

Journées Biennales des Géosciences et de l'Environnement 2018
Université de Lausanne

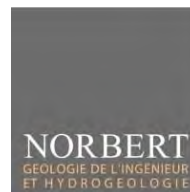
Développement d'un extensomètre 3D **innovant pour la surveillance d'instabilités rocheuses**

Grégory Emery, Joseph Moerschell, HES-SO Valais

François Baillifard, Norbert SA, Géologie Technique et Hydrogéologie

Raphaël Mayoraz, Etat du Valais, géologue cantonal

15 février 2018



Développement d'un extensomètre 3D

- Mesure du mouvement d'instabilités rocheuses
- Concept mécanique
- Architecture de l'instrument
- Installation prototype sur l'instabilité de la Moosfluh
- Perspectives

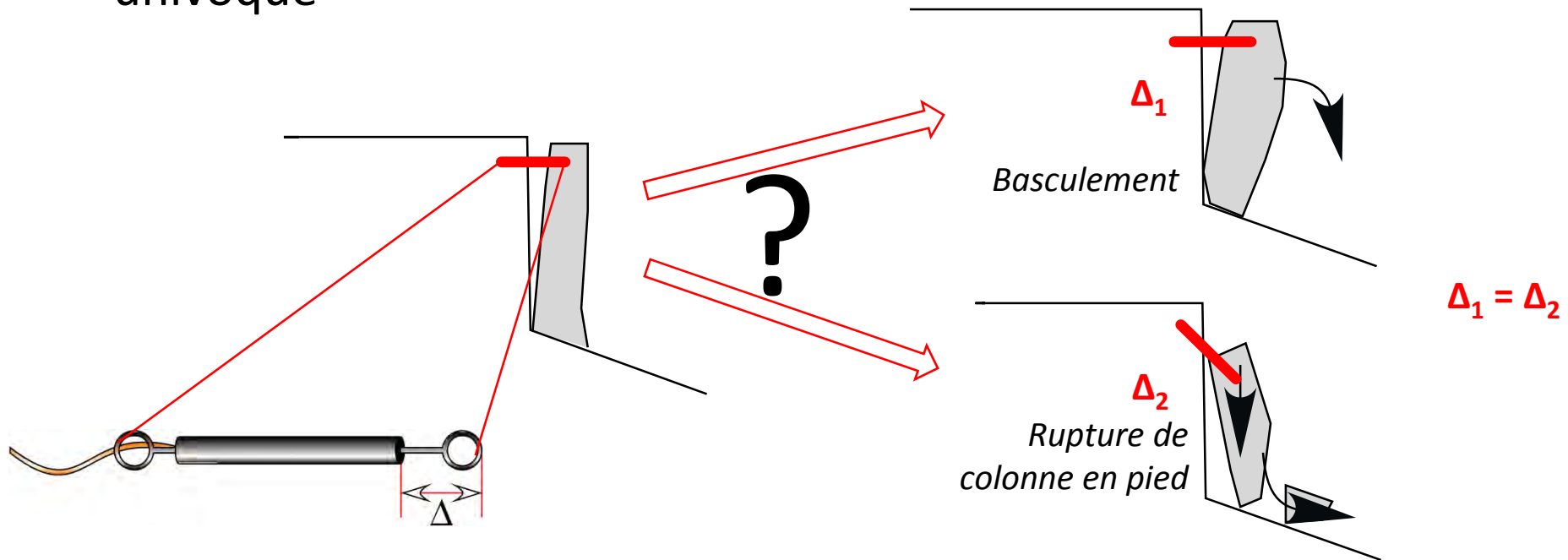
Extensométrie

- Mesure ponctuelle de l'extension entre deux compartiments rocheux
- Insensible à la couverture par la neige ou par la végétation
- Le capteur employé est souvent un potentiomètre
- Mesure télétransmise par station GSM à proximité
- Génération d'alarmes au franchissement d'un seuil, fréquence d'acquisition des mesures reprogrammable



