

obstructions voisines, le meilleur choix d'emplacement de l'antenne était le sommet de la flèche. L'antenne est fixée directement à l'acier de structure.



Figure 10: Installation sur flèche

Installation sur flèche où l'antenne est directement fixée à la structure d'acier afin d'éliminer les obstructions proximales.

4.0 Exploitation

L'exploitation continue et fiable d'un site de référence GPS nécessite que tout le matériel déployé réponde aux spécifications et qu'il soit bien configuré. En règle générale, les caractéristiques des éléments de station de poursuite GNSS suivants sont spécifiées de manière à garantir la satisfaction des besoins de l'utilisateur sur le plan de la disponibilité du service RTK et de la précision du positionnement :

1. antenne;
2. récepteur;
3. alimentation électrique et calculs;
4. communication et archivage;
5. contrôle de la qualité;
6. proximité de l'alimentation électrique et des moyens de communication.

Il est fortement recommandé de mettre le matériel à niveau et/ou de le remplacer au rythme des progrès de la technologie (p. ex., ajout de nouveaux signaux GNSS). Il importe toutefois de réduire au minimum les changements d'équipement, car ils risquent de modifier la position du repère.

4.1 Antenne

Il est essentiel d'avoir un centre de phase et un PRA uniformes pour l'antenne, pour faire correspondre les

mesures GNSS au repère de référence situé sur la borne. Ne pas tenir compte des variations de centre de phase peut entraîner des erreurs de plusieurs centimètres. Toute l'analyse des données GNSS devrait être exécutée au moyen d'un modèle de centre de phase validé par le NGS, intégré aux calculs des coordonnées de position officielles pour un site de SCA. Les antennes devraient être inspectées au moins une fois par année pour vérifier l'absence de dommages.

L'antenne de SCA utilisée devrait :

- i. être de qualité géodésique, de préférence du type « Choke-Ring »;
- ii. suivre les signaux GPS L1/L2 et GLONASS L1/L2;
- iii. avoir une plage de températures de fonctionnement de -40 °C à +55 °C;
- iv. être étanche;
- v. permettre d'atténuer les effets de l'accumulation de neige sans incidence négative sur le centre de phase d'antenne;
- vi. avoir un modèle de centre de phase étalonné du NGS. Si un radôme est installé, un étalonnage spécial de la paire antenne et radôme devrait être exécuté pour le modèle de centre de phase d'antenne;
- vii. comporter un coupleur de signal amplifié entraînant une distorsion minimale des signaux et d'une fonction d'isolement de canaux, au besoin.

4.2 Récepteurs

Les opérateurs de site devraient tenir à jour les micrologiciels des récepteurs et garder les administrateurs de réseau informés des mises à jour prévues. Les récepteurs de SCA devraient avoir les caractéristiques suivantes :

- i. suivre les signaux GPS L1/L2 et GLONASS L1/L2 et être en mesure de suivre les signaux modernes (GPS L2C/L5, Galileo, Compass);
- ii. suivre au moins 14 satellites sur L1 et L2 au-dessus de 0 degré;
- iii. fournir la pseudodistance en code C/A L1 ou la pseudodistance en code P et la phase de porteuse de longueur d'onde intégrale dans les fréquences L1 et L2;
- iv. échantillonner à une fréquence d'au moins 1 Hz;
- v. prendre en charge la fonctionnalité de client et serveur NTRIP (prise en charge simultanée d'au moins 10 clients);
- vi. prendre en charge les entrées-sorties RTCM SC104 versions 2.x et 3.x;
- vii. avoir une plage de températures de fonctionnement de -40 °C à +55 °C;
- viii. avoir une consommation électrique < 10 W;
- ix. avoir une précision de mesure de phase de porteuses L1 et L2 < 2 mm (moyenne quadratique);
- x. comporter une capacité de stockage de données équivalant à au moins 24 heures de données brutes à 1 Hz;
- xi. comprendre une interface Ethernet.

Les récepteurs devraient être configurés de manière :

- i. à ne pas appliquer de lissage aux variables observables;
- ii. à assurer la poursuite à angle de masquage de 0 degré;
- iii. à ce que les observations soient enregistrées à intervalle d'échantillonnage d'au moins 1 Hz;
- iv. à ce que les blocs horaires (de grande préférence) ou les blocs de 24 heures de données soient consignés en fonction de l'heure GNSS;
- v. à ce que la poursuite de tous les satellites soit exécutée, quel que soit l'état de fonctionnement, puisque les critères employés par le département de la Défense des États-Unis pour désigner un satellite en mauvais état de fonctionnement ne s'appliquent pas toujours aux utilisateurs de SCA.

