CGVD28 au futur plan de référence. Cette modernisation permettra de déterminer des altitudes précises à l'aide de méthodes par satellite (GPS, etc.), peu importe où se trouve l'utilisateur au Canada.

Bien que la DLG et le CCSRG connaissent bien les problèmes techniques liés à la modernisation du système de référence, il y a un certain nombre de questions organisationnelles et sociétales dont il faut tenir compte pour l'élaboration de son plan de mise en œuvre.

L'une des préoccupations clés du CCSRG est la tenue de consultations suffisantes avec les intervenants pour s'assurer que la modernisation envisagée sera menée de façon à minimiser tous les impacts négatifs d'une telle transition, tout en maximisant les avantages. L'objectif principal d'une consultation consisterait à obtenir l'information sur les impacts techniques et non techniques ainsi que les besoins éventuels, sur laquelle baser l'élaboration d'un plan de mise en œuvre efficace. Un objectif secondaire viserait à sensibiliser la communauté au fait que des changements et une amélioration des capacités apparaissent à l'horizon. Cette question de sensibilisation est indispensable pour garantir une transition en douceur vers une nouvelle norme nationale ainsi que son adoption, tout en bénéficiant plus rapidement des avantages liés à la mise au point d'applications perfectionnées à valeur ajoutée.

Les résultats clés attendus d'une telle consultation sont les suivants :

- Identification des domaines d'activités techniques et socio-économiques qui pourraient être touchés par la modernisation du système altimétrique.
- Identification des besoins en matière d'outils scientifiques, d'applications logicielles, de communications et d'éducation pour faciliter à la fois la transition et l'utilisation future du système de référence altimétrique modernisé.
- Jalons-clés qui précisent, d'une part, comment la modernisation du système altimétrique peut être introduite à chaque niveau de compétence et dans chaque champ d'activités et, d'autre part, qui identifient et prennent en considération les répercussions officielles et/ou juridiques.
- Recommandations pour un système de gouvernance pendant la mise en œuvre et sur les rôles et responsabilités à la suite de la modernisation, tenant compte des capacités et de l'aptitude des organismes en géodésie à la fois au niveau fédéral et provincial.
- Estimation des coûts et des avantages de la modernisation du système altimétrique, en tenant compte des changements attendus en ce qui a trait à l'accès des utilisateurs à divers degrés de précision, et toute exigence concernant la transformation des archives de données actuelles.
- Identification des risques et des contraintes, et recommandations sur des mesures d'atténuation.

Options pour la consultation

OPTION 1 (coût plus élevé (\$)) - nécessite peu de ressources internes)

En raison de la portée de la consultation et des limites des ressources humaines disponibles au sein de chaque organisme, les membres du CCSRG ont reconnu que l'option la plus souhaitable consisterait en une consultation menée par un consultant externe. La demande de proposition (DP) résumerait les questions à examiner, ainsi que les résultats clés attendus, tandis qu'on accorderait au consultant une grande latitude pour proposer des approches à l'égard de la collecte d'information et de l'élaboration de la méthode et des outils nécessaires. Cette approche devrait promouvoir l'innovation et garantir que la consultation s'étendra à une clientèle beaucoup plus grande que notre clientèle habituelle.

Les tâches envisagées pour le consultant comprennent : l'élaboration d'une liste des intervenants/clients pour la consultation (avec la contribution du CCSRG), l'identification des meilleurs mécanismes pour obtenir l'information requise (p. ex. groupes de discussion, sondages, entrevues, etc.), la mise au point des outils spécifiques s'avérant nécessaires, l'exécution de la collecte de données, l'analyse des données recueillies, la production de rapports et la formulation de recommandations. La collaboration étroite du CCSRG sera nécessaire pour tout le processus.

