

# NEIGE ET AVALANCHES



N° 103 - Septembre 2003

**Hors-piste aux États-Unis**

**Localisation des victimes ensevelies :  
les pistes étudiées mais abandonnées**

TRIMESTRIEL - PRIX 6,50 € - ISSN 1247-5327

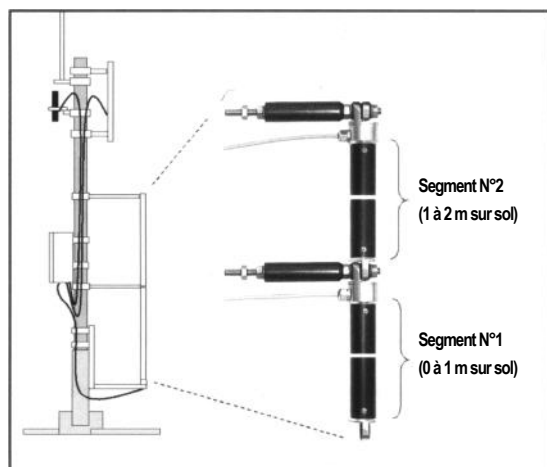
ASSOCIATION NATIONALE POUR L'ÉTUDE DE LA NEIGE ET DES AVALANCHES

## Dix ans d'expérience de mesure du transport de la neige par le vent avec le FlowCapt<sup>1</sup>.

Depuis 1994, une trentaine de stations FlowCapt ont été installées sur différents sites, sous des configurations multiples. Ces années ont été riches d'enseignements et d'évolutions. Cet article dresse un bilan de l'intérêt concret du capteur et des difficultés rencontrées sur le terrain, de la recherche des emplacements à l'utilisation et à l'exploitation quotidienne des données.

par Vincent CHRITIN et Eric VAN LANCKER  
(IAV Engineering, Lausanne),  
Hansueli GUBLER (AlpuG, Davos),  
Fabrice MEYER (Sécurité Crans-Montana)

# En amont des plaques à vent



▲ Figure 1. Station FlowCapt.

### Sur l'information fournie par le capteur

L'utilisation du capteur (fig. 1) soulève d'emblée deux questions :

- Quelle information fournit le capteur ?
- Comment l'interpréter et l'utiliser au quotidien ?

À la première question, on peut répondre que le capteur est conçu pour fournir périodiquement un index du flux de neige transportée par le vent, à savoir la masse des particules de neige transportées par unité de surface et par unité de temps. Plus précisément :

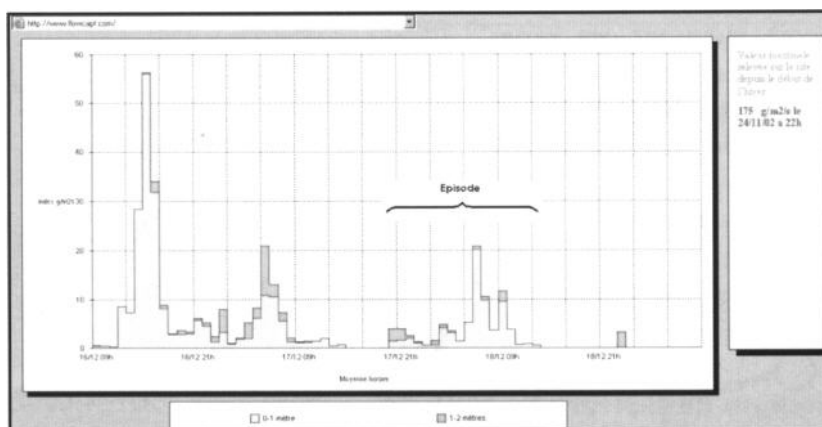
- cet index se limite à la partie de transport interceptée par la surface extérieure du tube émergeant du manteau neigeux ;
- une valeur est fournie par défaut toutes les 30 minutes (moyenne des mesures brutes effectuées chaque minute).

La terminologie « index » traduit la difficulté, voire l'impossibilité, de caractériser de manière quantitative ou absolue le phénomène du transport de neige par le vent. En effet, celui-ci sous-tend entre autres plusieurs échelles de tailles des particules (typiquement de quelques dizaines de  $\mu\text{m}$  pour les neiges de reprise les plus fines à plusieurs mm pour les neiges de précipitation), de formes (particules sphériques, anguleuses ou flocons), de vitesses des particules (de quelques m/s à plusieurs dizaines de m/s), de type de choc (élastique ou mou), et des phénoménologies sous-jacentes telles que les caractéristiques de la saltation ou de la diffusion, qu'il serait illusoire de vouloir traduire de manière absolue par un seul chiffre. Pour contourner le casse-tête des définitions précédentes, au bénéfice d'une interprétation pratique, on peut se contenter de considérer que le capteur fournit une indication directe de la durée (étendue de la courbe en



abscisse) et de l'intensité (surface sous l'escalier) d'un épisode de transport de neige par le vent (fig. 2).

