



Chutes de Blocs  
Risques Rocheux  
Ouvrages de Protection

INRAE



# ***Ouvrages de protection instrumentés pour caractériser les aléas***

***S. LAMBERT, INRAE-IGE***

***stephane.lambert@inrae.fr***



Chutes de Blocs  
Risques Rocheux  
Ouvrages de Protection

# *Objet et contenu de la présentation*

**Ouvrages de protection contre les aléas gravitaires de montagne, instrumentés, sur site et exposés à évènements réels (ni inondations, ni glissements de terrain)**

## **Instrumentation caractérisant l'aléa de façon plus ou moins directe**

- Dispositif d'alerte: occurrence de l'aléa
- Mesures caractérisant l'aléa
- Chargement sur l'ouvrage
- Réponse de l'ouvrage

## **Contexte opérationnel**

- Solutions récentes

## **Contexte recherche**

- Pratique courante depuis des décennies

# Contexte opérationnel

**Dispositifs installés sur filets (pare-blocs, pare-lave, paravalanche)**

**Information 'évènementielle':**

**Activation d'alarmes**

**Gestion du patrimoine (inspections déclenchées ou évitées)**

**Indication du niveau de sollicitation par l'aléa**

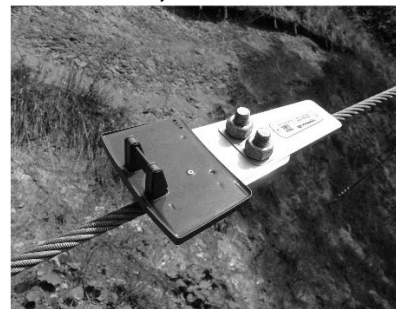
## ***HelloMac (Maccafferi)***

- Détection de déformation/déplacements



## ***Guard (Geobrugg)***

- Sollicitation sur l'ouvrage: accélération, tension dans les câbles, corrosion





Chutes de Blocs  
Risques Rocheux  
Ouvrages de Protection

# *Contexte recherche*

## **Illustration d'applications, de possibilités et du potentiel**

- Ouvrage paravalanche: Claie + Tas freineur
- Barrage souple et lave torrentielle
- Mur pare-blocs

**Porté à connaissance des possibilités, à travers l'expérience d'IGE-INRAE**



# Tas freineur d'avalanche

## Taconnaz : Un site et un dispositif paravalanche exceptionnels

- Contenance: de l'ordre du million de m<sup>3</sup>
- Avalanche freinée et étalée par des tas freineurs (7,5 m de haut) puis contenue par digues latérale et frontale (25 m de haut)