À titre de partenaires pour l'établissement d'un système de référence spatiale, les membres du CCSRG ont accepté de partager les coûts de mise en œuvre, en supposant que les fonds seront rendus disponibles par leurs organisations respectives. RNCan s'est engagé à financer approximativement la moitié des coûts de l'étude. On estime que de 120 K\$ à 150 K\$ seront nécessaires, en s'appuyant sur des consultations similaires menées dans le passé par RNCan et des organismes provinciaux.

OPTION 2 (coût éventuellement moins élevé (\$)) – nécessite davantage de ressources internes)

À la réunion d'octobre du COCG, certains membres ont fait part de leurs préoccupations sur les coûts estimés et ont avancé que certains organismes provinciaux/territoriaux ou ministères pourraient préférer un appui non financier, dans la mesure du possible. D'autres ont clairement indiqué que leur manque de ressources internes exclut cette possibilité. Ce type d'approche mixte est définitivement possible, mais exigerait la préparation plus complexe d'une DP plus élaborée que celle proposée ci-dessus. L'énoncé des travaux demanderait une liste détaillée des tâches du consultant précisant toutes les limites ainsi que la coordination avec les responsabilités des membres du CCSRG. Dans le même ordre d'idées, chaque province ou territoire identifierait les tâches pour lesquelles une participation active est possible et s'engagerait à les exécuter. La réduction éventuelle des honoraires de consultant aurait probablement trait à la réduction des frais de voyage. Par exemple, les membres du CCSRG ou d'autres membres du personnel pourraient organiser un séminaire d'une journée dans leur propre région afin d'accomplir la tâche requise, donner suite à un questionnaire commun établi pour le consultant et/ou mener des entrevues auprès d'intervenants ou clients locaux identifiés sur la liste. Les véritables économies dues à l'engagement direct de certains membres du CCSRG et l'impact général des coûts du contrat sont difficiles à évaluer et peuvent être contrebalancés par les complexités de la planification conjuguées à la logistique supplémentaire requise du consultant pour coordonner et réconcilier les différents intrants. L'assurance de la cohérence/qualité des résultats exigerait une attention toute particulière au moment de la planification et tout au long du processus.

OPTION 3 (coût moindre (\$)) – nécessite beaucoup de ressources internes)

Une autre option consisterait à engager un consultant strictement dans un rôle de facilitateur qui aurait la responsabilité de superviser et de diriger le projet. Ses responsabilités s'étendraient à apporter son soutien pour : la mise au point d'outils de collecte de données, la compilation et l'analyse des résultats et l'élaboration du rapport final avec des recommandations. La collecte de données (entrevues, groupes de discussion ou autres mécanismes choisis) serait en grande partie exécutée par les organisations de géomatique dans chacun de leurs territoires de compétence. Il est possible que cette approche réduise le coût du contrat entre 40 K\$ et 60 K\$, mais signifie une contribution plus importante des ressources internes de chacune des organisations.

Recommandation

Le CCSRG recherche l'approbation lui permettant d'entreprendre une consultation auprès des intervenants afin d'obtenir l'information technique et non technique sur les impacts et les besoins éventuels liés à la modernisation du système altimétrique, qui servirait de base à l'élaboration de son plan de mise en œuvre. L'option 1 pour la consultation est l'approche privilégiée, recommandée par le CCSRG, et représente l'option initialement proposée. À l'égard de toutes les options, RNCan amorcerait l'élaboration d'un énoncé des travaux pour la DP, alors que les membres du CCSRG de chaque province participeraient activement à son élaboration. Les membres du COCG auraient l'occasion d'examiner et de commenter le contenu de la DP avant que ne soit entamé le processus d'appel d'offres.

ANNEXE A Modernisation du système altimétrique - Contexte et résumé des responsabilités suggérées

Le système de référence altimétrique actuel est basé sur le plan de référence CGVD28, adopté en 1935.

