



# Incidence de la température et pression sur les mesures de longues distances en auscultation

6 juillet 2021

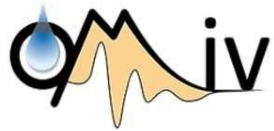
C. FONTAINE

G. FERHAT

# SOMMAIRE

- Mesures EDM en auscultation de glissement en zone montagneuse
  - Effet de la réfraction atmosphérique sur les mesures EDM
  - Méthodes existantes pour calculer la réfraction d'un EDM
- 1 – La difficulté d'auscultation d'un glissement en montagne
- 2 – Cas d'étude : glissement de La Valette, Alpes Françaises
- 3 – Conclusion/Perspectives/ Propositions futures

# L'Observatoire Nationale Français de glissement



OMIV : "Observatoire Multidisciplinaire des Instabilités de Versants"

-> combinaison de plusieurs techniques de surveillance pour une meilleure compréhension des processus de glissement de terrain

traitement validation, diffusion

omiv

4 sites

3 observables

Focus sur les mesures EDM sur réflecteurs & corrections atmosphériques

## MONITORING TECHNIQUES

### REMOTE SENSING

- passive optical sensors (camera)
- active optical sensors (LIDAR)
- active micro-wave sensors (SAR)

### GEODESY

- GNSS
- extensometry
- tacheometry
- In: borehole inclinometry

### SEISMOLOGY

- MS: Micro-seismicity
- AN: ambient noise

### HYDROLOGY

- water height and pressure, piezometer (Pi)
- water conductivity
- Wn: soil water content
- hydro(geo)chemistry

### METEOROLOGY

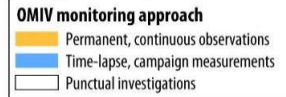
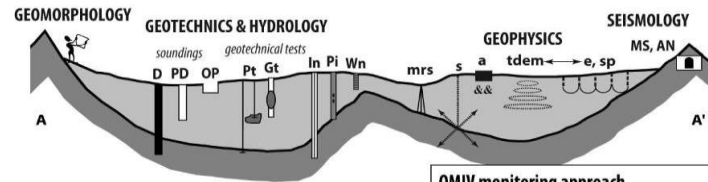
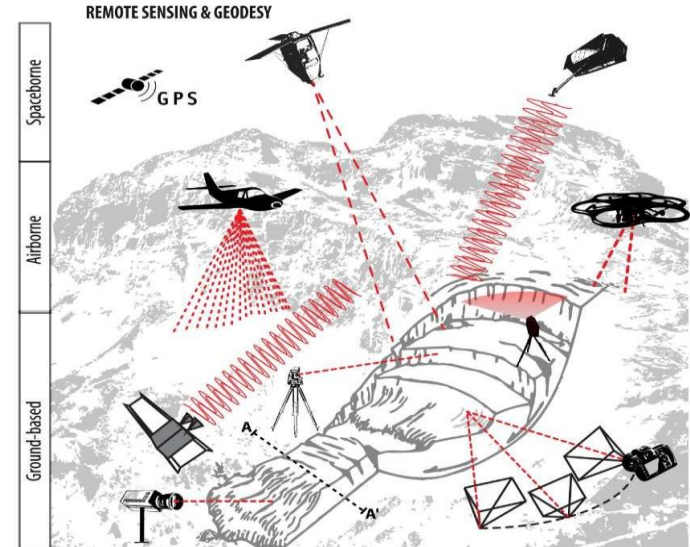
- rain, air temperature
- snow depth

### NEAR-SURFACE GEOPHYSICS

- s: seismic tomography
- e: resistivity tomography
- sp: self-potential
- tdem: electro-magnetic sounding
- mrs: magnetic resonance sounding

### GEOTECHNICS

- D: core drilling, percussion drilling
- PD: portable hand-tool drilling
- OP: open pit and trench, sampling
- Pt: dynamic, static, cone penetration test
- Gt: dilatation test, vane shear test