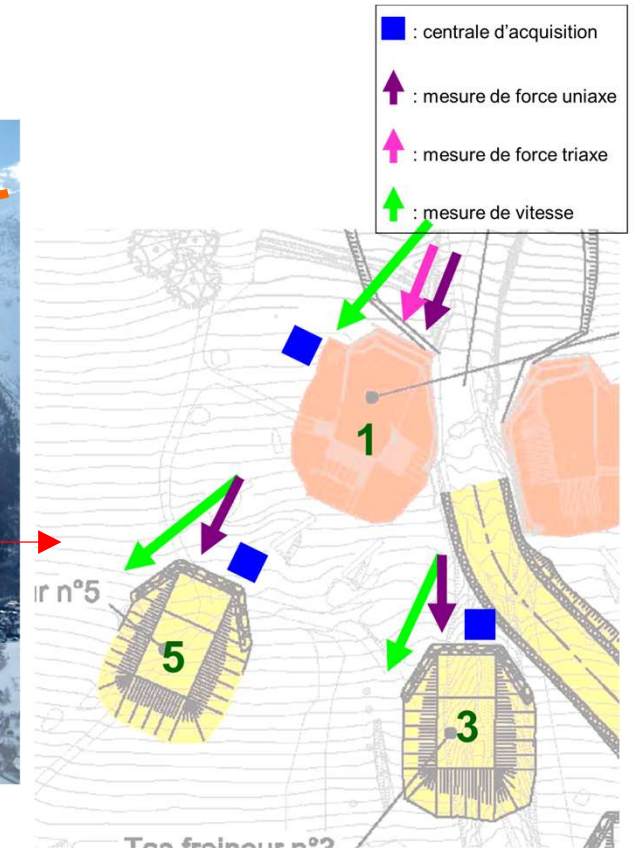
## Motivations pour l'instrumentation

- Mesure de la vitesse de l'avalanche
- Mesure de la pression engendrée sur les tas, à l'entrée du dispositif
- Les modèles et le dimensionnement sont-ils bons ?

## Dispositifs originaux 'exploratoires'

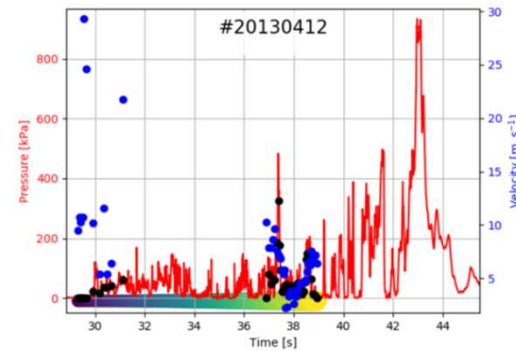
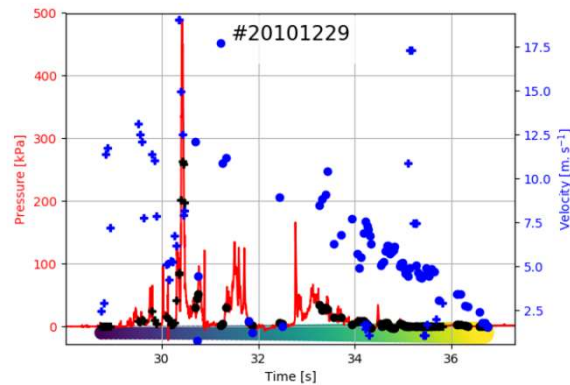


75 avalanches en 100 ans



# Tas freineur d'avalanche

## 3 avalanches (2010-2017)



## (Quelques) Conclusions

- Mesure automatique sur site avalanche hors norme, avec fortes contraintes, possible
- Valeurs maximales de pression de l'ordre de 1000 kPa (100 T/m<sup>2</sup>)
  - cohérent avec les valeurs considérées pour le dimensionnement de ces ouvrages
- Même à vitesse faible, l'avalanche peut exercer des pressions significatives sur l'ouvrage

# Claie paravalanche

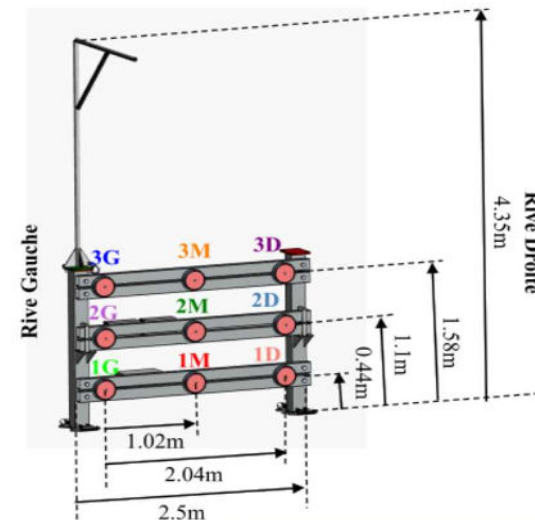
## Trois sites (09, 38 et 73)

### Mesures:

- distribution spatiale de la pression sur les éléments de structure
- hauteur de neige + température