- Le niveau de référence altimétrique a été défini comme le niveau moyen de la mer, lequel a été déterminé à l'aide de données recueillies par cinq (5) marégraphes sur les côtes est et ouest. Un vaste réseau de repères de nivellement, dont l'altitude a été déterminée par nivellement de précision, donne accès au plan de référence.
- Le réseau physique coûte cher à entretenir en raison du grand nombre de repères de nivellement (réseau dense) et la longueur des lignes de nivellement – ce qui s'explique par l'immensité de la masse continentale.
- Le système de référence altimétrique comporte d'importantes déformations pour diverses raisons et n'apparaît pas cohérent avec le système de référence américain.
- Le plan de référence altimétrique n'est défini qu'aux repères de nivellement, de sorte qu'une bonne partie du pays n'a pas accès à la norme pour l'altitude.

La modernisation du système altimétrique comprend les aspects suivants :

- Une nouvelle norme pour l'altitude sera définie au Canada, résultant en changements d'altitudes des repères de nivellement d'un bout à l'autre du pays. Les altitudes attribuées à ces points auront la précision scientifique la plus élevée possible lorsque le plan de référence altimétrique sera révisé et conserveront ces valeurs pendant de nombreuses années (plusieurs décennies), sauf si des changements surviennent en raison de mouvement des repères de nivellement ou de la géodynamique.
- À l'heure actuelle, la publication d'un nouveau modèle du géoïde est planifiée pour 2006, au plus tôt, afin de profiter des données les plus récentes obtenues grâce aux missions de gravimétrie par satellite. De manière réaliste, il faudra deux années supplémentaires pour confirmer la validité de ce modèle du géoïde comme base pour le nouveau plan de référence altimétrique, pour terminer la mise au point des outils nécessaires aux utilisateurs et pour exécuter la compensation du réseau de nivellement par rapport au nouveau plan de référence altimétrique basé sur le géoïde.
- L'écart entre les nouvelles altitudes et les altitudes actuellement publiées sera inférieur à un mètre en n'importe quel point au Canada, mais sera de plus de 10 cm à la plupart des endroits. Si l'on suppose que les altitudes demeureront essentiellement les mêmes dans la région de Toronto, les nouvelles altitudes seraient approximativement inférieures de 5 cm à Montréal, supérieures de 30 cm à Vancouver et inférieures de 10 cm à Halifax.
- Les canaux d'information actuels diffuseront les altitudes en fonction de l'ancien et du nouveau plan de référence pour les repères de nivellement existants.
- RNCan n'a pas fait d'entretien systématique du réseau de nivellement depuis 1996, et n'en prévoit pas à l'avenir. On s'attend à ce que la détérioration progressive des réseaux corresponde à l'adoption progressive des outils de positionnement basés dans l'espace, un processus qui, selon toute prévision, pourrait prendre des décennies.
- Le nouveau plan de référence sera directement accessible à l'aide d'outils de positionnement basés dans l'espace (c.-à-d. GPS, etc.) et également au moyen de réseaux de bornes incluant l'ACS, le RBC, les RHP, ainsi que le réseau altimétrique de premier ordre existant. Idéalement, les techniques conventionnelles et celles basées dans l'espace coexisteraient pendant une période d'évolution. Pour tous les points au Canada, y compris au large des côtes, on aura accès à des altitudes précises en fonction d'un plan de référence altimétrique modernisé.

RNCan contribuera de la manière suivante à la modernisation du système altimétrique :

- Poursuivre la recherche scientifique avec des partenaires universitaires, afin de définir et recommander la meilleure surface à adopter (géoïde), basée sur la gravimétrie, comme plan de référence.
- Publier le modèle mathématique qui permettra la détermination des altitudes par rapport au nouveau plan de référence, par des technologies basées dans l'espace comme le GPS.
- Exécuter les nouvelles compensations nécessaires au réseau de nivellement de premier ordre existant afin de calculer et de transférer les nouvelles altitudes.
- Fournir les outils de conversion nécessaires pour s'assurer que l'information recueillie d'après le plan de référence CGVD28 pourra être intégrée aux données référencées d'après le nouveau plan de référence altimétrique.
- Diffuser l'information sur les altitudes des repères de nivellement fédéraux par rapport au nouveau plan de référence et identifier les repères de nivellement de la base de données à mesure qu'ils deviennent inutilisables.
- Apporter un soutien aux provinces pour faciliter la transition vers la nouvelle norme et son adoption au sein des groupes d'utilisateurs.