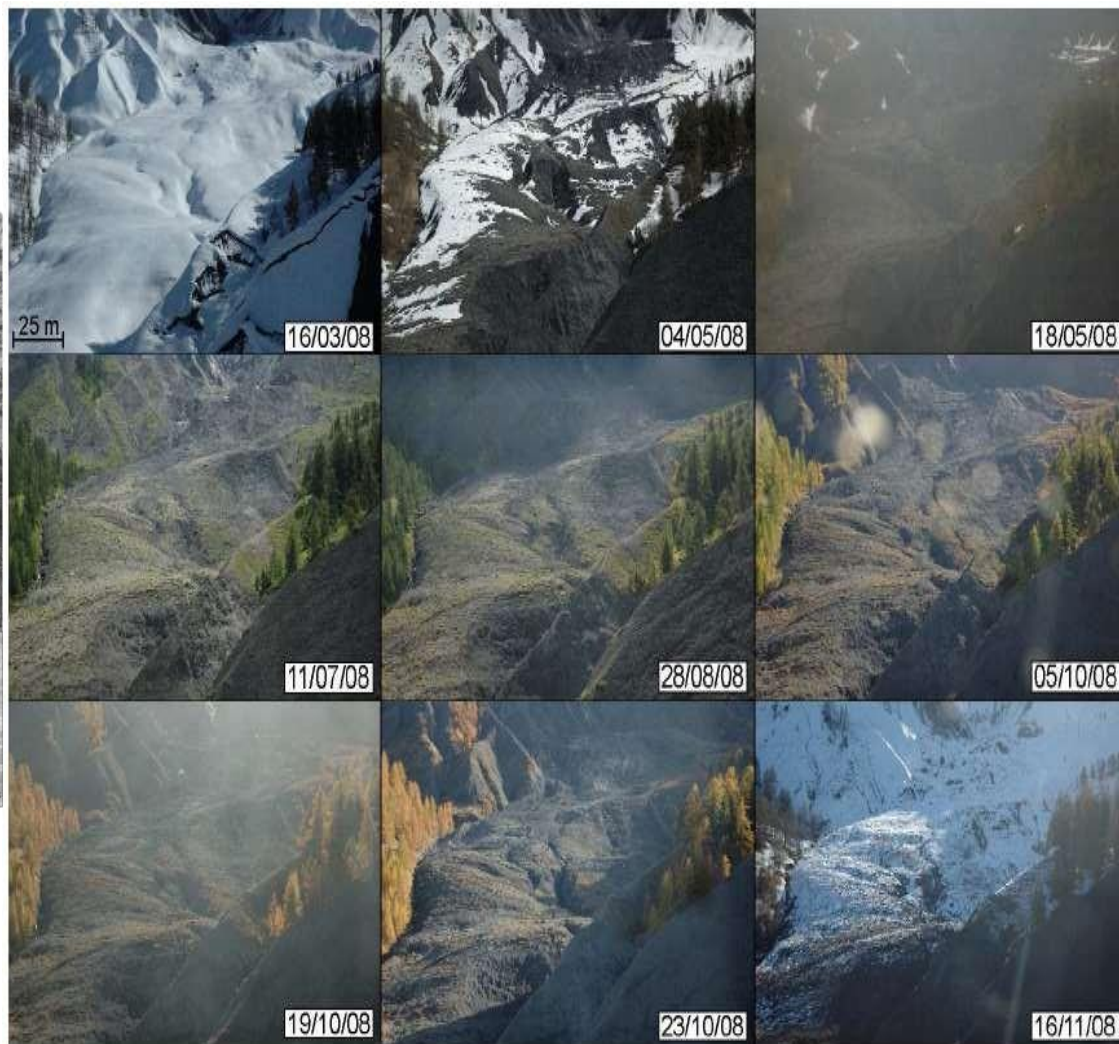
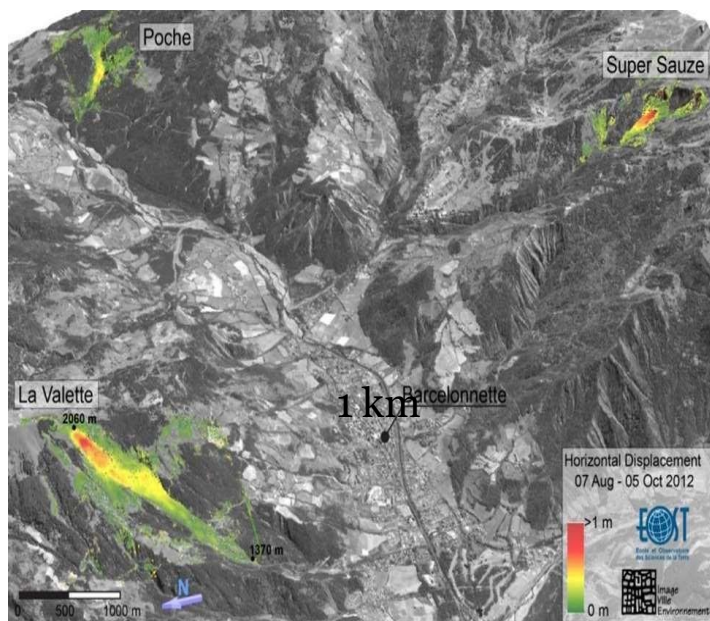