4.3 Alimentation électrique et calculs

Toutes les SCA devraient être équipées d'une alimentation sans coupure assurant une autonomie de fonctionnement d'au moins 24 heures pour le récepteur et tout autre équipement nécessaire à l'archivage d'au moins 24 heures de données brutes à l'intervalle d'échantillonnage du récepteur.

Les fournisseurs de services GNSS RTK devraient utiliser une infrastructure de serveurs redondants pour la distribution des données de SCA aux utilisateurs. Chaque serveur devrait être raccordé à une alimentation sans coupure capable de fournir au moins 2 heures de fonctionnement en cas de panne de courant. Le système de prestation de service devrait être évolutif, de manière à pouvoir prendre en charge des milliers d'utilisateurs potentiels.

4.4 Communication et accès aux données

L'accès aux fichiers de données du serveur du fournisseur de services GNSS RTK en mode réseau (NRTK) devrait être réalisé par Internet. Les fichiers de données GNSS devraient être transférés suivant le protocole de transfert de fichiers Internet (FTP). Les données stockées devraient pouvoir être extraites immédiatement après l'heure, soit toutes les heures, soit à la fin de la journée (24 h 00 heure GNSS). Le serveur Web et le serveur FTP du fournisseur de services GNSS NRTK devraient prendre en charge l'accès continu aux fichiers.

Les noms de fichiers et les dates associées devraient être enregistrés par rapport à l'heure GNSS, non à l'heure locale. La plupart des récepteurs GNSS convertissent automatiquement l'heure UTC en heure GNSS. Les recommandations sur la structure des dossiers et les conventions d'affectation des noms de fichiers sont présentées à l'annexe 1.

Le fournisseur de services GNSS NRTK devrait stocker les données de poursuite observées en format d'origine et aussi les mettre à disposition en format ASCII RINEX (version 2 ou ultérieure).

Un ensemble de photographies numériques nettes (résolution d'au moins 1 mégapixel) est nécessaire pour la documentation du site. Les photographies devraient présenter une vue claire du matériel utilisé, de la façon dont il est assemblé ainsi que des alentours, pour quelqu'un qui ne s'est pas rendu sur le site. Ces photographies devraient être mises à jour si le matériel change ou si l'espace physique autour de l'antenne subit des modifications.

Un registre de site contenant toutes les données historiques sur le site et le détail du matériel et de la borne utilisés est essentiel. Le registre de site est aussi important que les données GNSS recueillies au site. Il devrait suivre le format prescrit par l'IGS (International Global Navigation Satellite System Service). On trouvera un

modèle de registre de site vierge à l'adresse <http://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/station/general/blank.log> (en anglais seulement).

Toutes les parties dont les données sont connues devraient être remplies. Les sections non remplies ou sans objet ne devraient pas être supprimées. Le fichier devrait être « lisible par une machine » et donc enregistré au format ASCII avec les espacements exacts décrits dans les instructions consultables à l'adresse ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/sitelog_instr.txt (en anglais seulement).

La plupart des entrées ne devraient occuper qu'une ligne; si plus d'information est nécessaire, les données devraient être entrées dans la partie d'information supplémentaire (*Additional Information*) de la section correspondante. On trouvera des exemples de registres de site à l'adresse <http://www.igs.org/network> (en anglais seulement).

4.5 Contrôle de qualité

La qualité des observations faites par une station de référence GNSS peut être établie en fonction de la répétabilité et de la stabilité à long terme des coordonnées estimées pour son centre de phase d'antenne. Le calcul des coordonnées à l'intérieur d'un cadre de référence géodésique particulier, tel que le NAD83 (SCRS), est effectué par l'intégration de la station de référence à un réseau de contrôle existant. Cette intégration peut être accomplie sur une base continue, à intervalles prescrits, en combinant les données de la référence GNSS à celles des stations de contrôle actif des alentours dans une compensation de réseau des moindres carrés. Une autre méthode consiste à occuper un nombre de points de contrôle passif matérialisés autour de la station de référence et d'évaluer les coordonnées périodiquement, par traitement différentiel. Bien qu'elle soit possible, cette méthode est moins efficace et ne donne pas la possibilité de surveiller la position de la station en continu.