Les provinces apporteront leur contribution à la modernisation du système altimétrique de la façon suivante :

- Organiser des activités de liaison avec la clientèle dans leur région.
- Assurer une rétroaction continue auprès de RNCan concernant les besoins des utilisateurs, leur adaptation et les améliorations possibles.
- Établir officiellement le plan de référence au sein de leurs organismes, au fil du temps.
- Diffuser l'information, les outils et les données permettant de déterminer l'altitude par rapport au nouveau plan de référence, auprès des clients et des intervenants.
- Apporter un soutien aux municipalités et à d'autres intervenants provinciaux pour faciliter la transition vers la nouvelle norme et son adoption.

Au cours des dernières années, on a assisté à un virage important vers les techniques de positionnement basées dans l'espace, comme le GPS. Ces systèmes sont aptes à fournir de l'information sur les hauteurs orthométriques lorsque l'information 3D qui leur est propre est combinée à un modèle mathématique du plan de référence altimétrique (géoïde). De nombreux gouvernements nationaux ont mis en marche des initiatives similaires de modernisation du système altimétrique – c'est-à-dire où le positionnement par satellite est combiné à un modèle mathématique pour permettre de déterminer l'altitude. Les réseaux de bornes persisteront pendant un certain temps, malgré une détérioration continue, permettant une période de transition qui pourrait durer des décennies. Dans l'éventualité où des dommages au réseau physique se produiraient à un rythme inacceptable pour une transition réussie, il pourrait s'avérer nécessaire de faire davantage d'entretien.

ANNEXE B - MANDAT DE LA DIRECTION DES LEVÉS ET DE LA CARTOGRAPHIE EN 1984

MANDAT DE LA DIRECTION DES LEVÉS ET DE LA CARTOGRAPHIE EN 1984

(tel que confirmé par le Cabinet dans le 672-RD83, 11 janvier, 1984)

(les activités liées plus directement à la Division des levés géodésiques sont soulignées)

- À titre d'organisme national chargé des levés et de la cartographie, la Direction des levés et de la cartographie d'Énergie, Mines et Ressources Canada a les responsabilités suivantes :
 - formuler et gérer des normes nationales pour les levés et la cartographie qui répondent aux besoins du Canada, refléter l'évolution de la technologie et contribuer à l'énoncé de normes et de pratiques reconnues au niveau international;
 - exécuter des levés et la cartographie du Canada, et diffuser, gérer et tenir à jour des bases de données nationales relatives à l'information topographique, géodésique et géographique, ainsi que les levés officiels des terres du Canada, y compris l'application cartographique de la télédétection en vue de répondre aux besoins nationaux et, particulièrement, d'appuyer le gouvernement du Canada lors de situations d'urgence.;
- Les niveaux actuels de services et leurs objectifs sont les suivants :
 - promouvoir et gérer des normes nationales de cartographie et de levés incluant la recherche et le développement associés;
 - compléter le programme national de cartographie sous forme graphique et numérique d'ici la fin du siècle, ainsi que gérer et tenir à jour les fichiers numériques topographiques et cartographiques;
 - compléter le canevas de référence national d'ici la fin de la présente décennie et l'améliorer par la suite pour satisfaire aux exigences des utilisateurs;
 - remettre en état et entretenir le réseau national de nivellement couvrant les zones peuplées, au cours du présent siècle, et en poursuivre l'extension nécessaire vers le nord, au début du siècle prochain;
 - gérer et réglementer l'arpentage effectué sur les terres du Canada, y compris les zones extracôtières, conformément à la *Loi sur l'arpentage des terres du Canada*;
 - donner suite à l'obligation juridique du gouvernement du Canada, par le biais de sa Division des levés et de la cartographie afin d'entretenir la frontière internationale avec les États-Unis et de fournir un service de délimitation des limites intérieures;
 - produire une version à jour de l'Atlas national du Canada au milieu de chaque période de recensement;
 - produire et tenir à jour des cartes aéronautiques nécessaires à l'aviation militaire et civile au Canada;
 - mettre au point des applications cartographiques de technologie moderne, incluant la technologie de télédétection, et appliquer la technologie moderne de manière efficace et efficiente en réponse aux besoins des utilisateurs en constante évolution et à leurs besoins anticipés;
 - reproduire et distribuer des cartes, des cartes spécialisées et des produits de levés selon les besoins des utilisateurs, y compris le maintien d'une capacité cartographique à l'appui des interventions des gouvernements nationaux en cas d'urgence.