Inconvénients des extensomètres actuels

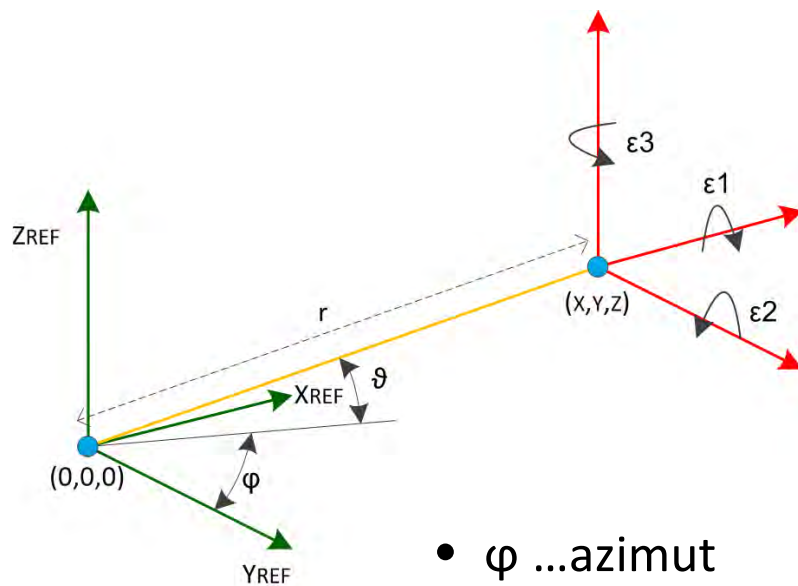
- Mesure d'un seul degré de liberté → le mécanisme de rupture d'un compartiments rocheux ne peut pas être appréhendé de manière univoque



- Consommation d'énergie du modem GSM
- Coût de l'équipement et de l'installation

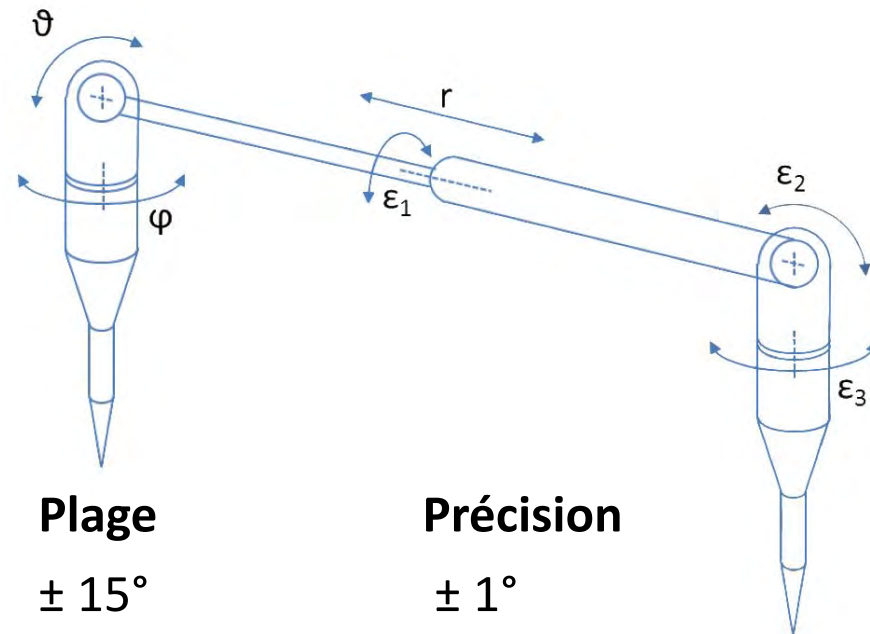
Mesure de 6 degrés de liberté entre points d'ancrage

Systèmes de coordonnées et spécifications



- φ ...azimut
- ϑ ...élévation
- r ...distance

$\epsilon_{1,2,3}$...orientation du point d'ancrage distant, plage et précision comme pour φ , ϑ