Il est aussi vital d'affecter les coordonnées aux données de la station dans un logiciel RTK utilisé pour calculer les corrections à l'aide d'une seule station ou d'un réseau, pour faire en sorte que les solutions de l'utilisateur se trouvent dans un cadre de référence bien défini et traçable. Les coordonnées du NAD83 (SCRS) indiquant la version (l'époque) sont recommandées.

En conséquence, les fournisseurs de services GNSS RTK **devraient** :

- a) surveiller les processus d'acquisition de données pour détecter les sites qui ne fonctionnent pas;
- b) exécuter, tous les jours, des compensations de réseau ou des positionnements ponctuels précis (PPP) d'une station pour détecter les stations de référence instables;
- c) signaler les stations de référence qui connaissent de soudains changements de coordonnées. À titre de règle générale, les stations de référence devraient être jugées instables si les changements de coordonnées dépassent :
 - i. 5 mm horizontalement ou 10 mm verticalement en moins d'une heure; ou
 - ii. 10 mm horizontalement et 15 mm verticalement sur une période de 24 heures.

Observations finales

Les renseignements présentés dans ce document ont été rassemblés pour informer les fournisseurs de services GNSS RTK des points à considérer au moment d'installer une station de référence GNSS pour exploitation permanente. Les recommandations s'adressent en particulier aux fournisseurs ayant l'intention de fournir des solutions de positionnement de qualité géodésique dans un cadre de référence normalisé tel que le NAD83 (SCRS). Compte tenu des avantages associés à l'intégration des données géospatiales dans un cadre de référence uniforme à l'échelle nationale pour en préserver la valeur à long terme, tous les fournisseurs sont invités à adopter les meilleures pratiques proposées et à contribuer ainsi au maintien d'une référence géodésique uniforme et précise à l'échelle du pays.

Références

Engineering Toolbox. *Coefficients of Linear Thermal Expansion* (en ligne), The Engineering Toolbox, 2012. Sur Internet : http://www.engineeringtoolbox.com/linear-expansion-coefficients-d_95.html (en anglais seulement).

DLG. *Spécifications pour levés de contrôle et recommandations sur la construction de repères* (en ligne), Division des levés géodésiques, Ressources naturelles Canada, 1978.

NOAA. *Guidelines for New and Existing Continuously Operating Reference Stations (CORS)*, 2006 (en ligne), National Geodetic Survey National Ocean Survey, NOAA, Silver Spring, MD 20910, 2006. Sur Internet : http://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/CORS_guidelines.pdf (en anglais seulement).

NOAA. *NOAA Manual NOS NGS 1. Geodetic Bench Marks* (en ligne), U.S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Survey, Rockville, Md., 1978. Sur Internet : http://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/GeodeticBMs/ (en anglais seulement).

Schmidt, M., H. Dragert, W. Hill et N. Courtier. *New GPS monument design for permanent GPS installations in the Western Canada Deformation Array* (en ligne), Proceedings, IGS Network Workshop 2000, 12 au 14 juillet 2000, Soria Moria, Oslo, Norvège, 2000.

SNSMR. *NSCRS Modernization Strategy*, Ébauche de document stratégique disponible auprès de Service Nova Scotia and Municipal Relations - Geographic Information Services, 2012.

UNAVCO. *Permanent Station GPS/GNSS* (en ligne), UNAVCO, 2012. Sur Internet : <http://kb.unavco.org/kb/article/unavco-resources-permanent-gps-gnss-stations-634.html> (en anglais seulement).

URECON. *Températures ambiantes – sous le sol*, Profondeur de gel (en ligne), 2012. Sur Internet : http://français.urecon.com/applications/municipal_ambient_below.html.

USACE. *Survey Markers and Monumentation* (en ligne), US Army Corps of Engineers, 2012. Sur Internet : http://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-1-1002.pdf (en anglais seulement).