Remarque : le Cabinet a confirmé le mandat de 1984 lors d'une décision en 1987 (8-0325-87RD(01)).

Exposé de position du CCSRG sur la modernisation du Système canadien de référence altimétrique

Rapport du Comité canadien du système de référence géodésique (CCSRG)
au COCG
Octobre 2002

1.0 Résumé

Un système de référence altimétrique moderne représentant le niveau moyen de la mer comme étalon de référence national pour l'altitude constitue une infrastructure essentielle dans une économie contemporaine. Le Système canadien de référence altimétrique (CGVD28), la référence actuelle pour l'altitude (cote) orthométrique au Canada, a été implanté en 1928 par les méthodes classiques de levés et son entretien s'avère d'un coût prohibitif. Il n'est pas compatible avec les technologies contemporaines de positionnement spatial et nuit à l'utilisation de ces nouvelles technologies permettant des économies. Cette situation étant aggravée par la détérioration de l'infrastructure existante, il est urgent de prendre une décision concernant l'avenir du Système de référence altimétrique.

Le GPS est devenu l'outil de prédilection pour le positionnement dans le cadre de nombreuses activités reliées au développement durable : études environnementales, foresterie et autres applications reliées aux ressources, exploration pétrolière et gazière et mise en valeur de ces ressources, aménagement des terres et agriculture de précision pour n'en nommer que quelques-unes. Les utilisateurs du GPS souhaitent déterminer des positions suivant les trois dimensions par rapport au Système canadien de référence spatiale (SCRS) pour en assurer la compatibilité avec des données d'autres provenances et pour le respect d'exigences réglementaires. Le système de référence altimétrique actuel ne couvre qu'une étendue restreinte au Canada et n'est pas bien intégré au SCRS, ce qui exige des utilisateurs contemporains un effort supplémentaire pour l'obtention de hauteurs par rapport au CGVD28. Il existe une occasion de définir un nouveau système de référence basé sur les plus récents résultats scientifiques - qui serait compatible avec les normes internationales et permettrait une réduction des coûts de mise en œuvre de technologies spatiales comme le GPS.

Un plan d'affaires est nécessaire pour élaborer une approche coordonnée de mise au point et de mise en œuvre d'un nouveau système de référence. Les changements envisagés auront une incidence considérable sur l'économie canadienne et toucheront un groupe imposant d'intervenants. Les modifications projetées du système de référence ne peuvent être mises en œuvre sans le leadership des organismes membres du COCG et le soutien actif des intervenants dont l'apport est nécessaire pour la définition du nouveau système de référence.

2.0 Énoncé du problème et occasion

Le Système canadien de référence altimétrique (CGVD28), assise de l'actuel système de mesure des altitudes (cotes) orthométriques au Canada, a été implanté en 1928 par des méthodes de levés classiques. Ce système de référence est matérialisé par des bornes dont l'altitude est fournie par les organismes gouvernementaux.

La poursuite de l'utilisation du (CGVD28) pose un certain nombre de problèmes.

- L'entretien des bornes et des lignes de nivellement qui leurs sont associées est exigeant en main-d'oeuvre et très coûteux. Au cours des dix dernières années, d'autres priorités ont

exigé une réduction importante de l'effort d'entretien qui rend maintenant urgente l'adoption de mesures.

