



Eric LAROSE

Les risques d'éboulements et le CC



Est-ce que les phénomènes extrêmes en montagne se multiplient ?

Oui, mais pas partout/tout le temps

>2700m d'altitude : réduction du permafrost (pergélisol) & retrait glaciaire

→ Destabilisation rocheuses

→ Retrait glaciaire : moraines instables (>30°)

→ Fonte glaciaire : lac supra glaciaire, péri-glaciaire, poche d'eau intra-glaciaire

= **risques émergents** (mal connus, donc difficile à anticiper et maîtriser)

Crise érosive post-glaciaire ?

<2700m :

→ **risques en cascade** induit par l'amont

→ sur les sols, les falaises... GIEC 2022 : **manque de connaissances**

→ Évènements climatiques extrêmes (épisodes "cévenoles")

Risques en cascade –

pas nouveau mais difficile à prédire

exemple de la catastrophe du lac Saint Laurent

- 1191 : éboulement Vaudaine/infernet (suite orage ?)
- Barrage naturel : (re)creation d'un lac dans la vallée de BdO
- 1219 : rupture du barrage naturel
- Inondation en aval...

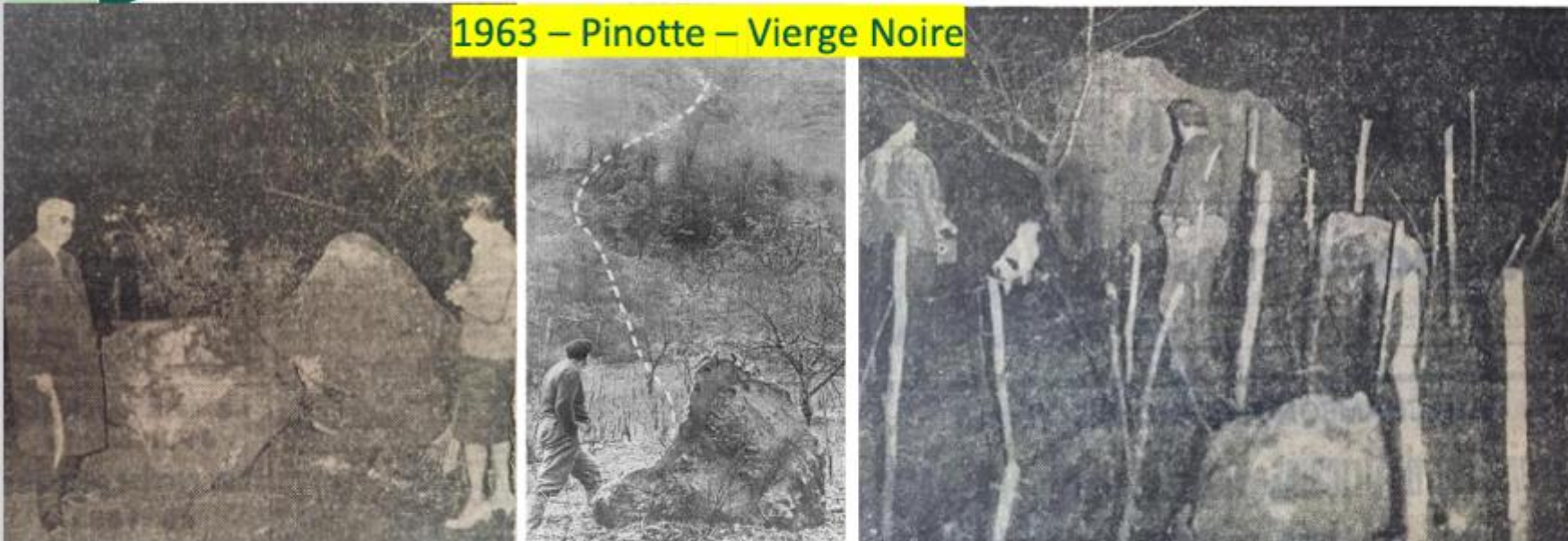
Falaises calcaire

- falaise du Saint Eynard – sur 5 km



Historique des événements

1963 – Pinotte – Vierge Noire



1990 – Bec Corbeau (chemin coteau & Petite Tronche)



2004 – Maubec



2022 - Pelletière



Falaises calcaire

- falaise du Saint Eynard – sur 5 km

1/jour (>10l)

x 7 cycle gel/dégel

x 25 pluie abondante

CONCLUSIONS...

D'Amato et al, NHESS, 2016



Environnemental forcings:
solar radiation
rain
frost

Stress cycles

fatigue,
damage

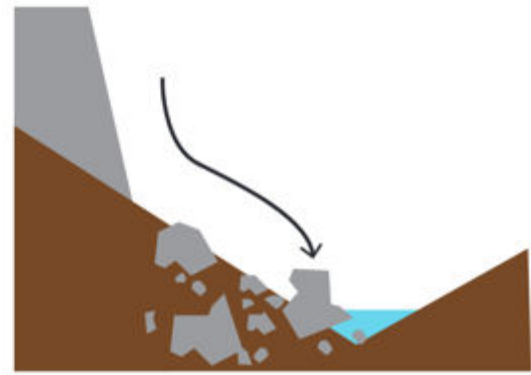
crack
development

rockfall, debris
production

sediment
transport



sub-critical failure



Observations à explorer



Observations existantes

Le chant des falaises...



