

UTILISATION D'UN SYSTEME DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE (GPS) EN TEMPS REEL A LA REOUVERTURE DES ROUTES DE HAUTE MONTAGNE EN NORVEGE APRES L'HIVER

Jan Tore Odd, Responsable du service de la circulation
Administration norvégienne des routes publiques, comté de Sogn et Fjordane
6861 Leikanger, Norvège
TEL. : +47 57655700/ FAX : 57655986
E-mail : Jan.Odd@vegvesen.no

1 Résumé

C'est en 1998 que l'on a décidé d'utiliser pour la première fois un système de positionnement par satellite (GPS) en temps réel lors de la réouverture des routes de haute montagne en Norvège après l'hiver. Les préparatifs d'enregistrement de points de repère fixes le long de la route ont commencé pendant l'été 1999 sur la route 55 de Sognefjell. L'installation d'un instrument d'enregistrement GPS a permis d'effectuer un enregistrement total de la route, après avoir identifié des points de repère fixes sur les bas-côtés et en utilisant un émetteur de positionnement local sur le repère fixe, à titre de référence.

La ligne blanche du bas-côté de la route a été mesurée tous les dix mètres et toutes les rambarde de sécurité, les ponts, les aires de stationnement et les parkings ont été enregistrés sur la route. Toutes les données ont été traitées et enregistrées sur un logiciel cartographique conçu par l'Administration norvégienne des routes publiques. Il a été possible d'atteindre un degré de précision de ± 5 cm en combinant les données des 5 satellites disponibles à celles de la station de référence sur le module d'enregistrement comportant le récepteur GPS.

Au moment de la réouverture de la route à la fin de l'hiver, un récepteur GPS et un ordinateur comportant les données routières enregistrées ont été installés sur un chasse-neige rotatif et la station locale de positionnement de référence a été réinstallée et activée. Ainsi, la position du chasse-neige était toujours connue. L'opérateur de l'équipement était constamment tenu informé de sa position sur la route par le biais d'une carte informatique affichant la distance par rapport au bord de la route et toutes les autres obstructions enregistrées pendant la séance de saisie des données. Plusieurs engins chasse-neige peuvent être utilisés simultanément sur la route, à partir du même système GPS, et le système peut être utilisé quelle que soit la quantité de neige.

Les avantages de l'utilisation d'un GPS en temps réel, comme celui décrit ici, sont nombreux. Jusqu'à présent, la réouverture des routes de haute montagne à l'aide de ce système s'est bien passée.

Les avantages sont en premier lieu la réduction des frais de détérioration encourus par les engins chasse-neige, car l'équipement, en dépit de son poids, peut être manœuvré sur la route avec une grande précision. Les frais de détérioration sont également réduits au niveau des rambarde de sécurité et autres installations routières du fait qu'elles ne sont pas endommagées par les gros engins. Nos routes de montagne peuvent maintenant également être rouvertes sans qu'il soit nécessaire d'installer des piquets en bord de route pendant l'hiver. La quantité de neige à déplacer est également considérablement réduite car l'équipement chasse-neige travaille avec une plus grande précision.

L'Administration norvégienne des routes publiques a aussi commencé à utiliser des équipements GPS dans le secteur de la construction routière. Cette utilisation repose sur les expériences accumulées dans le cadre de l'utilisation des systèmes GPS au moment de la réouverture

des routes d'hiver, en utilisant la même procédure d'identification de points de référence fixes. Lorsque cette procédure est respectée, il est possible d'utiliser le GPS dans divers projets de construction routière.

Comme les éléments de construction routière, par exemple le déblayage de terre, la suppression des rochers, les fossés, les bas-côtés et le revêtement routier ont tous une surface clairement définie, il est possible d'importer différentes procédures de mesure sur divers engins de construction, comme les excavatrices et les compresseurs.