- Le réseau matérialisé au moyen de repères ne s'étend pas au Nord ou aux régions non habitées.
- Des systèmes de référence locaux (p. ex. Vancouver et Victoria) sont actuellement établis pour répondre aux besoins des utilisateurs.
- Il y a d'importantes déformations régionales du système de référence. Les altitudes (cotes) qu'il permet de déterminer ne concordent pas avec celles déterminées au moyen du GPS ou d'après les modèles contemporains du géoïde.
- Un système de référence révisé, le Système de référence altimétrique nord-américain (NAVD88) a été mis en œuvre aux États-Unis et engendre la confusion dans les activités transfrontalières ainsi que la fausse espérance qu'un changement est imminent au Canada. La mise en œuvre de ce système de référence au Canada n'est pas considérée comme une possibilité viable pour répondre aux besoins des utilisateurs contemporains.

Il existe une occasion de définition d'un nouveau système de référence qui solutionnerait ces problèmes et permettrait l'utilisation des technologies du positionnement depuis l'espace (GPS, etc.).

Le futur système de référence sera entièrement ou en grande partie basé sur le modèle du géoïde pour le Canada. La surface du géoïde est équivalente à la hauteur du niveau mondial moyen de la mer. Ce modèle est élaboré d'après l'analyse des données issues des méthodes classiques de levés ainsi que des mesures de la gravité effectuées au sol, en mer, depuis des aéronefs et depuis l'espace.

Tel qu'envisagé, le nouveau système de référence sera défini comme une surface couvrant la totalité du Canada, incluant ses étendues océaniques. Les valeurs de l'altitude (cotes) seraient ainsi définies en tout point du pays, à l'opposé de ce qu'offre l'actuel système de référence qui n'est défini qu'à l'emplacement des bornes le matérialisant. L'infrastructure existante (bornes) sera intégrée au nouveau système afin de minimiser les perturbations pour l'industrie et de maximiser l'accès au nouveau système de référence. La collaboration avec les organismes américains est nécessaire afin d'assurer la compatibilité à l'échelle continentale et internationale. Il est en outre nécessaire de mettre au point une transformation permettant de passer du CGVD28 au NAVD88 et à tout nouveau système de référence.

Le fait de définir le système de référence comme une surface continue permet d'établir l'altitude en tout point lors de la détermination de la position par satellites. Les modèles du géoïde peuvent être offerts sur le terrain pour permettre en tout point du Canada, dans les terres comme en mer, une détermination instantanée de la latitude, de la longitude, de la hauteur au-dessus de l'ellipsoïde et de l'altitude (cote) orthométrique suivant le Système canadien de référence spatiale (SCRS). L'effort de modernisation de la réalisation orthométrique du SCRS est critique pour l'obtention par les Canadiens d'un véritable système de référence tridimensionnel intégré.

Les scientifiques canadiens comptent parmi les chefs de file mondiaux en matière de recherches sur le géoïde et trois efforts récents ou en cours de recherche concertée sont directement reliés au problème du système de référence altimétrique dans le cadre de l'initiative « Géomatique pour

des interventions et des décisions éclairées (GEOIDE) », un des Réseaux de centres d'excellence (RCE) du Canada. Il s'agit des trois projets suivants :

n° 10 « Détermination précise du géoïde pour le positionnement géo-référencé et pour l'océanographie » 1999-2002

n° 13 « Détermination précise du géoïde pour le positionnement géo-référencé et pour l'océanographie » 2002-2003

n° 36 « Développement d'un système dynamique de référence altimétrique pour des applications environnementales, climatiques, géodynamiques, océanographiques, hydrographiques et de SIG » 2002-2005

Ces efforts scientifiques tireront avantage des plus récents progrès ainsi que des données recueillies dans le cadre d'un certain nombre de missions spécialisées de gravimétrie par satellites. Nous croyons qu'un système orthométrique basé sur le géoïde offre à long terme les meilleures possibilités d'harmonisation avec ceux des États-Unis et d'autres pays.