Levy et al, Geophys. J. Int. (2010)
Bottelin et al, Geophys. J. Int. (2013)
Bottelin et al., Eng. Geol. (2017)



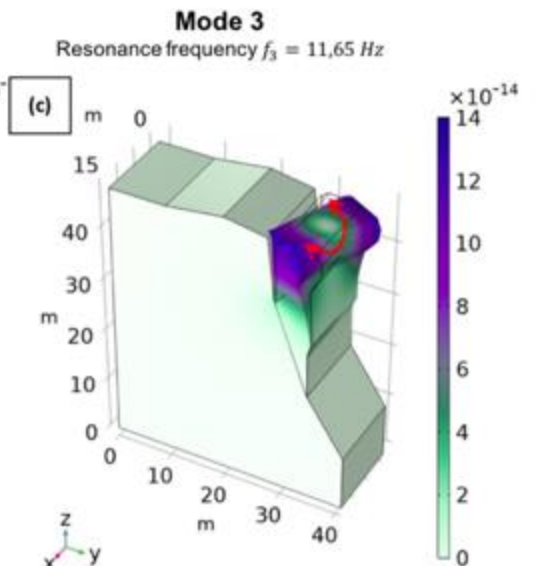
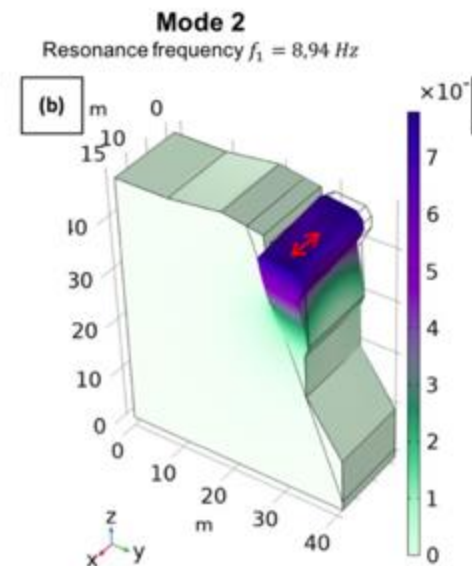
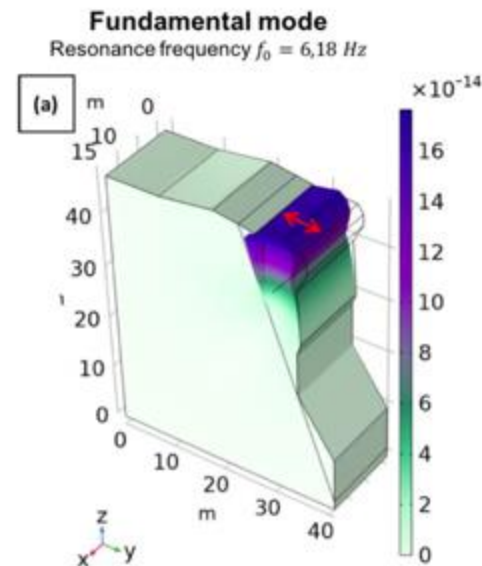
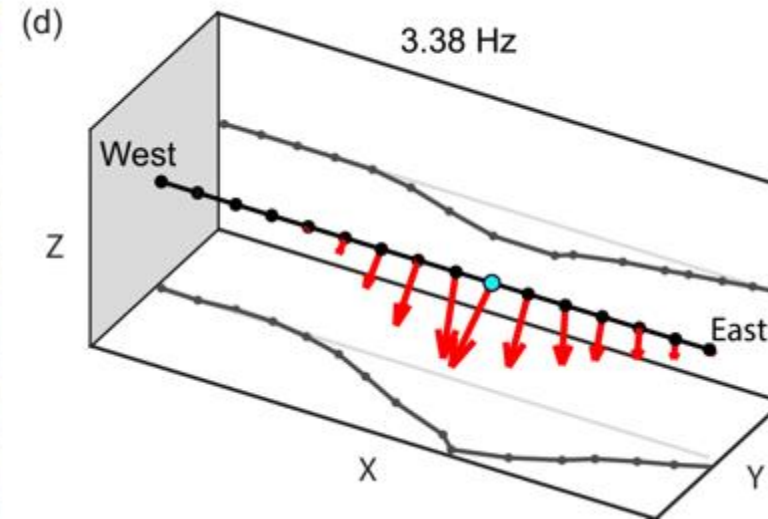
Guillemot et al. Geophys. J. Int. (2022)
Guillemot et al (in prep 2023)



Starr et al, Geophys. Res. Lett. 2015
Moore et al, Rock Mech. Rock Eng. (2018)
Geimer et al, J. Geophys. Res. (2022)

Fréquence de résonance et déformation modale

Hausler et al,
Earth Surf. Dyn. (2021)