<http://www.ano-omiv.cnrs.fr/>

# Observations en milieu montagneux

Associées à des conditions climatiques difficiles et variées

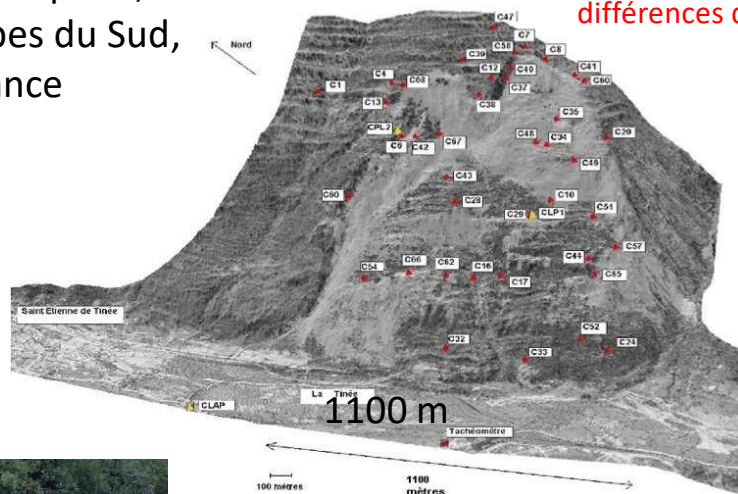
## Glissement de terrain de Super-Sauze





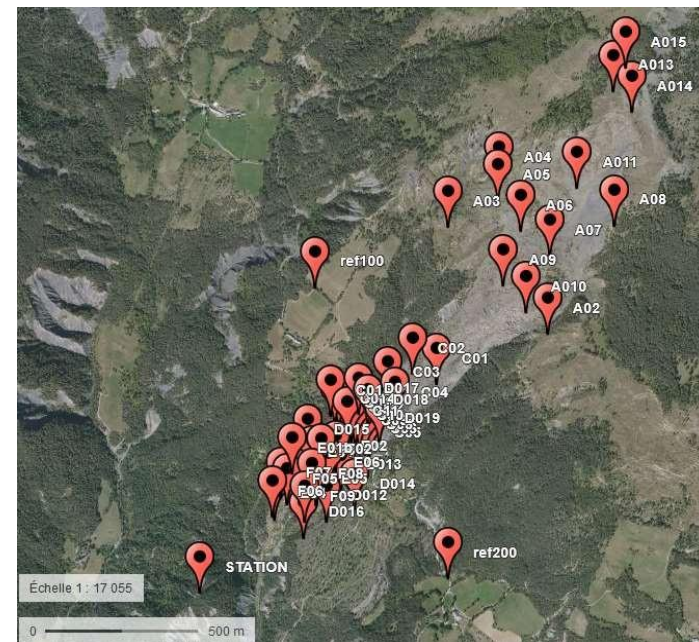
# Mesures EDM sur des prismes placés sur les glissements

La Clapière,  
Alpes du Sud,  
France



Composer avec:  
longues-distances (> 1500 m) and  
différences d'altitude (> 700 m)