2. Introduction

Le réseau routier qui relie l'Ouest et l'Est de la Norvège réunit plusieurs routes de haute montagne de longueurs variées. Certaines routes sont ouvertes par tous les temps, même en hiver. Cependant, certaines routes nationales moins importantes sont fermées pendant l'hiver en raison des chutes de neige, dans les montagnes, et de l'impossibilité de déblayer la neige fréquemment à l'aide d'engins chasse-neige ordinaires. Ces routes sont de faible importance à la circulation principale entre l'Est et l'Ouest du pays car il existe d'autres routes d'accès plus facile. En été, ces routes sont de grande importance à l'industrie touristique.

Les routes en question sont la Route 55 Sognefjell, la Route 13 Vikafjell, la Route 258 Old Strynefjell et la route 243 de Lærdal à Aurland, également appelée la Route-Neige. Ces routes traversent toutes les montagnes à une altitude d'entre 1200 et 1400 mètres au-dessus du niveau de la mer et elles sont normalement bloquées par la neige du début du mois de décembre au début du mois de mai, c'est-à-dire pendant la durée de l'hiver norvégien. La profondeur de la neige varie considérablement selon les routes, de 2 m à 10 m dans les congères. A titre d'essai, l'Administration norvégienne des routes publiques a installé en 1997 un système à base GPS qui est totalement opérationnel sur la Route 63 Geiranger - Oppland.

Les préparatifs pour la saison d'hiver exigeaient jusqu'à présent l'installation d'un grand nombre de piquets pour identifier les bords des routes au moment de leur réouverture, au printemps. La distance entre les piquets est d'environ 15 à 20 mètres, ce qui ne donne pas une indication précise du bord de la route.

Pendant la manœuvre des lourds engins chasse-neige, les piquets étaient la seule aide possible à laquelle avaient recours les opérateurs des engins chasse-neige. C'est la raison pour laquelle il arrivait fréquemment que les engins chasse-neige subissent des détériorations importantes, en raison des collisions inévitables avec les rochers et les pierres à cause des avalanches ou des grands vents. Dans ces cas, il était encore plus difficile de manœuvrer avec précision entre les repères qui définissaient les bords de route.

3 Recherche d'autres solutions

L'Administration norvégienne des routes publiques (NPRA) étudie depuis plusieurs années la possibilité d'utilisation d'autres méthodes pour naviguer les engins chasse-neige.

Les études d'arpentage sont utilisées depuis longtemps dans le processus de construction routière et l'achat de propriétés. Dans ce but, des équipements d'arpentage traditionnels ont été utilisés pour les mesures statiques. Jusqu'en 1970, on avait souvent recours au théodolite.

Il s'agit d'un instrument qui mesure les angles horizontaux et verticaux mais qui ne convient pas pour mesurer les distances. De 1980 à 1990, l'utilisation d'un module pouvant mesurer les angles et les distances était courante. Depuis 1990, les études d'arpentage pour les systèmes de positionnement par satellite (GPS) sont effectuées de deux façons :

a) Mesures statiques

Il s'agit d'un mode pour lequel l'équipement GPS est fixé à un point et les vecteurs sont calculés ultérieurement. Ce mode d'opération est très précis et donne des mesures exactes à un millimètre près.

b) Mesure en temps réel

Ce système de mesure exige qu'un récepteur soit fixé à un point de référence connu et qu'un autre récepteur (appelé le "rover") soit mobile. La distance entre les deux stations est calculée en temps réel. Lorsque 5 satellites servent les deux récepteurs et qu'ils sont connectés à un lien radio mutuel, il est possible d'identifier la distance jusqu'au "rover" avec une précision de 5 cm, même si ce dernier est en mouvement. Il est possible de mesurer simultanément la distance d'un point de référence fixe et unique à plusieurs "rovers".

Ces deux principes de mesure sont utilisés comme normes de base pour le développement d'un système GPS en vue de la réouverture des routes de haute montagne en Norvège après l'hiver. Le mode en temps réel est le principe de base utilisé pour manœuvrer les engins chasse-neige sur la route et là où les engins chasse-neige sont utilisés comme "rovers". C'est également l'idée de base pour le développement d'un système opérationnel pratique qui utilise deux récepteurs GPS dans le point de référence fixe et le chasse-neige.