La forme « en escalier » de la courbe traduit le moyennage des données sur 30 minutes. Afin de situer l'ordre de grandeur de l'épisode en cours par rapports aux épisodes majeurs antérieurs sur le site, est rappelé à l'utilisateur, en marge du graphique, l'index de transport le plus important de l'hiver en cours et éventuellement des années précédentes.

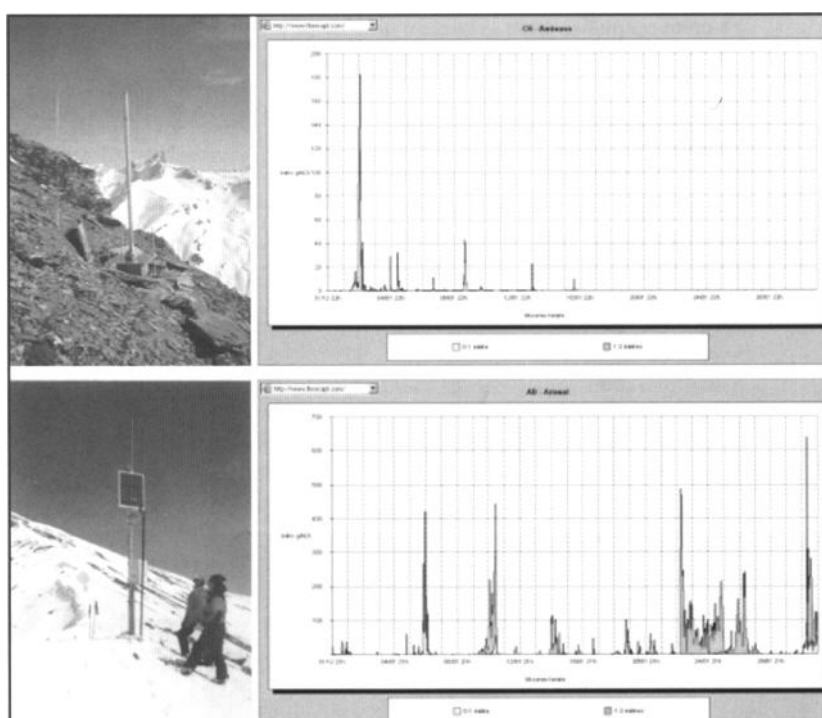


▲ Figure 2. Extrait de données FlowCapt.

## Interprétation des données fournies par le capteur

En ce qui concerne la durée des épisodes, l'information fournie est très précise, dans la mesure où le capteur possède un bruit de fond propre extrêmement faible (inférieur à  $0,01 \text{ g/m}^2/\text{s}$ ), et n'est pratiquement excitable par aucun autre phénomène naturel ou bruit perturbateur externe. Ainsi, dès que la courbe indique une série de valeurs non nulles, on est sûr qu'un transport de neige est en cours. Typiquement, on observe des durées de transport variant de quelques heures à plusieurs jours, sachant que cette durée est conditionnée d'une part, dans le cas des neiges de reprise, par l'érodabilité du manteau neigeux et les vitesses de vent, et d'autre part, dans le cas des précipitations ventées, par la durée des chutes de neige.

Pour connaître l'intensité d'un épisode sur un site donné, on doit se représenter la surface située sous la courbe pendant toute la durée de l'épisode. Cette indication est meilleure que la seule interprétation des pics maximum de la courbe, qui ne renseignent que sur une faible durée (30 minutes) eu égard aux durées nécessaires pour faire évoluer significativement une situation (plusieurs heures voire plusieurs jours). Malheureusement, il n'est pas possible de déterminer un critère de seuil ou même des classes de valeurs globales auxquels correspondraient



▲ Figure 3. Extrait de données à Aminona et à Arinsal en janvier 2003.

typiquement tel ou tel volume de dépôt. En effet, d'une part le volume des dépôts dans une zone particulière dépend fortement des conditions locales de relief et de vent, et d'autre part, les dynamiques de transport mesurées sur dix sites varient de manière très importante selon le site considéré :

- par exemple, à Aminona (CH), où le capteur est situé au sol le long d'un couloir orienté Sud, avec un bassin de reprise latéral en forte déclivité, l'index de transport se

limite à quelques dizaines de  $\text{g/m}^2/\text{s}$  pour les épisodes de transport les plus importants (fig. 3) ;

- à l'autre extrême, à Arinsal (Andorre) ou à La Para (Alpes Vaudoises en Suisse) par exemple, où les capteurs sont situés sur des crêtes jouxtant un bassin de reprise étendu, on relève des index de transport jusqu'à 10 voire 20 fois supérieurs.