La Valette, Alpes du Sud, France



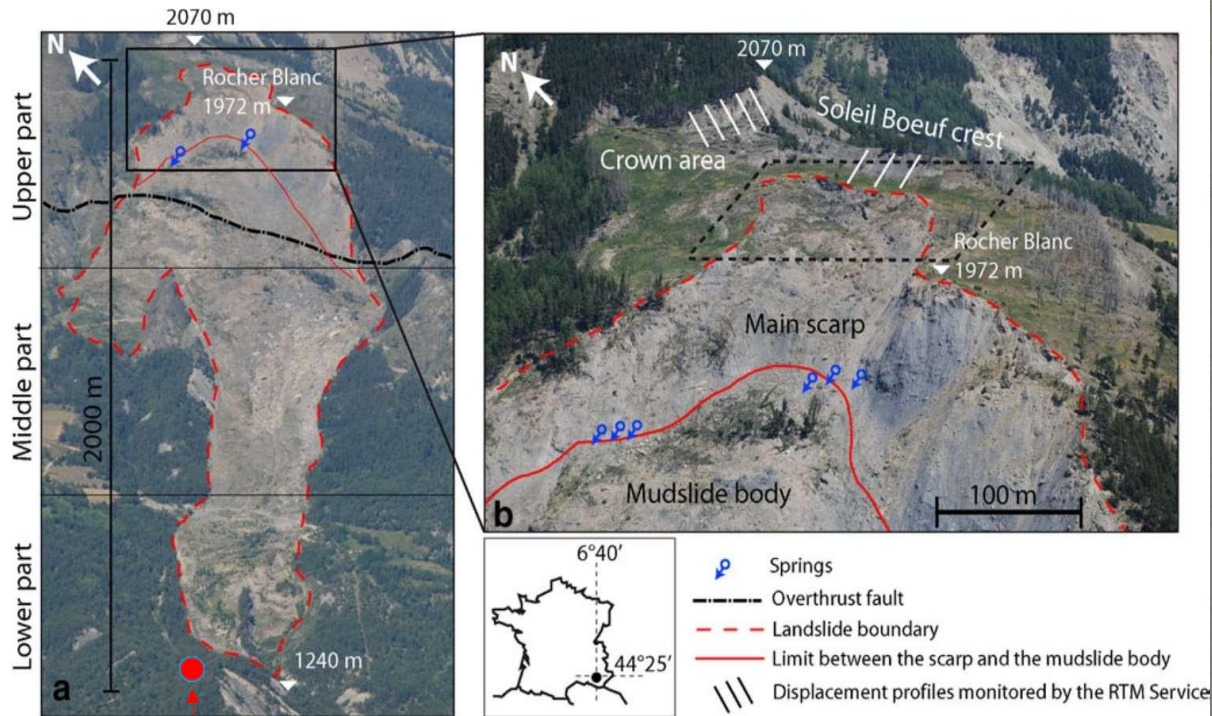
1990 - 2001



> Sept. 2019



# Glissement de La Valette, Alpes



Station totale automatisée

	Top of the landslide	Middle and low parts of the landslide
Movement type	Slump slide + planar and rotational slide	Mud slide
Materials	Debris, Earth	
Velocity	Average : 0,01 to 0,05 m/day Acceleration phases : up to 0,40 m/day	
Length	2 km	
Width	~ 500 m	~200 m