Plusieurs questions se posent cependant.

- Le système altimétrique envisagé (basé sur le géoïde et accessible par les méthodes de positionnement spatial) répond-il à tous les besoins des utilisateurs?
- Comment pouvons-nous maximiser les avantages de ce changement pour l'industrie et les autres utilisateurs?
- Comment pouvons-nous minimiser pour l'industrie et les autres utilisateurs les coûts de transition?
- Les erreurs de détermination de l'altitude orthométrique seront dominées par les erreurs du GPS. Certains utilisateurs auront besoin de conseils pour la mise en œuvre de réseaux locaux de précision. Quels sont les besoins des utilisateurs de données précises? Comment ces besoins peuvent-ils être satisfaits et quelle formation/information le gouvernement devra-t-il fournir?
- La topographie de la surface de la mer fait en sorte que le géoïde s'écarte du niveau observé de la mer. Le système de référence altimétrique pourrait être décalé par rapport au géoïde proprement dit pour correspondre à une autre surface équipotentielle afin de minimiser cet effet le cas échéant. Un tel décalage est-il nécessaire?
- Les variations du géoïde en fonction du temps sont sensiblement moindres que les variations de la topographie, mais les processus géophysiques engendrent des changements. Un mécanisme de gestion de ces changements et des progrès scientifiques ainsi qu'une méthode de correction des erreurs doivent être disponibles. Quel devrait être le processus de gestion des modifications du système de référence?

L'obtention de réponses à ces questions reliées à la mise en œuvre peut et devrait se faire parallèlement aux efforts scientifiques mentionnés ci-haut (projets RCE).

3.0 Prochaines étapes

En mai 2002 le CCSRG a adopté une résolution (voir appendice 1) recommandant de nouvelles démarches en vue de la modernisation du Système canadien de référence altimétrique. Les activités projetées menant à la mise en œuvre d'un nouveau système de référence altimétrique sont indiquées dans l'échéancier ci-joint. Des consultations avec les intervenants constituent un élément clé de la réussite de l'adoption et de la mise en œuvre d'un nouveau système de référence altimétrique et doivent être tenues par tous les organismes gouvernementaux en cause. Les organismes en cause doivent disposer de la capacité de s'engager à fournir cet effort. Tel que mentionné précédemment, il n'est pas nécessaire de solutionner les problèmes scientifiques abordés dans le cadre des projets du RCE avant que soient tenues ces consultations.

4.0 Recommandation

Le CCSRG recherche l'appui du plan exposé ci-dessus et l'approbation de principe d'un soutien financier au COCG par les organismes membres du CCSRG à raison de 150 000 \$ pour permettre le début des activités préparatoires à l'élaboration d'un plan d'affaires. RNCan lancera l'élaboration du plan d'affaires et fournira l'information détaillée concernant les coûts lors de la réunion du COCG du printemps de 2003. Les membres du CCSRG collaboreront à l'orientation de l'élaboration du plan d'affaires. Le plan d'affaires comprendra les éléments suivants :

- confirmation de l'approche scientifique envisagée
- validation de la résolution du CCSRG
- consultation des intervenants
- examen des options scientifiques et techniques et formulation de recommandations
- estimation des coûts de la mise en œuvre et des avantages pour l'industrie
- mise en œuvre des recommandations

L'élaboration du plan d'affaires serait coordonnée par le CCSRG et le plan ferait l'objet d'un examen formel par le CCSRG avant d'être présenté au COCG pour discussion en 2003. Les étapes suivantes de la mise en œuvre seront décrites de manière détaillée dans le plan d'affaires.