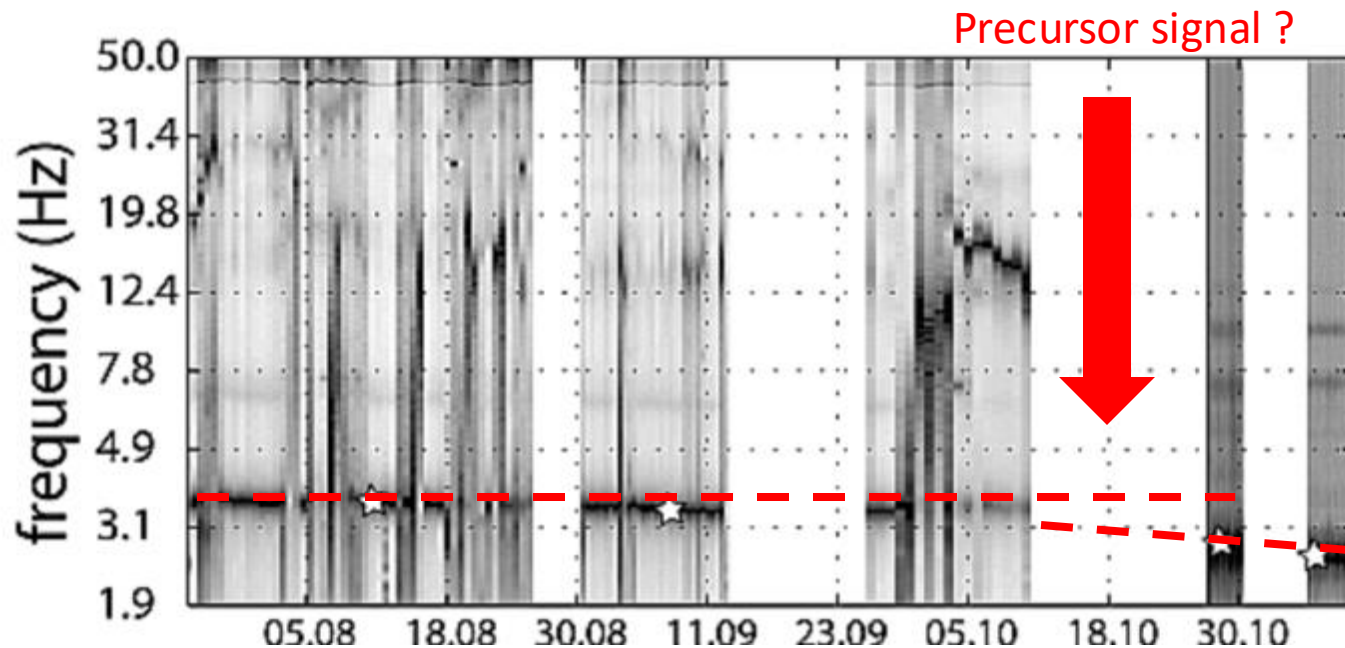


$$f \propto \frac{1}{L^{3/2}} \sqrt{\frac{\text{rigidity}}{\text{density}}}$$



fracture arrière

endommagement du matériau



Vercors : Levy et al, 2010

failure



La Praz, Maurienne

Fev-aout 2024 : -25 % [Bottelin et al, 2024 ?]

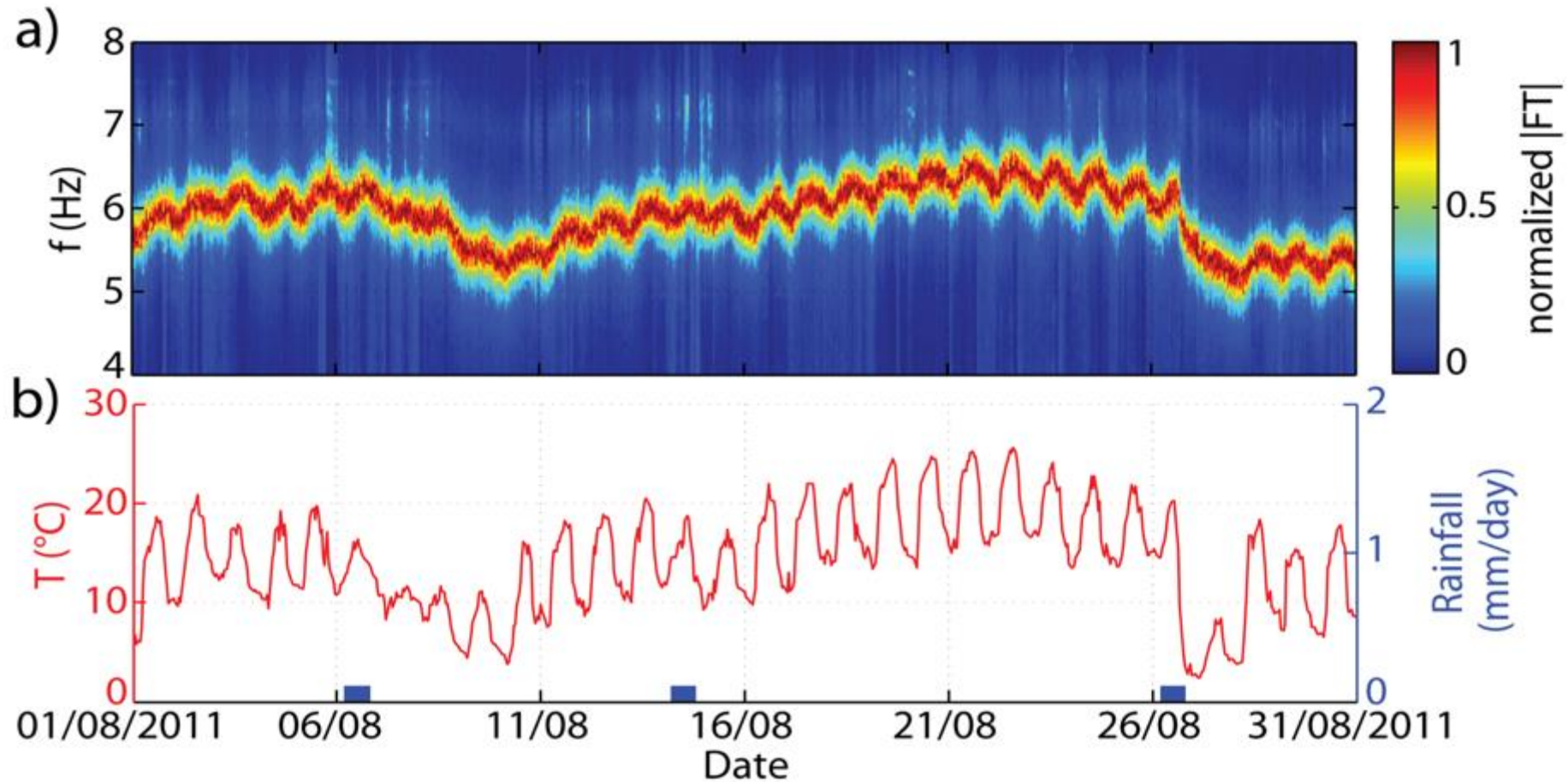
Écaille de Chamousset, Verors



Levy et al, GJI (2010)

