Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 131 (2005)
Heft: 23: Avalanches

Artikel: Mesure par altiméterie laser héliportée
Autor: Vallet, Julien
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-99434

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Julien Vallet

Mesure par **altimétrie laser** héliportée

Mesurer le bilan volumique et la distribution spatiale d'une avalanche est une des étapes clef dans le processus de validation des modèles d'écoulement. Pour ce faire, on détermine la différence de volume de neige entre ce qui est parti et ce qui a été déposé par l'avalanche. Les valeurs mesurées peuvent alors être comparées aux résultats du modèle testé.

Depuis 1997, différentes techniques de cartographies héliportées ont été développées et utilisées sur le site expérimental du SLF à la Vallée de la Sionne [1][1]. La photogrammétrie opérée depuis hélicoptère, technique usuelle de mesure de volume pour des surfaces de taille moyenne, fut d'abord choisie. De nombreuses expériences ont cependant montré les limites dans le cas spécifique des sites avalancheux. En effet, l'implantation et le maintient de signalisation au sol est délicat, tandis que le manque de contraste de la surface neigeuse pose parfois problème pour la phase restitution de cette dernière.

L'arrivée de nouvelles technologies - comme l'altimétrie laser ou le géoréférencement direct (GPS-IMU) - a permis de palier aux inconvénients de la photogrammétrie classique. C'est dans ce contexte qu'est né *Helimap System*™, un système de cartographie héliporté, portable à la main, combinant photogrammétrie, GPS-IMU et altimétrie laser. Le développement du sytème a été initié en 1998 dans les laboratoires de photogrammétrie et de topométrie de l'EPFL. En 2003, *UW+R SA* s'est joint au développement et à l'exploitation commerciale du système.

Principe de base

Un système de cartographie pour des sites avalancheux doit permettre d'obtenir une précision de mesure au sol constante de l'ordre de 10 à 20 cm dans du terrain montagneux. Avec les systèmes aéroportés classiques, les fortes pentes réduisent la précision : le fait de tenir le système à la main (fig. 1) offre la possibilité de s'adapter au terrain en tournant le système et de conserver une précision constante quelle que soit la pente. Le système évite en outre la signalisation au sol, est rapide à mettre en œuvre et ne dépend pas du type d'hélicoptère (événements sporadiques). La mesure est automatisée grâce à la présence du laser, qui supplante à la fastidieuse phase de restitution.

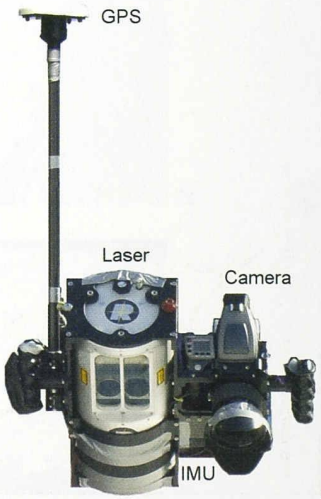
Le système comprend quatre unités de mesure (fig. 2) :

- une caméra numérique haute-résolution (22 Mpix) permettant d'acquérir des images de haute qualité,
- un scanner laser mesurant 10 000 pts/sec sur un angle de 60° et jusqu'à une distance de 400 m du sol,
- un GPS bi-fréquence L1/L2 positionnant le système lors du vol (GPS différentiel),
- une unité de mesure inertielle (IMU) mesurant les angles d'orientation du système en vol.

Ces quatre unités sont assemblées *via* une structure rigide et légère conférant à l'ensemble portabilité, maniabilité et modularité.

La détermination des volumes en zone de déclenchement et en zone de dépôt s'effectue par différentiation de surface. La surface de la neige est mesurée avant et après l'avalanche (fig. 3). Le laser fournit un nuage de points (env. 2pts/m^2) modélisant la surface, tandis que l'image permet de réaliser

1



2

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article

Fig. 1 : Opération depuis l'hélicoptère

Fig. 2 : Composition du système

Fig. 3 : Relief ombré de la surface issue des points laser, avant (a) et après (b) l'avalanche

Fig. 4 : Carte des hauteurs

(Tous les documents illustrant cet article ont été fournis par l'auteur)

des orthophotos pour identifier l'étendue de l'avalanche. La différence entre les deux surfaces pour chaque zone fournit le bilan volumique. Les images sont aussi utilisées pour de la restitution complémentaire (lignes de rupture).

Résultats et enseignements

Le laser n'a été utilisé pour les mesures à la Vallée de la Sionne que durant l'hiver 2004/2005. Jusque là, les résultats étaient obtenus par photogrammétrie. Une avalanche de moyenne ampleur a été déclenchée le 17 février 2005 : son volume n'a été mesuré que dans la zone de départ, l'avalanche n'ayant pas atteint la zone de dépôt (fig. 3). Le jour suivant, la performance du système (photogrammétrique et laser) a été également évaluée à Sion sur une zone équipée de points de contrôle. D'autres tests avec le laser ont également été menés durant l'été 2004.