# Avant : déplacement local sur 2 sites avec 2 GNSS



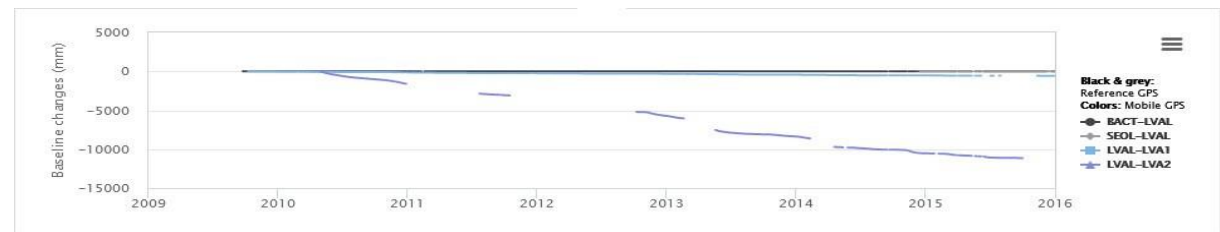
Site LVAL : GNSS sur pilier



GNSS LVA2 site



GNSS LVA1 site

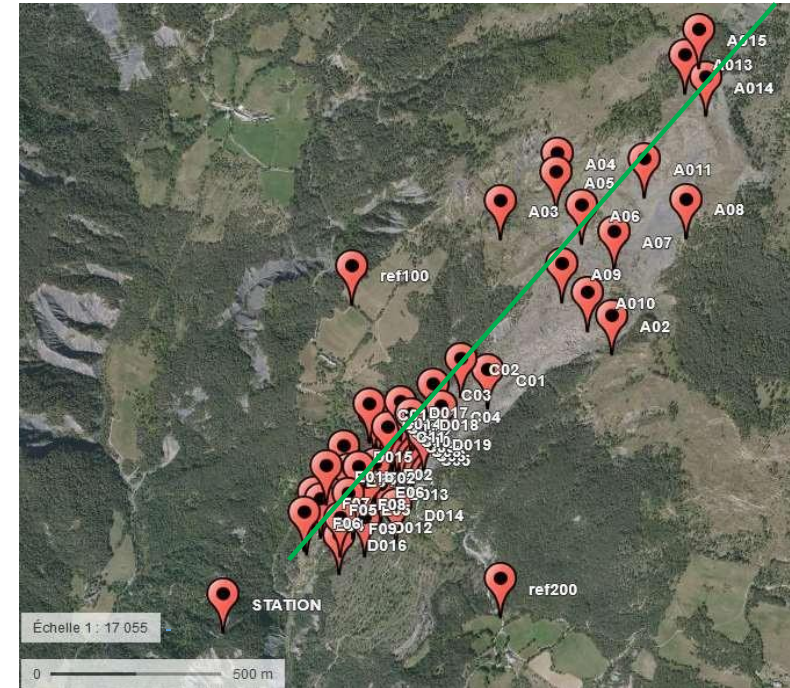
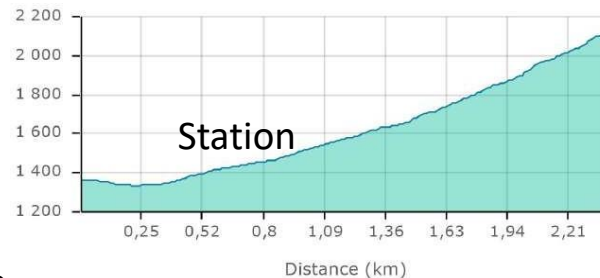