Bottelin et al, GJI (2013)

Fréquence de résonance (hauteur de la note)



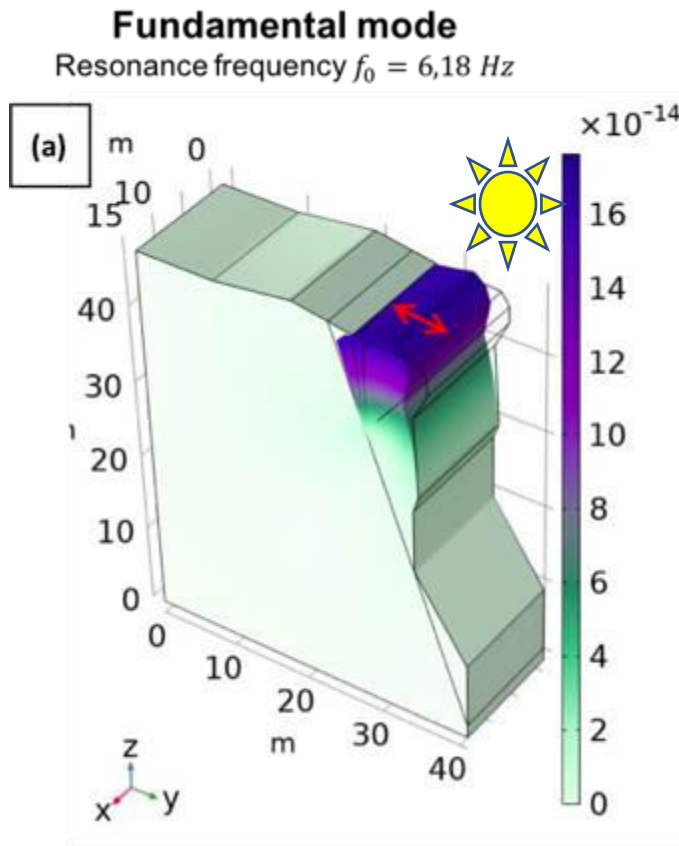
Bottelin et al, Geophys. J Int. (2013)

E Larose et al.: *Environmental Seismology : what can we learn from ambient noise ?* J. Applied Geophysics **116**, 62-74 (2015)

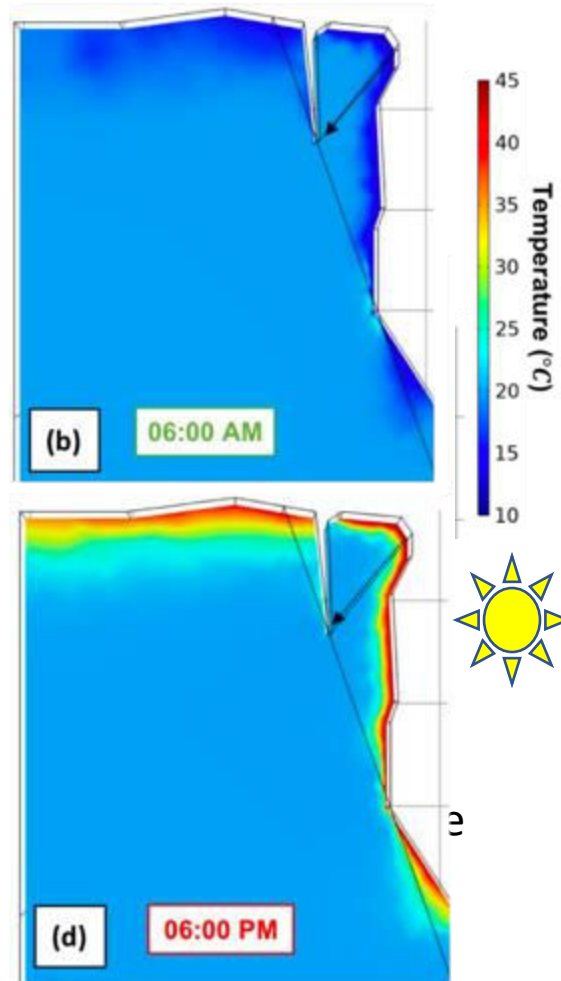
A. Guillemot, L. Baillet, E. Larose, P. Bottelin : *Changes in resonance frequency of rock columns due to thermoelastic effects on a daily scale : observations, modeling and insights to improve monitoring*, Geoph. J. Int. (2022)

Thermo-Elasticity :