Annexe 1 : Conventions d'affectation des noms de dossiers et de fichiers

Données d'origine :

/dossier_principal/origine/aaaa/jjj/ssss/ssssjjjh[mm].[c]

Données RINEX :

/dossier_principal/rinex/aaaa/jjj/ssss/ssssjjjh[mm].aat.[c]

Si le fournisseur de services GNSS NRTK souhaite livrer les fichiers RINEX d'observations, de météorologie, de navigation, etc. dans un même ensemble de fichiers, les fichiers **ne devraient pas être compressés** et l'archive devrait être appelée :

ssssjjjh[mm].aa.c

Les noms de fichiers devraient respecter la convention suivante, tout en minuscules, selon la convention RINEX :

ssssjjjh[mm].aat.[c]

Les variables suivantes sont utilisées :

dossier_principal : dossier dans le serveur FTP de l'opérateur du site dans lequel les données seront stockées.

ssss : quatre caractères de l'ID du site.

jjj : jour de l'année GNSS.

aaaa : quatre chiffres de l'année GNSS.

h : lettre correspondant à une tranche de temps GNSS d'une heure (voir ci-dessous) ou 0 (zéro) pour indiquer une tranche de temps GNSS de 24 heures.

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x

mm : ne s'applique qu'aux sites qui enregistrent en tranches de temps de moins d'une heure et indique le nombre de minutes après l'heure du début du fichier; ainsi, pour les fichiers de 30 minutes de collecte, les nombres 00 et 30 seraient utilisés.

aa : deux derniers chiffres de l'année GNSS (p. ex, 04 pour 2004).

t : type de fichier, indiqué comme suit :

Type	Description
o	Observations
d	Observations compressées au format Hatanaka. Le code source pour créer et décompresser ce format est accessible sur : http://terras.gsi.go.jp/ja/crx2rnx.html .
m	Météorologie
n	Navigation

s	Sommaire
c	<p>La compression est facultative, mais recommandée pour économiser de la bande passante. Un des formats suivants devrait être utilisé :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) zip – archive zip b) gz – gzip – zip GNU (privilegié) et accessible à : http://www.gnu.org/software/gzip c) Z – UNIX compressé.

Les fichiers binaires d'origine portent des extensions propres au fabricant, mais devraient correspondre le plus possible au format mentionné ci-dessus.

Photographies :

/dossier_principal/origine/aaaa/jjj/ssss/ssssjjjh[mm].[c]

Elles devraient porter le nom de fichier indiqué en gras entre les tirets – (où ssss est l'ID de site à 4 caractères). La convention pour la direction en azimut est 000 – nord, 090 – est, 180 – sud et 270 – ouest. Le format JPG est privilégié. Les noms de fichiers de photographies devraient inclure :

- a) ssss_**monu**.jpg – Photographie montrant la borne (pilier/haubanée/sur bâtiment) et l'antenne. La partie au sol du bâtiment ou de la borne et l'antenne devrait être visible.
- b) ssss_**mark**.jpg – Photographie montrant le repère. Si aucun repère unique n'existe, une photographie de la partie filetée du support, vue de côté ou du dessus de la borne devrait être prise. Si le site recueille activement des données, **NE PAS ENLEVER** l'antenne et ne pas tenir compte de cette exigence.
- c) ssss_**ant_monu**.jpg – Photographie en gros plan montrant la façon dont l'antenne est fixée à la borne.
- d) Quatre photographies d'orientation prises à hauteur de la surface du PRA. L'antenne devrait figurer sur la photographie, sans toutefois obstruer significativement la vue de ce qu'il y a derrière elle, la photo étant prise à une distance de 3 à 5 m. S'il est impossible de procéder de cette manière, poser l'appareil photo directement au-dessus et au centre de l'antenne et pointer vers la direction voulue :
 - i. ssss_ant_000.jpg – Nord (000)
 - ii. ssss_ant_090.jpg – Est (090)
 - iii. ssss_ant_180.jpg – Sud (180)
 - iv. ssss_ant_270.jpg – Ouest (270)
 - v. Si des photographies d'autres directions peuvent être utiles, indiquer l'azimut approprié dans le nom de fichier.

Si l'antenne se trouve sur un toit, il convient d'ajouter aussi ce qui suit :

- a) ssss_**ant_bldg**.jpg – Photographie représentant « clairement » la façon dont l'antenne est fixée au bâtiment.
- b) ssss_**ant_roof**.jpg – Photographie représentant l'antenne et la surface du toit.
- c) ssss_**ant_sn**.jpg – Photographie en gros plan de l'antenne montrant le modèle et le numéro de série.

- d) `ssss_rec_sn.jpg` – Photographie en gros plan du récepteur montrant le modèle et le numéro de série.
- e) `ssss_rec.jpg` – Photographie de l'emplacement du récepteur.