4 Le principe de fonctionnement de base

Le système utilisé repose sur NAVISTAR, un système GPS américain mis au point par les autorités militaires américaines. Les satellites fonctionnent à une altitude de 20 000 km avec un cycle temporel global de 11 heures et 58 minutes. Le nombre de satellites opérationnels varie de 28 à 30.

Les récepteurs GPS fonctionnent en principe comme dispositif de mesure des distances, en calculant la distance entre les deux récepteurs GPS et la distance jusqu'aux satellites. La précision des relevés de mesure dépend du nombre de satellites utilisés. Normalement, il faut 5 satellites simultanés pour un calcul précis. Un lien radio est établi entre les deux récepteurs. Ce lien radio représente un faisceau de correction avec une fréquence de 419 MHz. Il actualise le "rover" 10 fois par seconde avec des données obtenues du point de référence fixe. La fréquence d'actualisation élevée permet au "rover" de trouver une position exacte, à 5 cm près, même si le "rover" est en mouvement. En raison des conditions atmosphériques, la distance entre le point de référence fixe et le "rover" ne doit pas excéder 10 km pour obtenir la position la plus exacte possible. Ceci explique le fait que plusieurs points de référence fixes sont nécessaires sur chaque route en question.

5 Les procédures d'établissement d'un système opérationnel

A titre d'essai, l'Administration norvégienne des routes publiques a établi en 1997 un système à base GPS totalement opérationnel sur la Route 63 Geiranger - Oppland. Cette route, qui avait été fermée pour l'hiver, a été rouverte à notre satisfaction en 1998 à l'aide de ce système d'essai.

Les préparatifs d'utilisation d'un système de navigation GPS sur une grande échelle ont commencé en 1999. Après avoir acquis deux jeux de récepteurs GPS, les travaux ont commencé sur la route 55, la route nationale la plus haute de Norvège (située à une altitude de 1400 mètres au-dessus du niveau de la mer). Au milieu de l'été 1999, tous les points de référence fixes avaient été établis. Ces points de référence servent en premier lieu de base pour mesurer la route et ensuite pour manœuvrer l'engin chasse-neige sur la route. Les points de référence fixes sont sélectionnés aux endroits où il n'y a pas trop de neige, où la visibilité est bonne et où il existe un lien radio avec le point de référence sélectionné. Six points de référence ont été sélectionnés sur cette route particulière et une identification précise est effectuée par une mesure statique calculée en Euref 89, notre système de coordonnées avancé.

Le bord de la route est mesuré en utilisant le GPS attaché au rétroviseur de droite d'un camion. Les mesures sont effectuées à une vitesse de 30 km/h et le récepteur est programmé de manière à

obtenir un tracé de la route tous les 10 mètres. En plus des repères sur le côté de la route, les rambardes et les aires de stationnement sont également enregistrées. Le récepteur qui représente un point de référence fixe est déplacé conformément et réinstallé aux nouveaux points de référence fixes tout au long des mesures le long de la route. Les expériences montrent que la distance idéale entre les tracés devrait être de 5 mètres, surtout sur les routes avec des virages marqués.

Un programme d'édition cartographique informatisé est utilisé pour le traitement des coordonnées tracées et les données sont enregistrées sur un ordinateur de bureau. Le programme repose sur un système d'exploitation DOS qui sera plus tard converti en un programme Windows. Après le traitement des coordonnées, le système est prêt à l'usage.

6 Procédures d'installation de l'équipement sur l'engin chasse-neige

L'antenne du GPS est installée au centre de l'habitacle de l'engin chasse-neige et un ordinateur portable est relié à l'antenne. La réception des données de l'antenne GPS active la base de données cartographique. Les données traitées sont reconnues par le programme informatique, et la position de l'antenne est affichée sur la carte.