Étapes principales du projet	2001		2002		2003		2004		2005	
	Janv. - Juin	Juill. - Déc.	Janv. - Juin	Juill. - Déc.	Janv. - Juin	Juill. - Déc.	Janv. - Juin	Juill. - Déc.	Janv. - Juin	Juill. - Déc.
Projet sur le géoïde 10 (début en 2000)										
Projet sur le géoïde 13										
Projet sur le géoïde 36										
Résolution du CCSRG			2 mai							
Dépôt d'une recommandation au CCOG par le CCSRG				2 octobre						
Compte rendu, par le CCSRG, des exigences de financement détaillées du plan d'affaires au CCOG					Printemps - 03					
Réalisation du plan d'affaires par le consultant										
Consultation auprès des intervenants										
Analyse du plan d'affaires par le CCSRG					Mai-03					
Analyse du plan d'affaires par le CCOG						Oct.-03				

Légende :

 Terminé

 En cours

 À venir

Annexe 1)

Résolution du CCSRG sur la modernisation du système de référence altimétrique du Canada

Attendu que :

1. Un plan de référence altimétrique moderne indiquant la hauteur orthométrique (niveau moyen de la mer) est une infrastructure essentielle dans une économie saine.
2. Le Système de référence altimétrique canadien actuel (CGVD28) a été établi en 1928 par des techniques traditionnelles et n'est pas compatible avec la technologie moderne de positionnement basée dans l'espace.
3. Actuellement, la réalisation du processus au moyen de lignes de nivellement matérialisées se détériore rapidement et que la remise en état du réseau par les méthodes traditionnelles occasionnerait des coûts prohibitifs.
4. Le processus actuel ne permet l'accès aux utilisateurs que dans les régions proches des lignes de nivellement, alors qu'une expansion vers le nord entraînerait des coûts prohibitifs et poserait des défis techniques.
5. Le plan de référence actuel ne satisfait pas aux exigences de précision pour des applications scientifiques telles que des études sur le changement climatique, la détermination de l'élévation du niveau de la mer, etc.
6. Une discontinuité du système altimétrique orthométrique (niveau moyen de la mer) existe entre le plan de référence de 1988 des États-Unis et le plan de référence canadien de 1928.
7. La tendance nationale pour le Système canadien de référence spatiale (SCRS) évolue vers un plan de référence intégré incorporant la composante planimétrique et les hauteurs ellipsoïdales et orthométriques (niveau moyen de la mer) adaptées en fonction d'un système de référence basé dans l'espace.
8. Les composantes de la planimétrie et de la hauteur ellipsoïdale du SCRS ont été réalisées par le biais de l'initiative NAD83.
9. Le SCRS ne peut pas être entièrement réalisé sans la modernisation du plan de référence altimétrique.
10. Le projet national de réconciliation de l'altimétrie est devenu la base d'un système de référence altimétrique moderne qui rationalise le géoïde, le système des hauteurs ellipsoïdales et les systèmes des hauteurs orthométriques.
11. Un plan d'affaires est indispensable afin d'élaborer une approche coordonnée pour la mise au point et la mise en œuvre d'un nouveau plan de référence altimétrique.

Il est résolu que le CCSRG :

- Élaborera une proposition pour un plan d'affaires national en tenant compte des exigences techniques, non techniques et administratives en vue de la modernisation du système de référence altimétrique du Canada.
- Présentera cette proposition au COCG lors de la réunion à l'automne 2002, afin d'obtenir l'appui et le soutien financiers nécessaires à l'élaboration d'un plan d'affaires national.

Annexe 2)

**ÉBAUCHE de la résolution du COCG sur la modernisation
du système de référence altimétrique du Canada**

Attendu que le COCG a reconnu l'importance d'un système de référence géodésique normalisé, basé sur le Système canadien de référence spatiale (SCRS);

Il est résolu que les membres du Conseil **reconnaissent la nécessité** de moderniser le système de référence altimétrique du Canada, une composante clé du SCRS, **s'assurent que la capacité** de consultation et de communication avec les intervenants existe dans les organismes membres, et **approuvent en principe un financement** pouvant atteindre 150 000 \$ pour l'élaboration d'un plan d'affaires portant sur des questions clés et contenant un plan détaillé de mise en œuvre.