Plage

$\pm 15^\circ$

$\pm 15^\circ$

0...300 mm

Précision

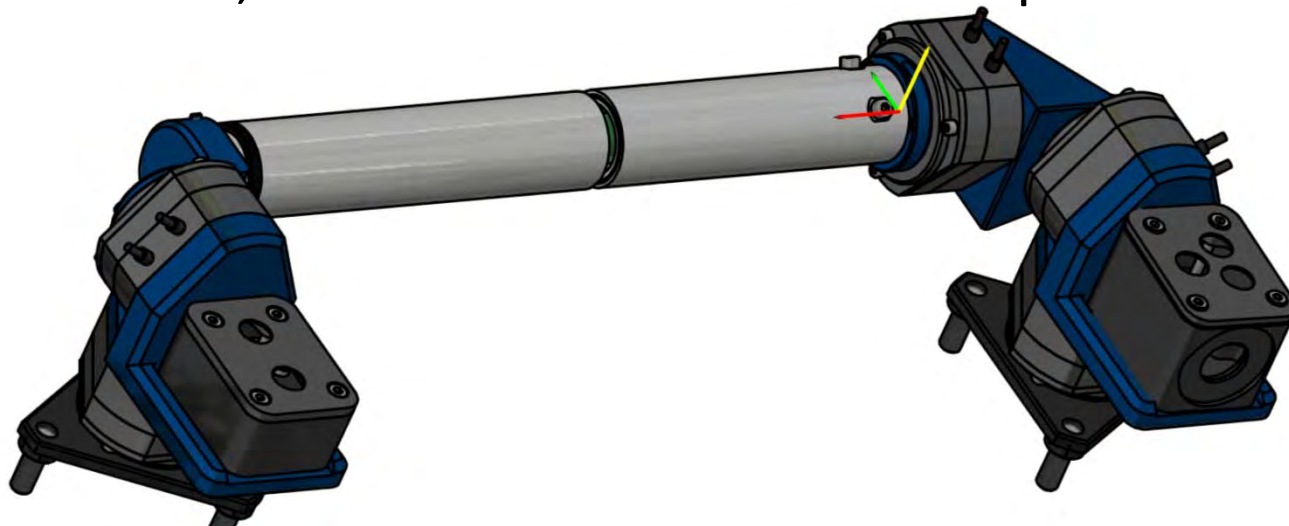
$\pm 1^\circ$

$\pm 1^\circ$

± 1 mm

Concept de l'instrument

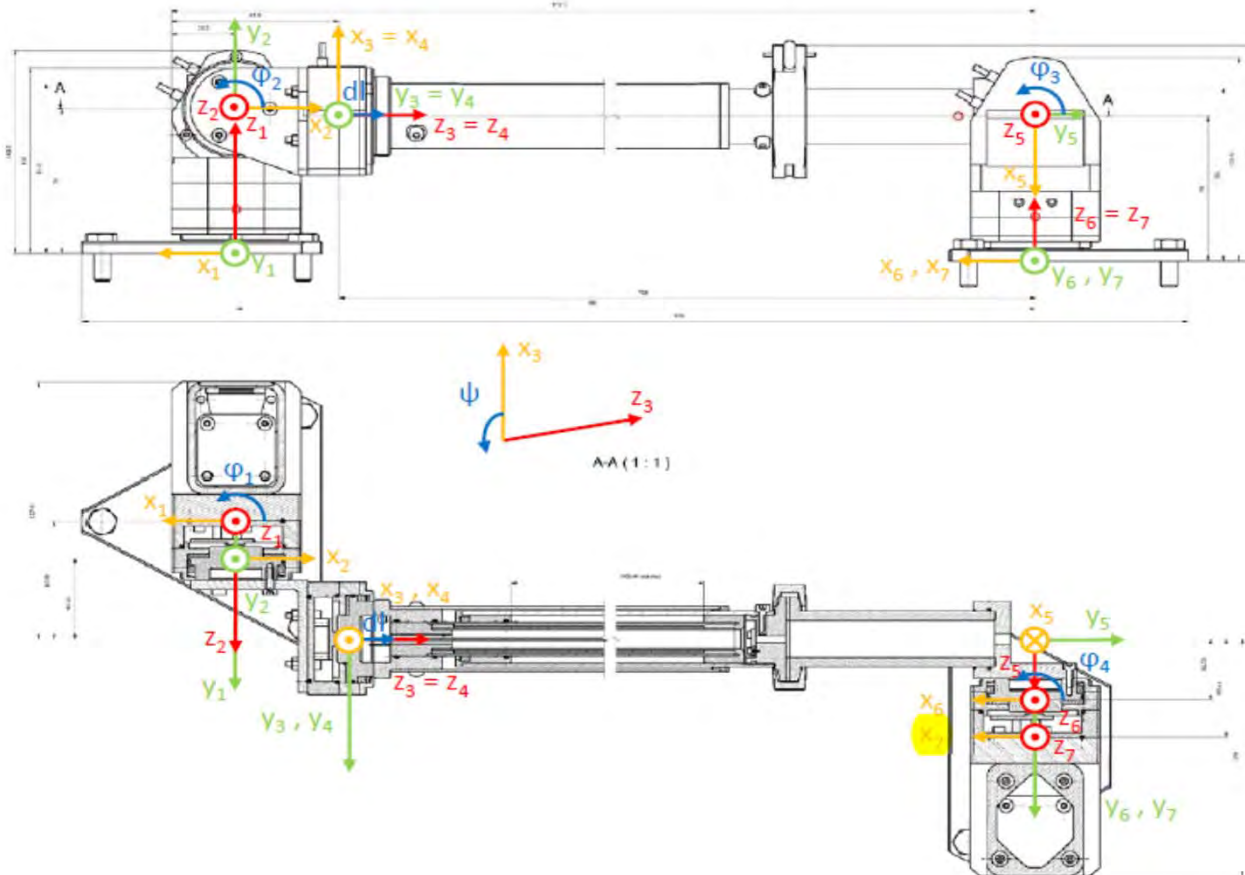
- 1 capteur linéaire à courants de Foucault et 5 capteurs angulaires magnétiques
- Résolution de 0.1 mm en extension et de 0.1° en rotation
- Plage linéaire de 400 mm, plage angulaire de 360° des 5 articulations