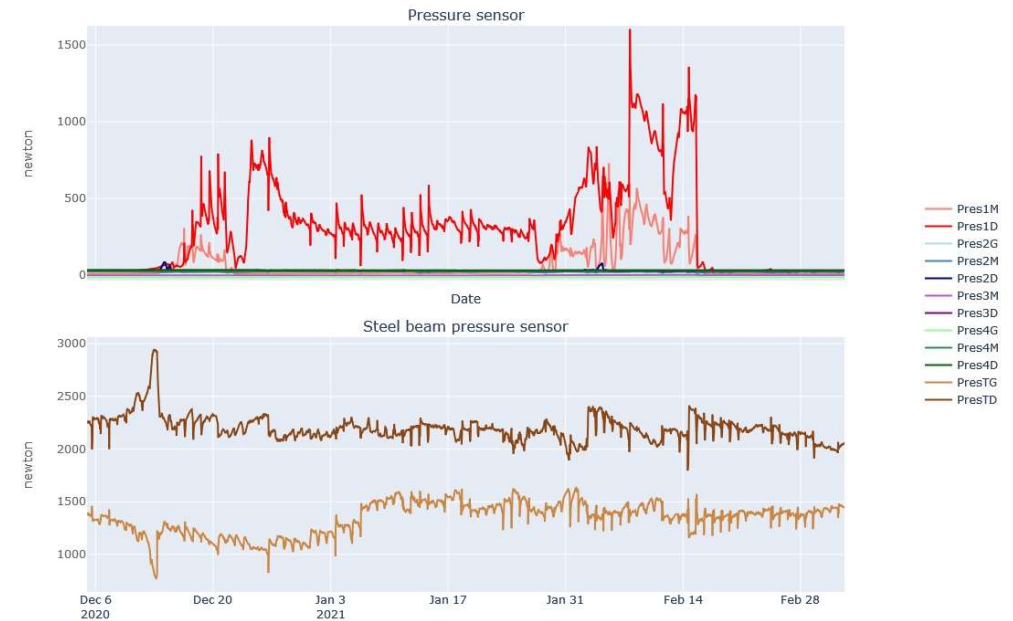
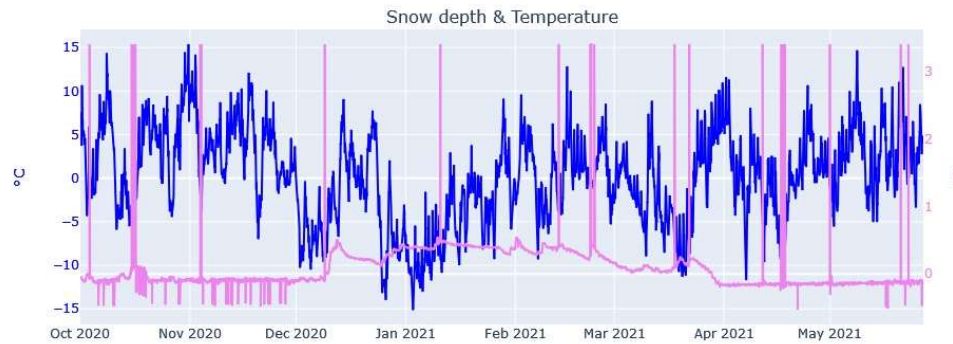
### Avec pour objectifs de

- Caractériser l'évolution temporelle du manteau neigeux
- Mesurer dans le temps et l'espace le chargement par le manteau neigeux en reptation
- Peut également informer en temps réel sur le niveau de sollicitation



# Claie paravalanche

## Premières mesures



## Perspectives

- Confronter ces mesures aux modèles analytiques utilisés en ingénierie (« pré-réchauffement climatique »)
- Développer un modèle numérique