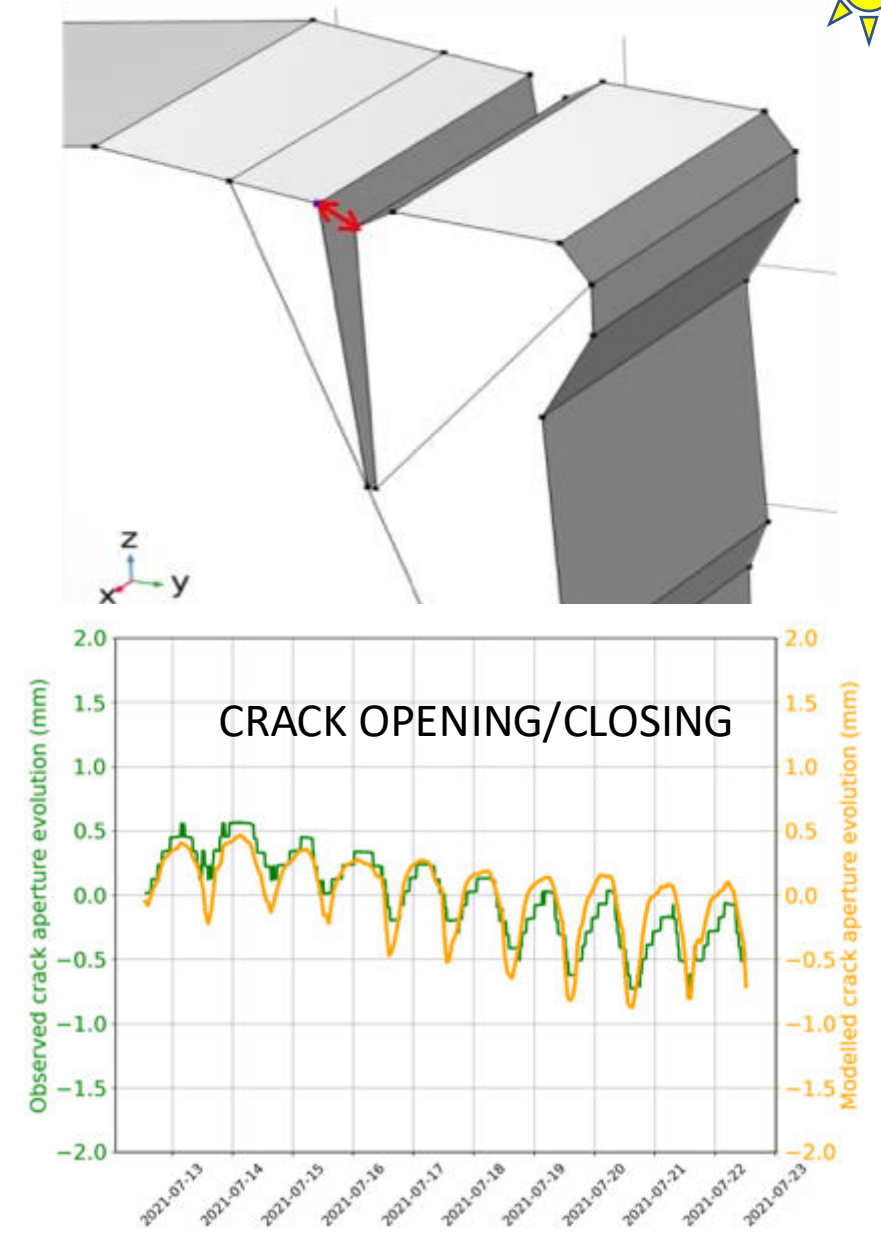
- Relates thermal dilation to stress



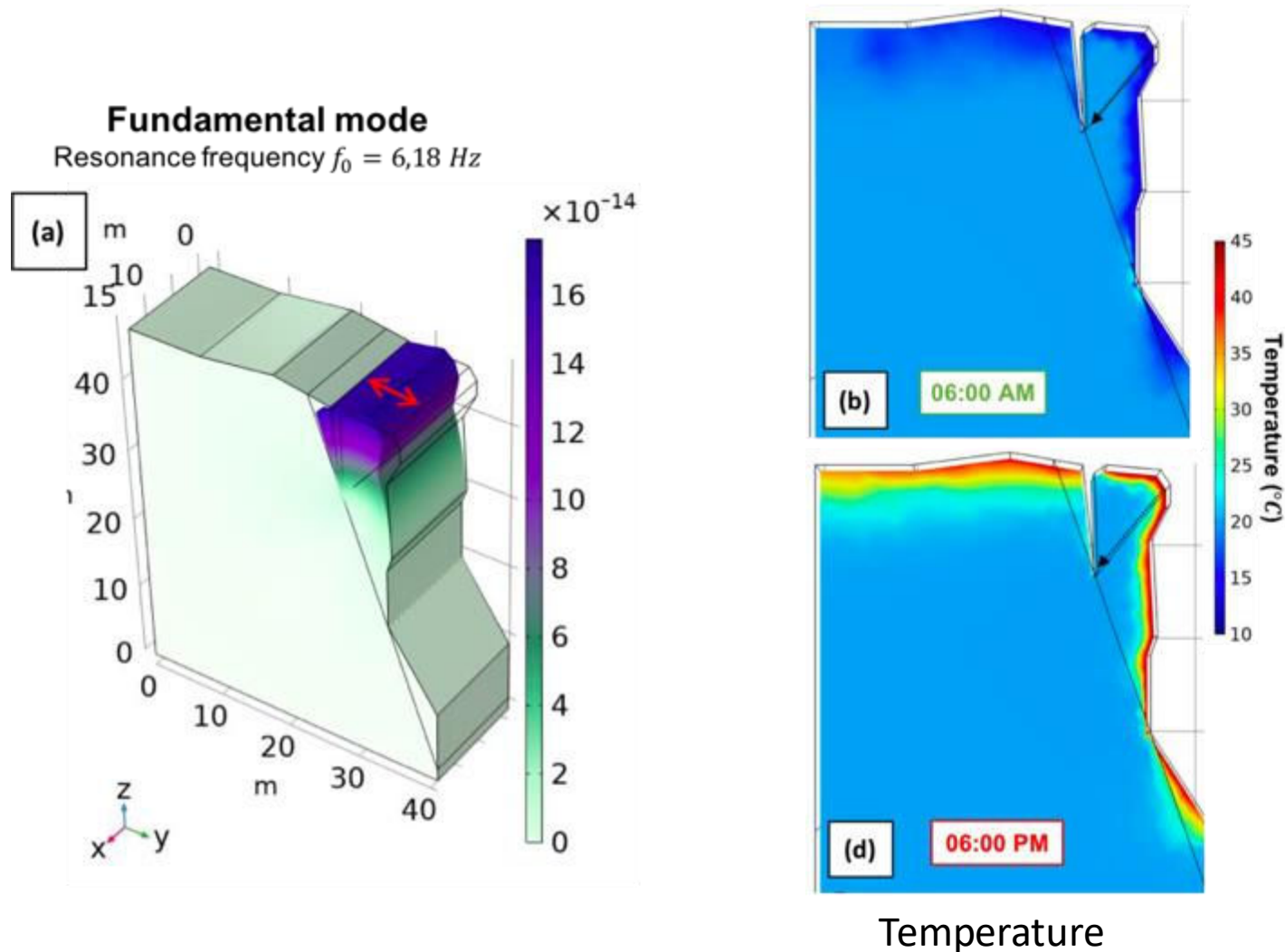
Heat transfert : conduction+radiation



Thermal expansion



Thermo-Acousto-Elasticity :



