

Single frequency GPS monitoring of glacial displacements: the case of Grand Jorasses glacier

*Original*

Single frequency GPS monitoring of glacial displacements: the case of Grand Jorasses glacier / Roggero, Marco; Lucianaz, Claudio; Diotri, F.. - In: EPITOME. - ISSN 1972-1552. - STAMPA. - 4:(2011), pp. 265-266. (Intervento presentato al convegno Geoitalia 2011 tenutosi a Torino (IT) nel 19-23/9/2011).

*Availability:*

This version is available at: 11583/2440709 since:

*Publisher:*

Stella Arti Grafiche (stampatore)

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# Single frequency GPS monitoring of glacial displacements: the case of Grandes Jorasses glacier

Fabrizio DIOTRI(\*), Claudio LUCIANAZ(\*), Marco ROGGERO(\*\*)

(\*) Fondazione Montagna Sicura, Villa Cameron, Località Villard de la Palud 1, 11013 Courmayeur (AO)  
(fdiotri, clucianaz)@fondms.org

(\*\*) DINSE, Politecnico di Torino, Viale Mattioli 39, 10129 Torino - marco.roggero@polito.it

## Abstract

Since 2008 Fondazione Montagna sicura is in charge of the monitoring system of the Grandes Jorasses's serac. It is an unbalanced hanging glacier standing above Ferret Valley, a famous and highly populated area. The glacier is subject to periodic icefalls which (especially in winter) can trigger snow and ice avalanches. Thankfully the serac dynamic was studied in 1997-98 by prof. M Funk (ETH Zurich) revealing an exponential acceleration the days before the collapse. Forecasting the breakdown is then possible by tracking the ice mass velocity. The current monitoring system consists of stakes with prisms placed on the surface of the serac and an automatic total station (theodolite plus distantimeter) sited on the valley floor. The major drawback of this system is that fog or bad weather could impair its operation, thus causing loss of information about the serac movement. This paper presents an alternative monitoring system developed and tested during the 2010. The idea is to use single channel GNSS receivers installed on the serac, transmit data with a wireless network and gain high accuracy exploiting permanent GNSS stations and the DGPS technique. The system must be characterized by low cost (throwaway sensors due to the environment), high precision (mean velocity is about 5 cm/day) self recovery and stand-alone electric supply. The solution was to adopt the Magellan AC12, a professional GNSS receiver, and develop the needed electronics to log and transmit data. The electronic board is able to start and configure the GNSS receiver and to recover possible failures. During the normal operation the system is optimized to reduce current consumption logging data and minimizing the transmission time to only once every 30 minutes. The developed network is composed by three slave nodes (GNSS receiver plus PCB) one relay station(the final installation is 4 km away from the valley floor) and one receiving station. The communication protocol in this first release is a single direction custom implementation of the "Listen before Talk" principle. The slave nodes probe the channel and if no one is transmitting the communication start. The receiving station logs the data in RINEX format closing one hourly file for each GNSS station. The high accuracy is than obtained by means of differential computation using local permanent GNSS stations. The whole system was tested in august 2010 during one field campaign in Val Veny (Courmayeur, Italy). The slave nodes were installed on a stake with a prism on its top and then moved for some centimetres and the movement recorded with a total station. In post processing was possible to compare the GNSS log with the total station measurements and appreciate an accordance lower than one centimetre.

Nel gruppo del Monte Bianco numerose sono le situazioni di rischio glaciale. Una di queste, oggetto di un progetto pilota di monitoraggio gestito dall'Ufficio Ghiacciai e Permafrost di Fondazione Montagna Sicura (FMS), è il seracco delle Grandes Jorasses, una enorme massa di ghiaccio in continuo accrescimento e altamente instabile, posta tra i 4000 e i 4200 m di quota e alimentata dalla neve che si deposita sul versante sottovento dello spartiacque italo francese. Il seracco è controllato integrando tecniche di osservazione diverse, che vanno dal monitoraggio topografico classico, possibile grazie a prismi posizionati sul ghiacciaio, fino alla fotogrammetria da elicottero, che permette di ottenere da immagini oblique un modello tridimensionale del fronte glaciale con la tecnica del dense matching. Tutti questi dati confluiscono in un modello numerico di simulazione, gestito dal Prof. Martin Funk dell'ETH di Zurigo. Solo il GPS però è teoricamente in grado di fornire osservazioni con continuità in ogni stagione, anche di notte e in ogni condizione di visibilità. Per questo motivo è stata messa a punto una stazione GPS remota posizionata sul seracco a quota 4100 m. Nella progettazione di questa stazione, che può essere perduta in caso di crollo, abbiamo perseguito l'obiettivo di limitarne al massimo il costo, che nell'attuale prototipo è di circa 1000 EUR. Il ricevitore scelto è un Ashtech AC12 a singola frequenza; l'alimentazione è fotovoltaica con batteria tampone e le osservazioni grezze sono trasmesse via ponte radio wireless in formato NMEA ogni 30 secondi. Nei pressi delle Grandes Jorasses sono installate alla quota di 2350 m la stazione permanente del Ferrachet (FERR), anch'essa gestita da FMS e a quota 1670 m la stazione di Morgex (MRGE) gestita dall'INGV. I dati delle basi JORA-FERR (3.2 km) e JORA-MRGE (13.3 km) sono elaborati automaticamente a cadenza giornaliera con il software Bernese; le coordinate sono monitorate in automatico e il sistema è in grado di attivare degli allarmi in caso di spostamenti anomali della stazione.