### Notes

1. Article adapté de la publication TRACE 2003.

Les facteurs induisant ces variations importantes sont les suivants :

◆ **Type de transport :**

- neige de précipitation ou de reprise,
- saltation ou diffusion,
- densité de flux,
- taille et forme des particules,
- type de choc.

◆ **Emplacement du capteur :**

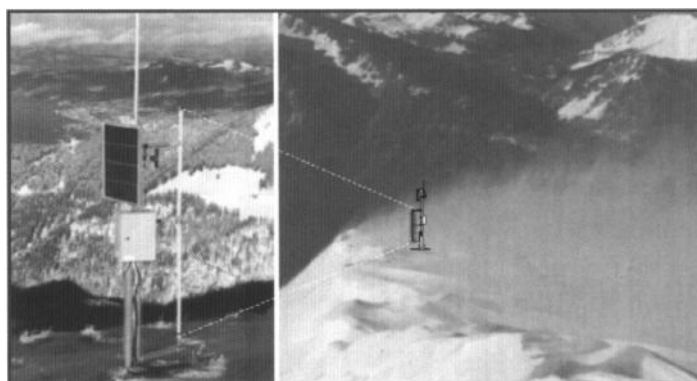
- exposition au vent,
- turbulence locale,
- angle d'incidence du flux,
- ensevelissement partiel,
- crête ou plans,
- distance à la zone d'érosion

À ce sujet, on note également que, contrairement à la vision « théorique » du transport par saltation, qui exprime que sous un régime laminaire, cette couche comprend environ 90 % des flux massiques, et est confinée sur une épaisseur de l'ordre de quelques dizaines de centimètres au-dessus du manteau, la configuration locale du terrain, qui évolue d'ailleurs durant tout l'hiver, peut très bien par turbulence ou effets locaux conduire à un étalement du flux sur une hauteur nettement plus importante (fig. 4).

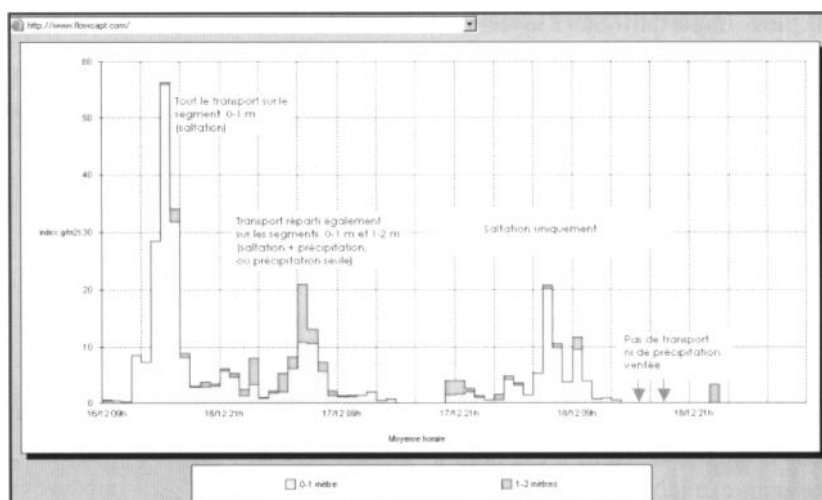
Ces phénomènes, ou encore le fait de l'ensevelissement partiel ou total d'un segment de mesure, ou la présence d'une précipitation ventée, peuvent être distingués avec un peu d'expérience, comme en témoigne l'analyse suivante des épisodes de la figure 5.

Pour peu que la donnée soit consultée assez régulièrement, ce genre d'analyse devient automatique. Petit à petit, on peut rapidement se faire une idée de la situation à l'emplacement du capteur. On peut éventuellement extrapoler la situation pour d'autres secteurs du site grâce à des indications supplémentaires, telles qu'un relevé de la direction du vent ou la connaissance des régimes de vent caractéristiques du site.

Plus généralement en matière de prévision locale des avalanches, on réalise tout l'intérêt d'un couplage



▲ Figure 4. Station FlowCapt de Leysin sous régime de vent du Sud.



▲ Figure 5. Exemple d'interprétation du type de transport à partir de la donnée FlowCapt.

automatique du système avec un outil comme Nivolog qui permet d'utiliser pleinement les données, en prenant en compte tous les autres facteurs nécessaires à l'estimation du risque.