# Depuis 2019 ; une station totale avec mesure permanente

- Réseau de 55 prismes
- Observés toutes les 1 à 3h



Trimble S9, HP 1", Long Range

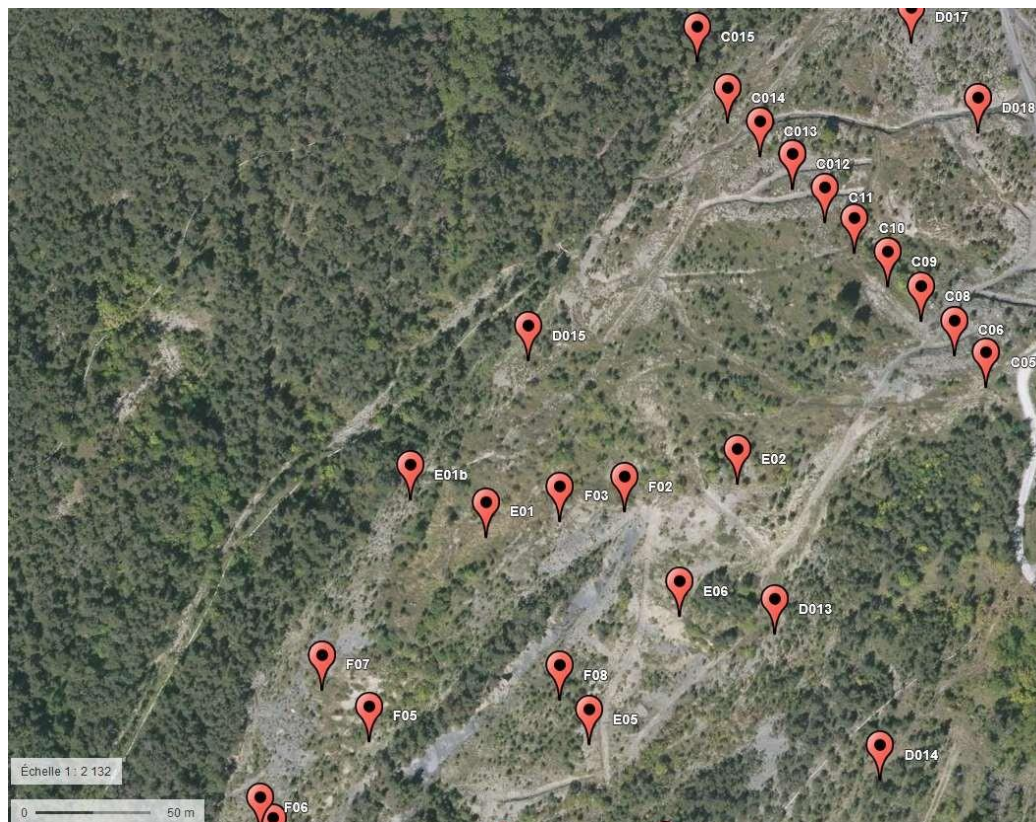




# Détail sur la partie basale



Depuis sept. 2019, station totale automatisée



Mesures historiques en mode campagne

# Réfraction atmosphérique pour EDM

L'indice de réfraction de phase  $n$  est défini comme suit :

$$n = \frac{c_0}{c}$$

L'indice de réfraction de l'air est fonction de:

- la composition gazeuse de l'atmosphère
- la quantité de pression de vapeur d'eau dans l'atmosphère
- la température du mélange
- la fréquence du signal rayonné

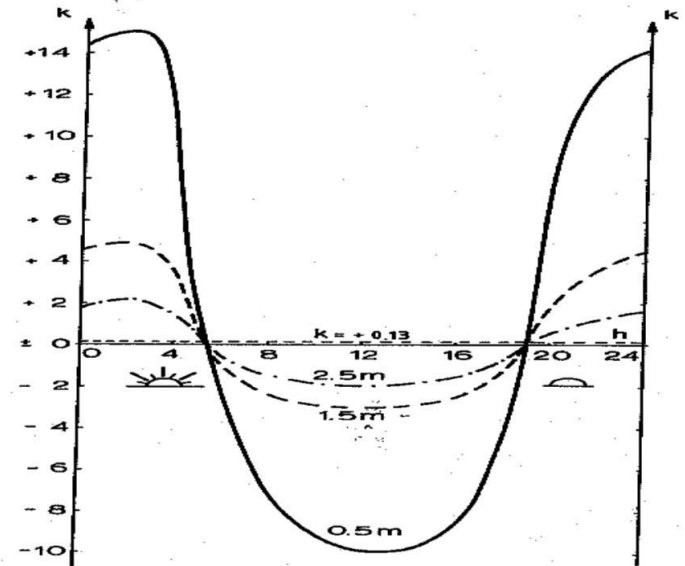
Coefficient de réfraction  $k$  :  $k = \frac{R}{r}$

La courbure du chemin de l'onde ( $1/r$ ) définie par

$$1/r = -\sin z (1/n) (dn/dh)$$

Gradient vertical de l'indice de réfraction de l'air :

$$\frac{dn}{dh}$$



Modèle de cycle journalier du coefficient de réfraction  $k$  pour différentes hauteurs de trajectoires de rayons au-dessus du sol (Hübner, 1978)

**Problème majeur pour l'estimation du gradient vertical réel de  $n$**

# Détermination de l'indice de réfraction

- 1 → sur le site de la station t, P
- 2 → T, P aux deux extrémités
- 3 → le long de la ligne de visée
  - (Savsek et al. 2013 : dist. ~4.5 km)



t, P, H

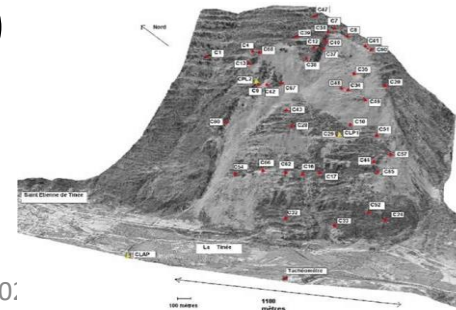
La Valette

- 3 → le long de la ligne de visée
  - (Savsek et al. 2013 : dist. ~4.5 km)



1 Geodynamic network of the Coalmine Velenje

- → Méthode simplifiée (Follacci et al. 1999)
  - Corrections atmosphériques calculées à l'aide de réflecteurs stables