La scelta di un ricevitore a singola frequenza non implica particolari problemi, essendo la stazione FERR a soli 3.2 km di distanza; tuttavia l'Ashtech AC12 è pur sempre un ricevitore a basso costo: il rumore delle osservazioni di codice e fase su L1 e l'effetto di multipath dovuto alla neve richiedono di essere mediati su finestre di osservazione ampie. Attualmente la procedura automatizzata di calcolo è gestita su base giornaliera, ma si prevede di ripetere il calcolo delle coordinate con frequenza superiore su sessioni di misura di 12 e 6 ore. Le ripetibilità giornaliere delle coordinate, valutate in una fase di test preliminare all'installazione sul seracco, sono dell'ordine del centimetro in planimetria e di 3 cm in quota. La stima dei parametri troposferici è particolarmente critica, dato che la rete è caratterizzata da elevati dislivelli su limitate lunghezze di base. Sono stimati ad intervalli di 12 ore i soli ritardi troposferici relativi; si è evitata una stima a maggiore frequenza, che conduce a sovra parametrizzare il sistema normale e non porta sostanziali benefici in termini di miglioramento delle ripetibilità giornaliere.

La stazione remota JORA è stata installata sul seracco ed ha iniziato ad acquisire il 21 luglio 2009. L'antenna GPS è montata su di un tubo Innocenti da 6 m, infisso verticalmente nel ghiaccio ad una profondità di 4 m. Sullo stesso tubo sono fissate l'antenna wireless, il pannello fotovoltaico e una cassetta stagna e coibentata che accoglie il ricevitore GPS e la batteria. La perforazione è stata

realizzata con sonda a vapore. Nella fase operativa di acquisizione le maggiori criticità si sono verificate nella trasmissione dei dati via wireless, probabilmente a causa della formazione di ghiaccio sull'antenna. Altro aspetto da tenere presente è l'effetto del vento sul palo, con conseguenti vibrazioni anche forti, in quanto il palo non è controventato. L'inclinazione del palo è controllata mensilmente per mezzo di misure topografiche, grazie a due bande catarifrangenti applicate sul palo, e le coordinate di JORA sono depurate dell'effetto dovuto a tale inclinazione.

Nel mese di agosto 2009 sono state determinate una velocità orizzontale di 30 mm/giorno in direzione SSW e verticale di -60 mm/giorno. Il piano di scorrimento del seracco ha un'inclinazione di circa 45°, per cui ci si potrebbe aspettare valori simili di velocità orizzontale e verticale. Il maggiore abbassamento deve invece essere attribuito alla fusione dovuta alle elevate temperature registrate nel mese di agosto. Ci attendiamo tuttavia un rallentamento già dal mese di settembre.

Un crollo importante è atteso dalla fronte del seracco e il sindaco di Courmayeur con un'ordinanza del 20 agosto ha vietato l'accesso al rifugio Boccalatte-Piolti e alle aree sottostanti il ghiacciaio Whimper.

I primi due mesi di attività della stazione JORA hanno mostrato che è possibile attuare soluzioni di basso costo per il monitoraggio GPS di movimenti macroscopici, dell'ordine dei decimetri/mese. Hanno mostrato anche che, nonostante i problemi dovuti alla trasmissione dei dati in tempo reale, è possibile ottenere risultati affidabili con procedure totalmente automatizzate e gestire quindi un sistema di allertamento.

## **Bibliografia**

- Aoudia A. K. e altri (2004), "Il progetto Alps GPS-QuakeNet", in *Atti della VIII Conferenza ASITA*, Roma.
- Baldo M., Cina A., Manzino A. M., Roggero M. (2002), "Utilizzo geodetico e in tempo reale di ricevitori GPS di basso costo", In *Atti della VI Conferenza Nazionale ASITA*, Perugia, pp. 273-278, Vol. 1.
- Benazzo E., Bendea H., Diotri F., Fosson J. P., Manzino A. M., Pesenti M., Re Fiorentin G., Roggero M., Troisi C., Vagliasindi M. (2005), "Realizzazione della rete geodetica GAIN in Piemonte e Valle d'Aosta", In *Atti della IX Conferenza ASITA*, Catania, pp. 309-314, Vol. 1.
- Thales Navigation (2005), *A12TM, B12 TM & AC12 TM, Reference manual*, Part Number: 630871, Revision D.