Predict

- 1) crack opening (thermal dilation),
- 2) Rigidity change
- 3) Resonant frequency change

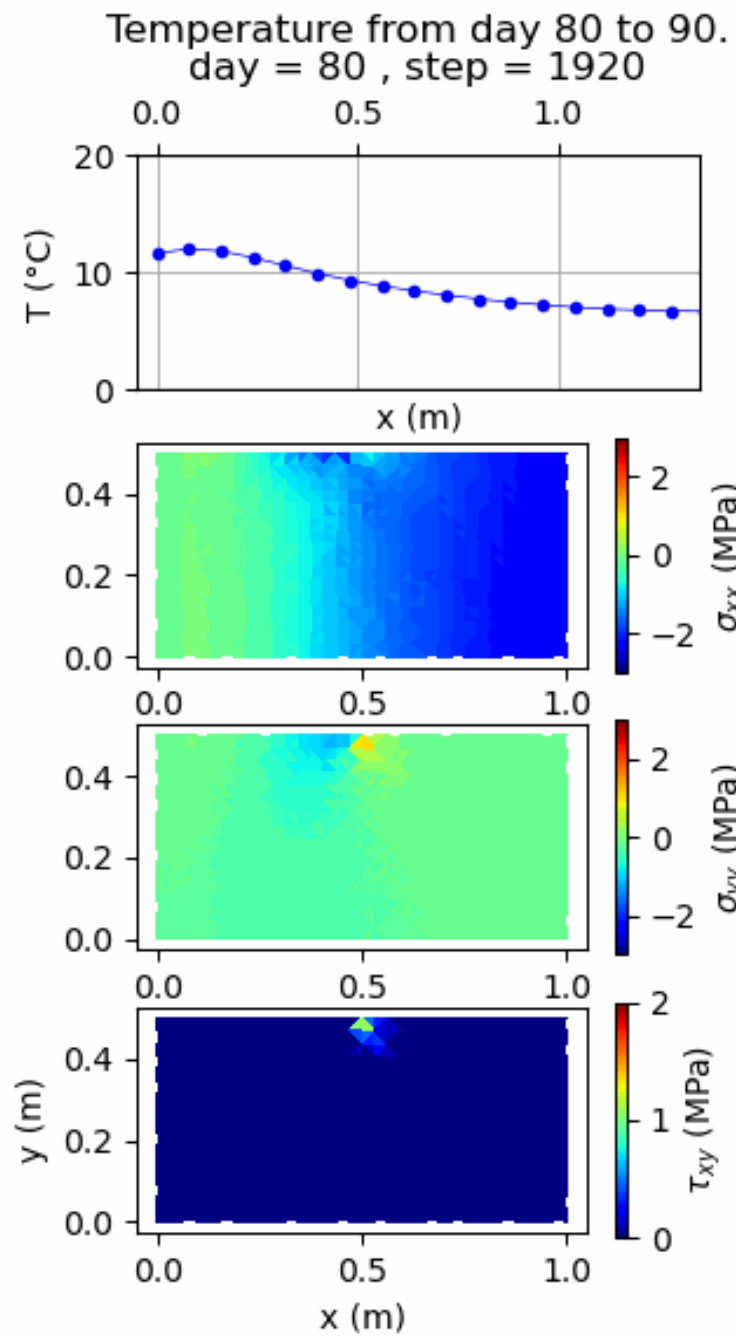
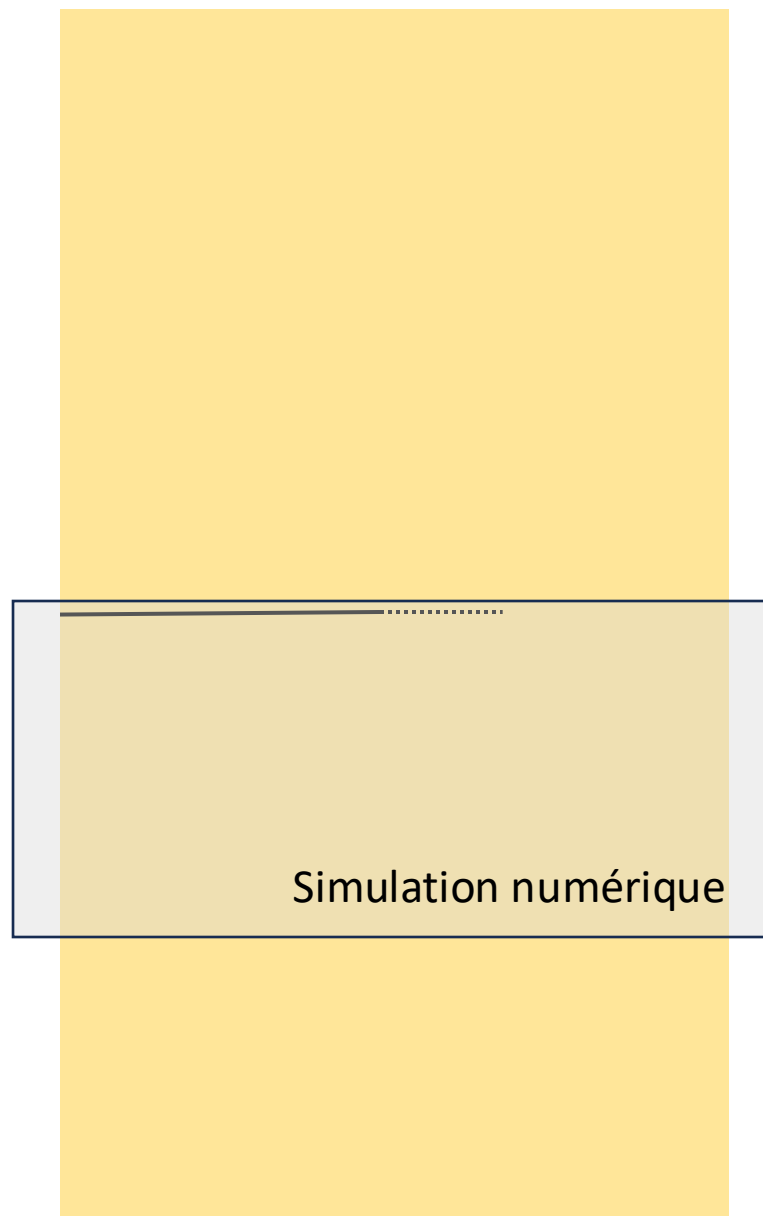
Cycle thermiques :