Annexe 2 : Données sur la profondeur du gel

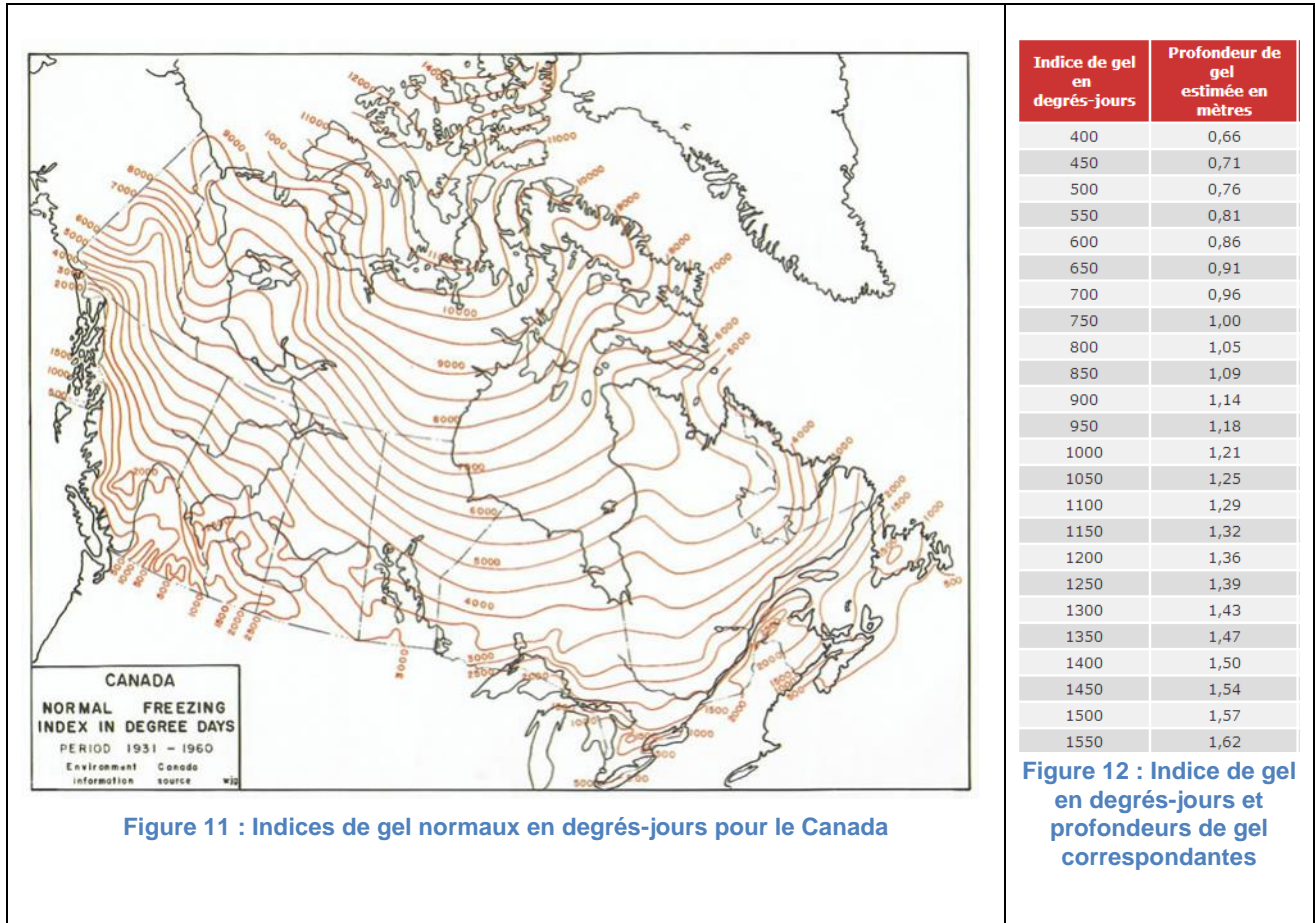


Figure 11 : Indices de gel normaux en degrés-jours pour le Canada

Indice de gel en degrés-jours	Profondeur de gel estimée en mètres
400	0,66
450	0,71
500	0,76
550	0,81
600	0,86
650	0,91
700	0,96
750	1,00
800	1,05
850	1,09
900	1,14
950	1,18
1000	1,21
1050	1,25
1100	1,29
1150	1,32
1200	1,36
1250	1,39
1300	1,43
1350	1,47
1400	1,50
1450	1,54
1500	1,57
1550	1,62

Figure 12 : Indice de gel en degrés-jours et profondeurs de gel correspondantes