# Barrage souple et lave torrentielle

## Barrage souple de 6 m de haut

### Instrumentation :

- Pluviomètre
- Géophones
- Force dans les câbles
- Caméras et appareil photo

### Avec pour objectif de caractériser

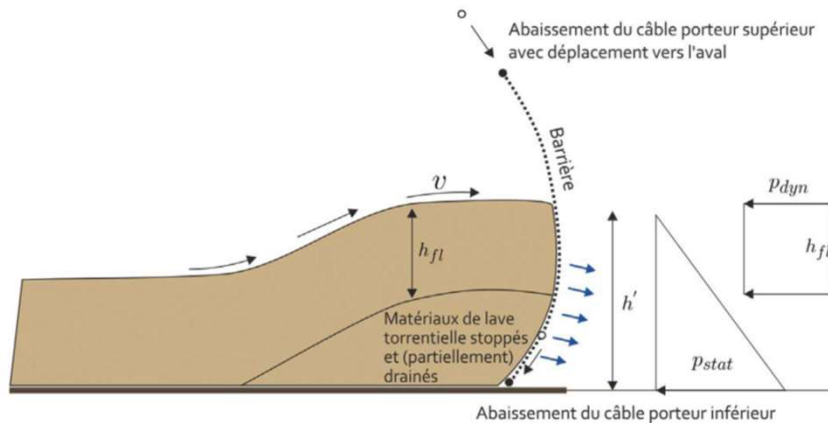
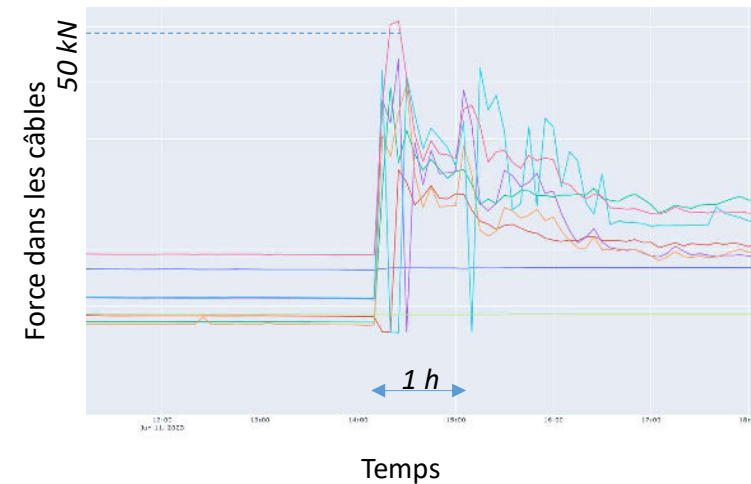
- l'écoulement (vitesse, épaisseur, taille des blocs), en fonction des précipitations et caractéristiques du BV
- le chargement sur l'ouvrage



# Barrage souple et lave torrentielle

## Quelques résultats

- Intensité max. à 5 min: 35 mm/h
- Hauteur d'écoulement maximale: 1,5 m
- Vitesse d'écoulement: 8 m/s
- Force maximale dans les câbles: 50 kN



## Perspectives à moyen terme

- Analyse des données décrivant l'écoulement, et mise en relation avec le bassin versant et la pluviométrie
- Confrontation avec les modèles de chargement de l'ouvrage pour ce type d'aléa

# Mur pare-blocs

## Technologie considérée

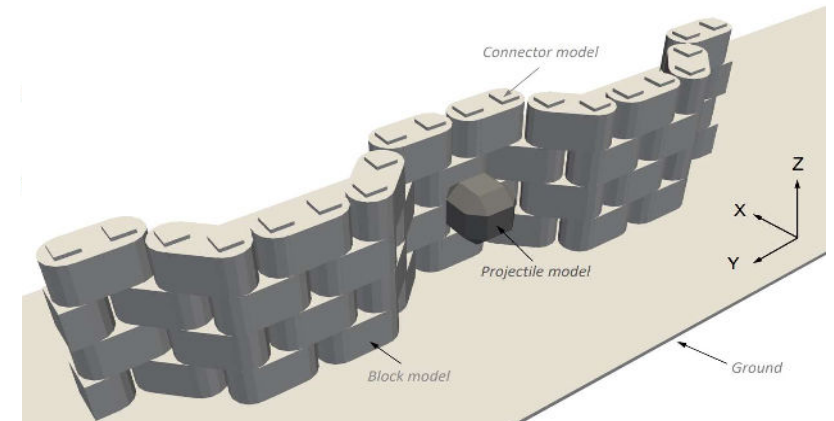
- Mur constitué d'un empilement de blocs reliés entre eux par des éléments métalliques ( Bloc Armé©, Géolithe)
- Développement en cours d'une instrumentation dédiée, pour utilisation en contexte opérationnel