- Augmentation de la temperature
 - ➔ Dilatation... empêchée
 - ➔ Augmentation de contrainte
 - ➔ Augmentation de la “note”
- ➔ Baisse de temperature : retractation, ouverture des fissures...
- ➔ Cycles cumulés : fatigue (exemple : métaux)

Radiation solaire
+
Convection air



Cycle journalier



Environnemental forcings:
solar radiation
rain
frost

Stress cycles

fatigue,
damage

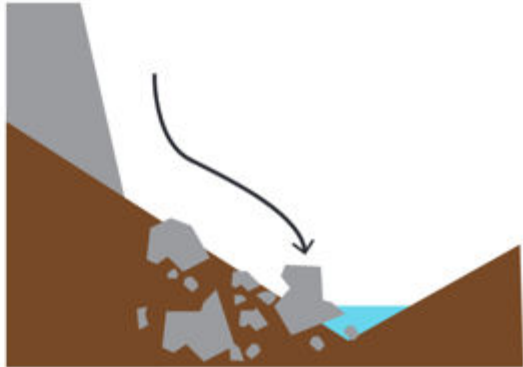
crack
development

rockfall, debris
production

sediment
transport



sub-critical failure



Observations à explorer



Observations existantes

Environmental forcings:
solar radiation
rain
frost



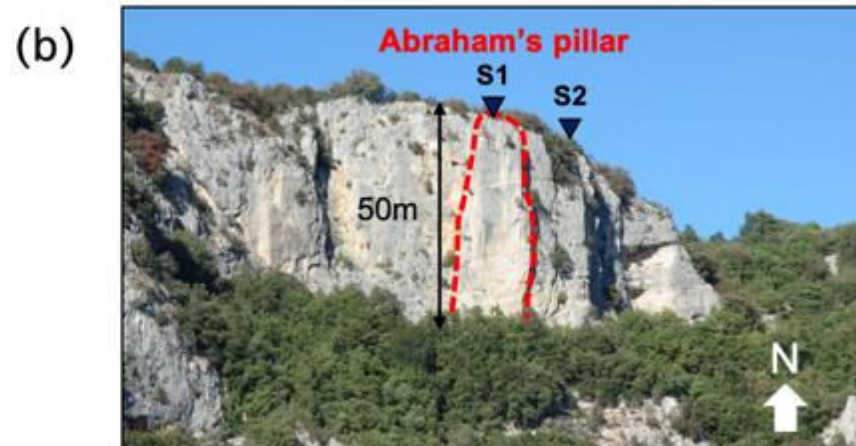
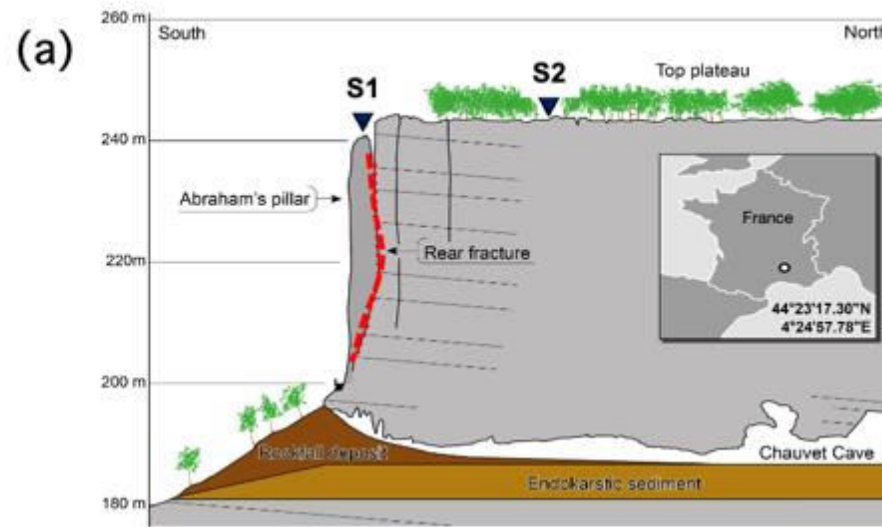
Stress cycles