La Clapière,  
Southern French  
Alpes



# Formule de la correction atmosphérique du Trimble S9



Distance inclinée brute SD

$$SD_{corrected} = SD (1 + \Delta D)$$

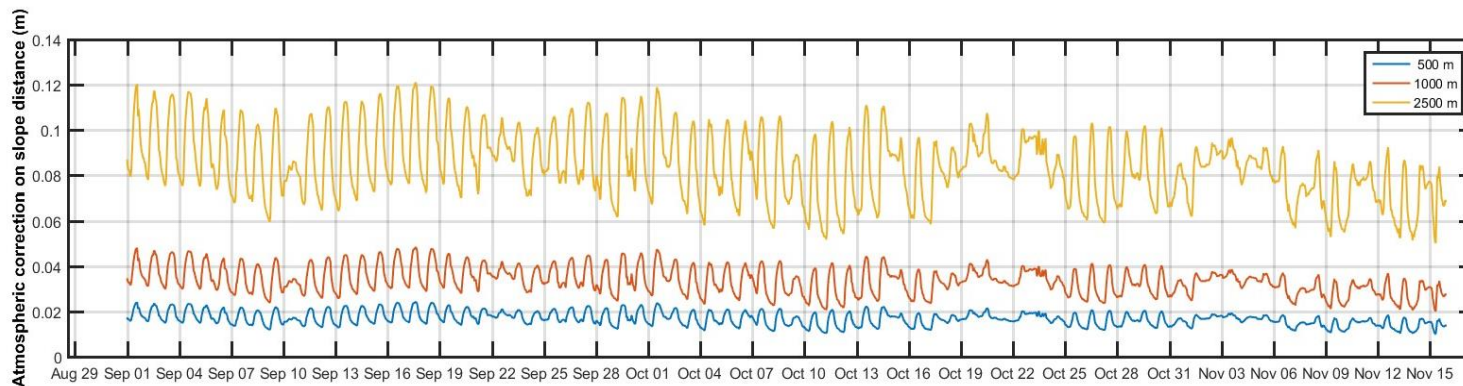
Pression

$$\Delta D = \left( J - \frac{N \times P}{t + 273.16} \right)$$

température

J & N constantes fournies par le fabricant

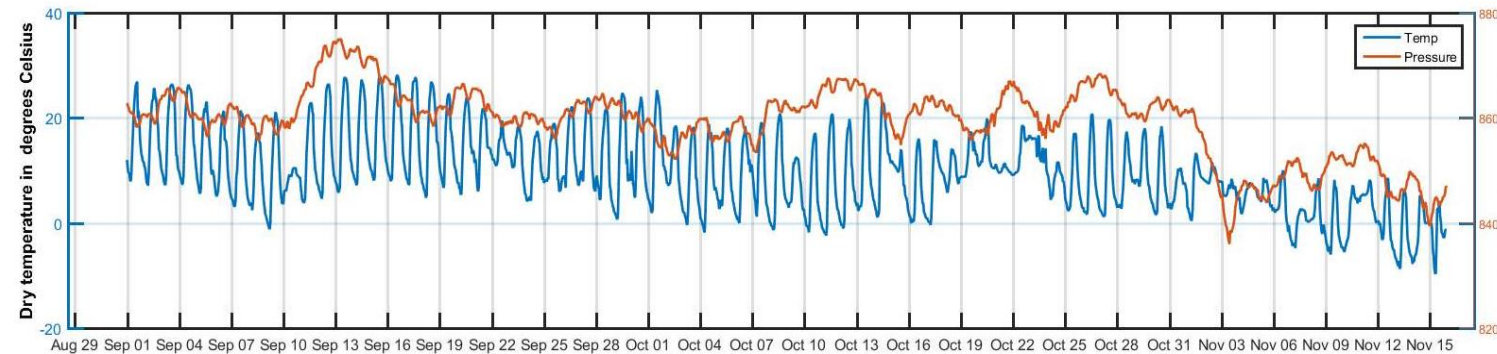
# Effets pour 3 distances caractéristiques 500, 1 km et 2.5 km