En raison de la mise à jour fréquente des données, il est maintenant possible de manœuvrer le chasse-neige uniquement par le biais de l'écran informatique. Il est possible de manœuvrer le chasse-neige à une précision de 5 cm par rapport au repère du bas-côté ou de la rambarde. Il est même possible de déterminer la distance par rapport à la surface de la route lorsque le chasse-neige travaille au-dessus d'une congère.

7 Expériences opérationnelles

Après deux saisons d'exploitation, le système semble fonctionner comme prévu. Au début, quelques ajustements techniques mineurs ont dû être apportés. Les procédures établies sont simples, ce qui permet aux opérateurs des engins chasse-neige d'installer l'équipement et de faire fonctionner le système sans avoir recours à une consultation externe.

Pendant le fonctionnement de l'engin chasse-neige, l'opérateur de l'équipement se sent en sécurité. Il connaît sa position exacte sur la route. Ceci est probablement le plus gros avantage conféré par l'utilisation de ce système. Quand il neige beaucoup, qu'il fait du vent et du brouillard, il est normalement difficile de manœuvrer les gros engins, même s'ils se trouvent uniquement à quelques mètres d'un piquet d'orientation. Maintenant, le travail peut se faire sans que le manque de visibilité n'entraîne d'interruptions. Depuis l'introduction du système GPS, les piquets d'orientation n'ont aucun rôle à jouer au moment de la réouverture des routes au printemps.

La question d'importance critique pour une bonne performance semble être la transmission radio entre les points de référence fixes et l'équipement chasse-neige. Si le lien radio est interrompu, ceci a un impact sur la précision de coordination du chasse-neige. Il est donc important d'installer des émetteurs radio puissants et robustes. Pour éviter que le chasse-neige ne fonctionne de manière inexacte, l'opérateur doit tenir compte des informations fournies par le lien radio.

Nous avons également appris qu'il est nécessaire d'avoir des équipements robustes et durables car l'environnement d'exploitation de l'équipement est caractérisé par le pétrole, la poussière et des températures très variables. Seule une petite partie de l'équipement disponible dans le commerce de nos jours peut surmonter les défis de son environnement opérationnel.

8 Dépenses d'exploitation et avantages économiques

Comme le système ne fonctionne que depuis un an sur quelques routes sélectionnées, nous n'avons pas encore pu dresser un tableau complet des dépenses d'exploitation et des avantages économiques.

Cependant, les dépenses d'achat initiales d'une unité de base, soit les modules GPS, les radios et l'ordinateur, sont évaluées à environ \$ 40 000. Nous pensons que les économies de coûts seront d'environ \$ 18 000 par an. La somme économisée résulte de la réduction des frais d'exploitation, de la diminution des détériorations aux installations routières, comme les rambardes et les pierres de bordure, et du nombre moins important de pannes au niveau des engins chasse-neige.

9 Utilisation de l'équipement GPS pour d'autres usages dans le secteur routier.

L'Administration norvégienne des routes publiques a aussi commencé à utiliser des équipements GPS dans le secteur de la construction routière. Cette utilisation repose sur les expériences accumulées dans le cadre de l'utilisation des systèmes GPS au moment de la réouverture des routes d'hiver, en utilisant la même procédure d'identification de points de référence fixes. Lorsque cette procédure est respectée, il est possible d'utiliser le GPS dans divers projets de construction routière.

Comme les éléments de construction routière, par exemple le déblayage de terre, la suppression des rochers, les fossés, les bas-côtés et le revêtement routier ont tous une surface clairement définie, il est possible d'importer différentes procédures de mesure sur divers engins de construction, comme les excavatrices et les compresseurs. La méthode GPS a été utilisée pour obtenir une largeur et un niveau exacts de la route en construction. Les possibilités sont nombreuses et nous n'en sommes qu'au tout début de l'utilisation du GPS en temps réel dans le secteur routier.

10 Carte indiquant les routes de haute montagne où le système GPS est utilisé.