La comparaison des surfaces entre les deux passages (avant et après) permet de contrôler d'éventuelles erreurs systématiques entre les surfaces (critique pour la mesure de volume) : ces erreurs sont restées inférieures à 8 cm. Le bruit des mesure laser est également du même ordre (env. 5 cm).

L'évaluation de la précision absolue s'est faite par comparaison avec les points de contrôle, ainsi qu'avec des points mesurés par photogrammétrie (Sion). La précision absolue de mesure à la surface est de l'ordre de 10-15 cm à une distance de vol d'environ 300 m, une précision similaire à celle obtenue par photogrammétrie dans les zones de meilleur contraste [2, 3].

L'intégration du laser sur *Helimap System*™ a donc permis de combler les lacunes de la version photogrammétrique précédente : restitution difficile sur la neige, temps de production, signalisation du site. Le laser permet une mesure du volume légèrement plus précise, mais surtout plus homogène et plus rapide. Il est dès lors concevable de pouvoir mesurer l'intégralité du couloir, y compris la zone d'écoulement - jusqu'alors délaissée -, ce qui devrait permettre d'affiner le bilan volumique en déterminant le volume entraîné lors de l'écoulement.

A noter enfin que ce système ne se borne pas uniquement aux mesures sur neige. Il peut être utilisé pour tout travail de cartographie de haute précision sur des petites surfaces (<800 ha) : risques naturels, glaciologie, hydrologie, aménagement du territoire, corridors (route, voies ferrées, rivières), foresterie... De nombreuses applications ont déjà été réalisées avec succès.

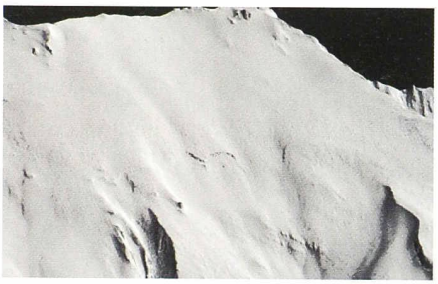
Julien Vallet, dr sc. tech., ing. dipl. en génie rural EPF
Ulrich, Wiesmann + Rolle SA
EPFL-PSE-A, CH - 1015 Ecublens

Bibliographie

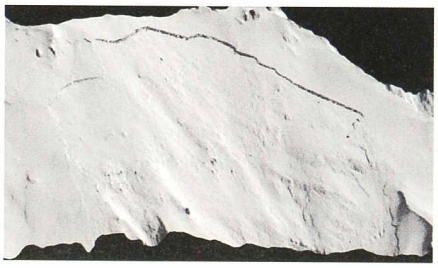
[1] J. Vallet : « Saisie de la couverture neigeuse des sites avalancheux par des techniques aéroportées », Thèse EPFL n°2610/2002

[2] J. Vallet et U. Gruber : « Avalanche mass balance measurements at Vallée de la Sionne », *Annals of glaciology*, Vol. 32/2000, International Glaciology Society

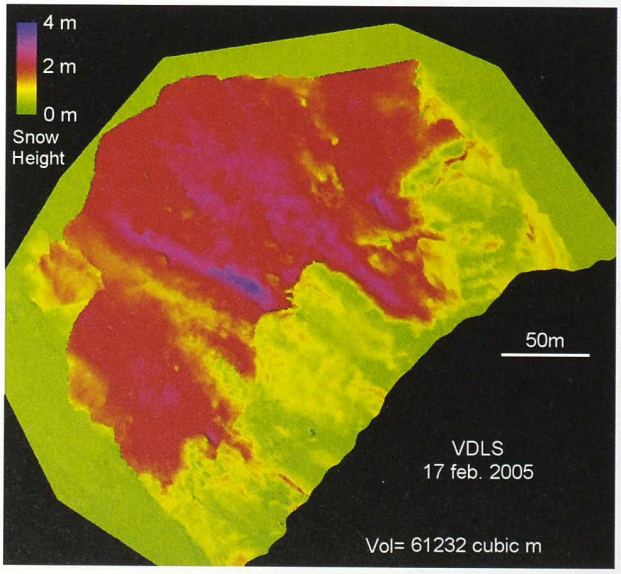
[3] J. Skaloud, J. Vallet, K. Keller, G. Veyssiere et O. Koelbl : « HELIMAP: Rapid Large Scale Mapping Using Handheld » LiDAR/CCD/GPS/INS Sensors on Helicopters, *Proceedings of the ION GNSS 2005 Meeting*, Long Beach, USA, 13-16 September 2005



3a



3b



4