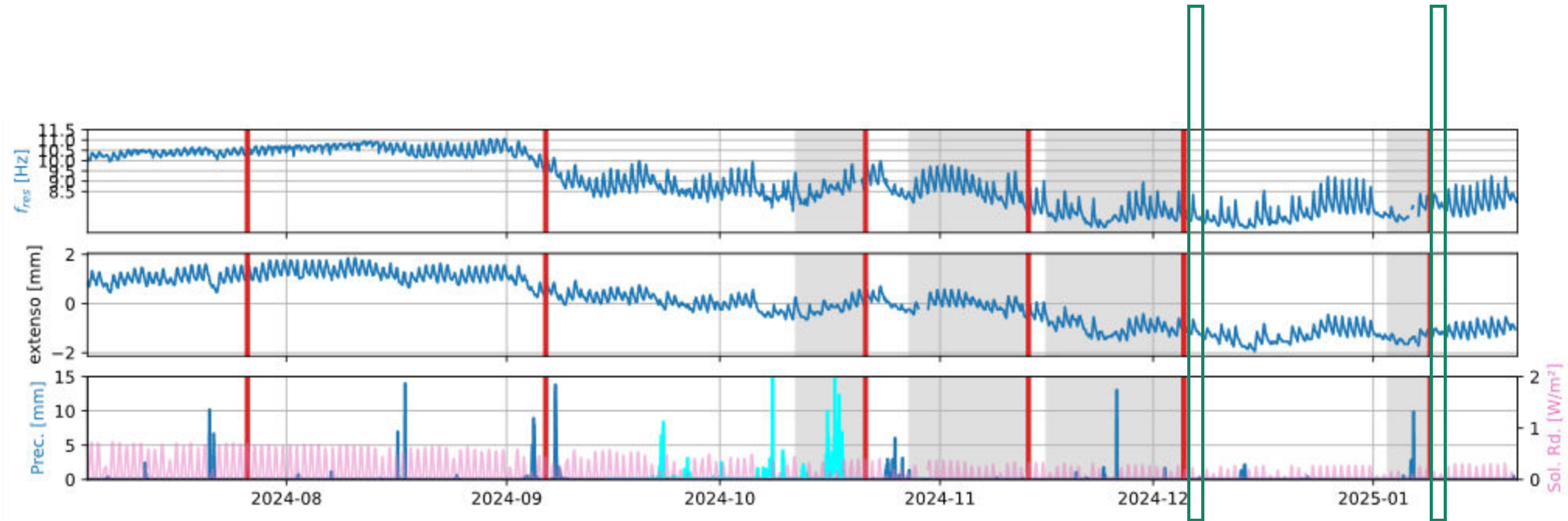
Climate change :

T° ΔT° $\Delta \text{Rain} \dots$

Grotte Chauvet - La danse du pilier Abraham



Ecaille de Chauvet – role de la pluie sur la fracturation



05/12/24
Glued Sensors
+ new PC

09/01/25
New card

- pluie :

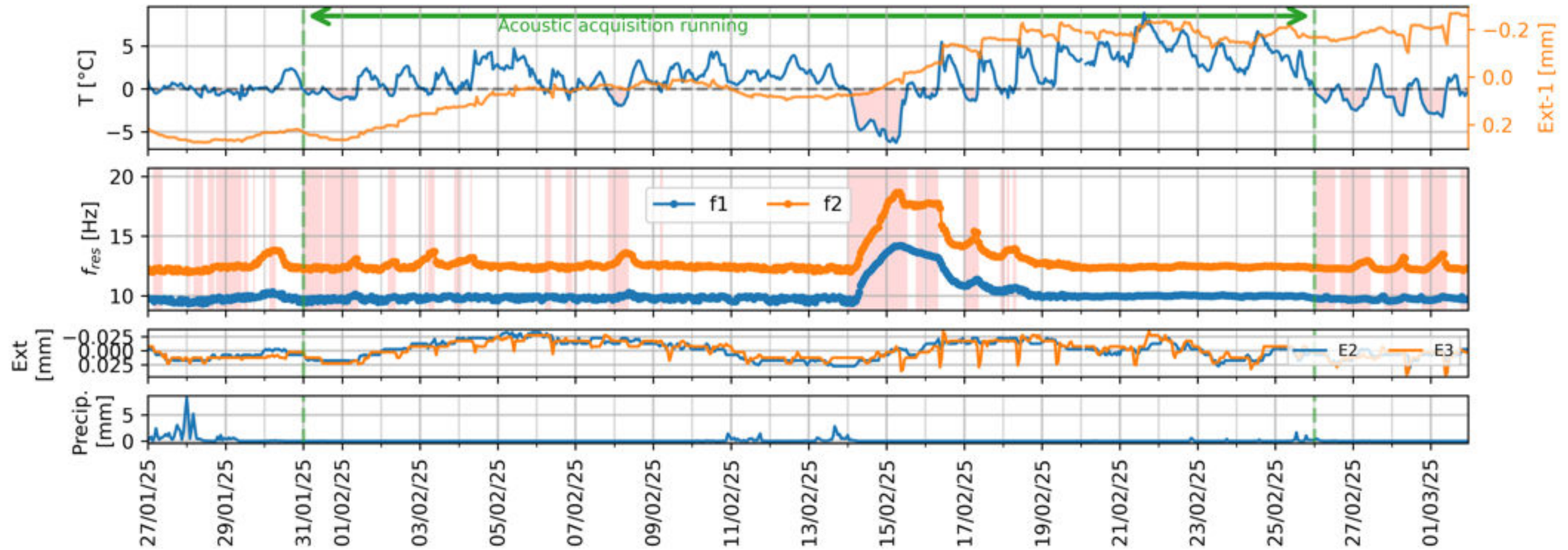
- ➔ Baisse brutale de la temperature de surface

- ➔ Contraction de la roche

- ➔ Ouverture des fissures, augmentation des fissures

+ lubrification des contacts = perte d'adherence = chute de blocs

ÉCAILLE DE TETE NOIRE - TRIENT



- GEL :

- ➔ Dilatation de la glace

- ➔ Augmentation de la pression

- ➔ Augmentation de la rigidité... jusqu'à fissuration