### Choix de l'emplacement et positionnement du capteur

Les critères de base pour le positionnement du capteur sont les suivants :

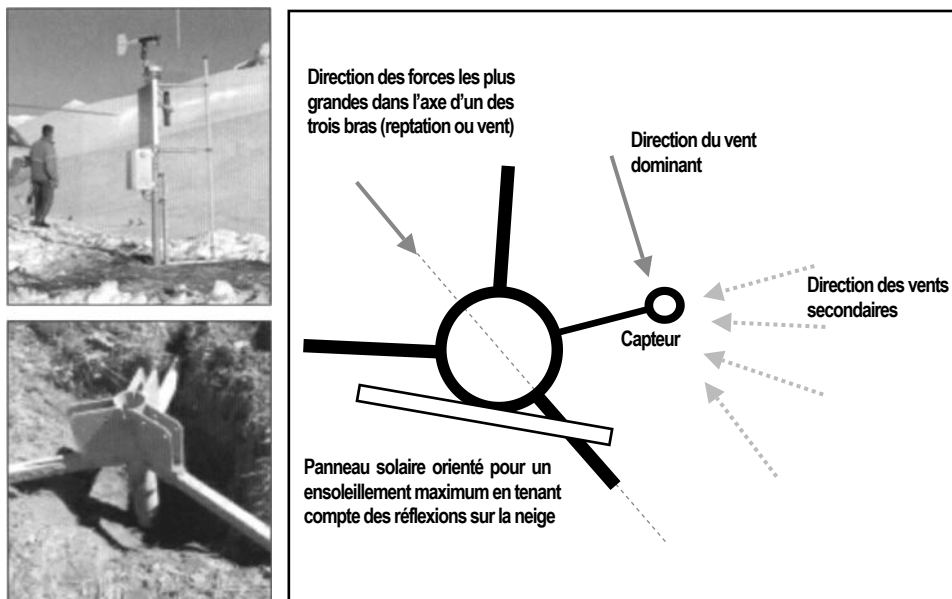
- représentativité de l'emplacement par rapport à la zone étudiée,
- emplacement sur une zone exposée aux vents dominants, entre la zone de reprise et la zone de dépôt,
- nécessité d'un bon ensoleillement pour le fonctionnement du panneau solaire,
- couverture par un réseau GSM ou trajets radios directs vers le local de réception,
- possibilités d'accès été/hiver.

Pour faciliter le choix de l'emplacement, on privilégie le montage du capteur sur un système de mât enfichable assorti d'un ancrage original. Cet ancrage permet de fixer le mât aussi bien sur sol meuble que sur rocher. D'une part cela ne nécessite pas la réalisation d'un socle en béton, et d'autre part cela permet si nécessaire de déplacer facilement (à la main) la station de quelques mètres pour affiner l'emplacement.

Une fois l'emplacement choisi, le capteur peut être positionné en respectant dans la mesure du possible les indications selon la figure 6.

Lorsqu'il ne sera pas possible de trouver un emplacement excluant le risque que le capteur soit enseveli, le capteur pourra être monté d'une manière différente : dans un cas de la région des Diablerets (CH), où des corniches importantes peuvent se former exceptionnellement sous

un régime prolongé inhabituel de vent, le capteur a été placé respectivement sous un toit-buse (site du glacier), ou en doublant la hauteur de mesure standard en la portant à quatre segments de mesure de 1 m sur un mât plus conséquent (site de La Para). Dans les deux situations, les stations ont été placées à proximité immédiate (3-4 m) de la cassure délimitant le bassin de neige de reprise du versant dominant la route du Col du Pillon. Le montage particulier dans un toit-buse pour lequel le capteur se trouve confiné dans une structure qui modifie localement les conditions de transport doit être pris en compte dans l'exploitation des données.



▲ Figure 6. Critères d'implantation.

### Pour résumer l'intérêt et les conditions d'une bonne utilisation quotidienne du capteur

L'intérêt principal du capteur est de fournir :

- un index quantitatif du transport de neige...
- ... en un point de référence pour un site...
- ... 24h/24 et par une mesure directe.

Ces données sont évidemment utiles dans les régions où se produisent des transports importants de neige par le vent, étant donnée l'augmentation du danger d'avalanche qui peut en résulter. Cette information est également utile hors régions montagneuses, pour la gestion de routes dans les plaines de grandes étendues (application qui est d'ailleurs historiquement à l'origine des premiers développements de sondes de mesure du transport de la neige par le vent).

Pour permettre une utilisation efficace, c'est-à-dire être capable progressivement d'intégrer cette donnée à la pratique quotidienne et aux outils de prévision ou de déclenchement d'avalanches, il est indispensable :

- de bien choisir l'emplacement du capteur (au besoin d'affiner sa position au cours des premières années) et de connaître les limites de représentativité de l'emplacement pour les zones voisines ;
- de s'accorder un apprentissage de plusieurs hivers pour déterminer l'influence des caractéristiques locales du site sur les mesures. ■