## Impacts sur ouvrage grandeur réelle => Modèle numérique

## Utilisations possibles des mesures faites durant ou après un impact ?

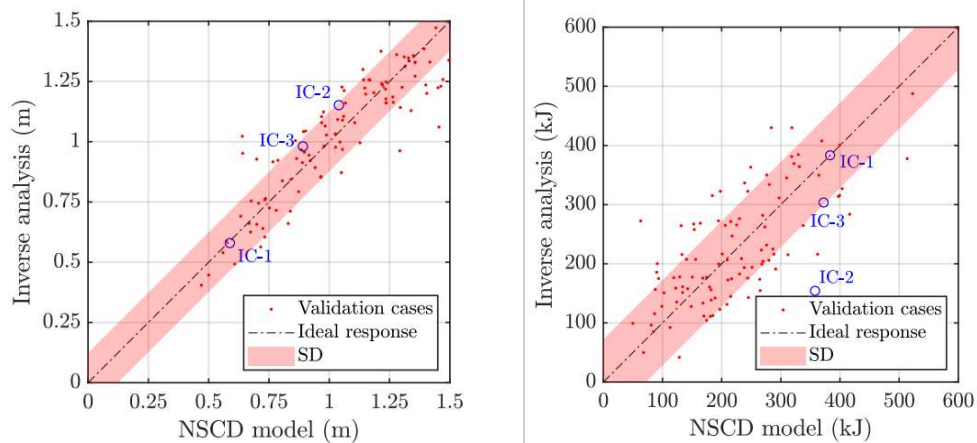
### Par analyse inverse :

- retrouver des grandeurs caractérisant l'aléa
- estimer à distance l'état post-impact de l'ouvrage



# Mur pare-blocs

**Exemples:** Estimation à distance et en urgence du déplacement maximal et de l'endommagement de l'ouvrage (gauche et droite resp.) à partir de mesures lors de l'impact de l'ouvrage sur site réel



⇒ Analyse inverse relativement fiable pour obtenir très rapidement des informations d'intérêt opérationnel à partir de mesures faites lors d'un impact.

**L'énergie d'impact peut être évaluée de la même manière.**

**L'analyse inverse peut également s'appuyer sur des mesures faites après impact.**



Chutes de Blocs  
Risques Rocheux  
Ouvrages de Protection

# Conclusions

**L'instrumentation d'ouvrages de protection peut apporter des réponses à différentes questions opérationnelles et scientifiques relatives à l'aléa et à son interaction avec les ouvrages**

## **Finalités possibles:**

- Occurrence de l'évènement
- Mesures relatives à l'aléa (vitesse...)
- Sollicitation de l'aléa sur l'obstacle
- Caractéristiques de l'aléa, par analyse inverse

## **Avec toutefois certaines contraintes:**

- Autonomie énergétique
- Difficulté d'accès (voire impossibilité)
- Environnement fortement sollicitant
- Coût significatif si nombreux points de mesure



Chutes de Blocs  
Risques Rocheux  
Ouvrages de Protection

## ***C2ROP2 : pour vous et ... par vous !***

Faites nous part de vous retour d'expérience sur :

- L'occurrence et les conséquences d'impacts par blocs rocheux sur merlons
- L'occurrence et les conséquences du chargement en pied des filets pare-blocs (accumulation/dépôt de neige ou petits éboulis)



Chutes de Blocs  
Risques Rocheux  
Ouvrages de Protection

***Merci pour votre attention***