Effet de la correction atmosphérique

~2 cm à 500 m

~12 cm à 2.5 km



Variations diurnes

De pic à pic ~2 cm à 1 km

De pic à pic ~4 cm à 2.5 km

# Conclusion

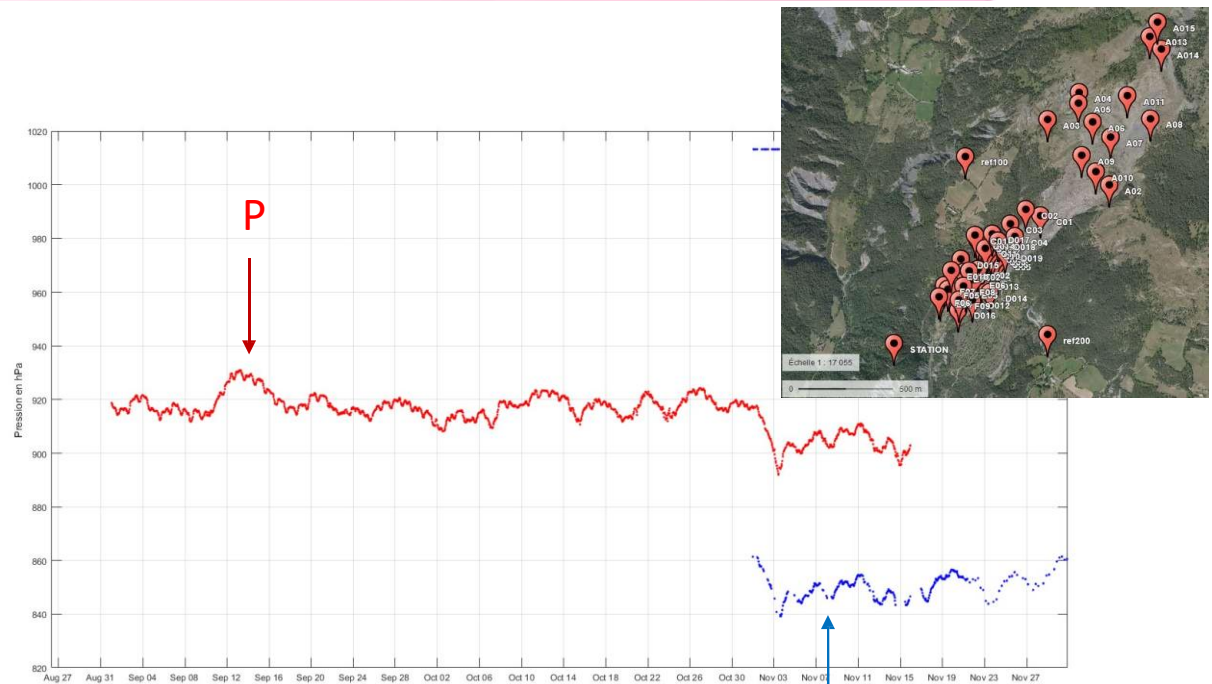
- Afin d'estimer la position de réflecteurs situés sur de grands glissements de terrain avec de grandes différences d'altitude, il est nécessaire d'appliquer des corrections atmosphériques sur les distances selon la pente.
- La méthode classique consiste à utiliser les observations météorologiques prises à l'une ou aux deux extrémités de la ligne de mesure.
- Pour le glissement de terrain de La Valette avec des mesures de 2.2 km de long, nous estimons à 12 cm l'écart en utilisant la formule des fabricants (par exemple Trimble).



# Propositions futures

1-appliquer le gradient vertical de température ?

En utilisant plusieurs mesures météorologiques



2 – mesures combinées GNSS et EDM au même point (campagne épisodique) => correction de la position estimée



Pression à l'altitude de la station ~1400 m  
Ajout des mesures météorologiques à une altitude plus élevée.



# Analyse de la réfraction atmosphérique sur l'électronique Mesures appliquées à la surveillance des glissements de terrain

8ème conférence internationale INGEO sur l'arpentage d'ingénierie  
4ème symposium SIG sur la géodésie d'ingénierie, du 22 au 23 octobre 2020.

INGEO 2020 & SIG 2020:

<http://ingeo-sig2020.hgd1952.hr/>

Thank for your attention



ITES Institut Terre et Environnement de Strasbourg

Ferhat, G.<sup>2,3</sup>, C.FONTAINE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GEOTOPO, Villefranche sur Saône

<sup>2</sup> ITES Institut Terre et Environnement de Strasbourg

<sup>3</sup> INSA Strasbourg, Institut National des Sciences Appliquées, Département Spécialité Topographie, Strasbourg, France.



www.shm-france/2021



06/07/2021

16