- Possibilité de rallonger l'instrument avec des tubes de 0.5 m à 2 m
- Masse de moins de 5 kg, contrôleur inclus , installation rapide
- Panneau solaire de seulement 100 cm² intégré au boîtier du contrôleur, fonctionnement sur batterie pendant 2 semaines



Transformations de Denavit-Hartenberg

Matrices de transformation T_k entre systèmes de coordonnées successifs

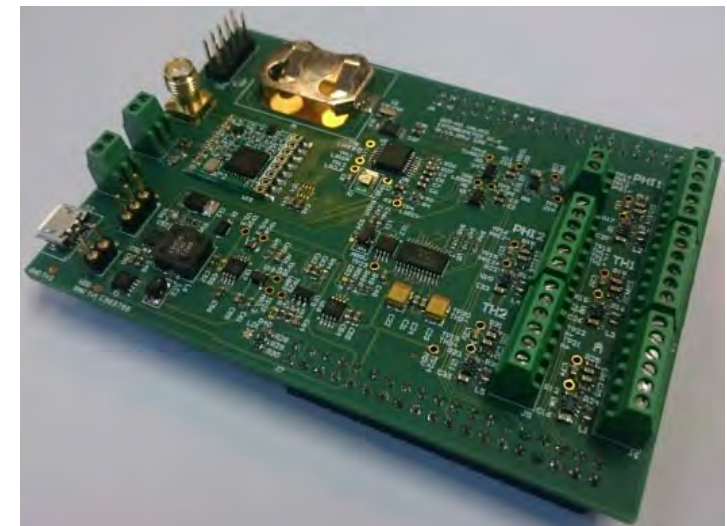
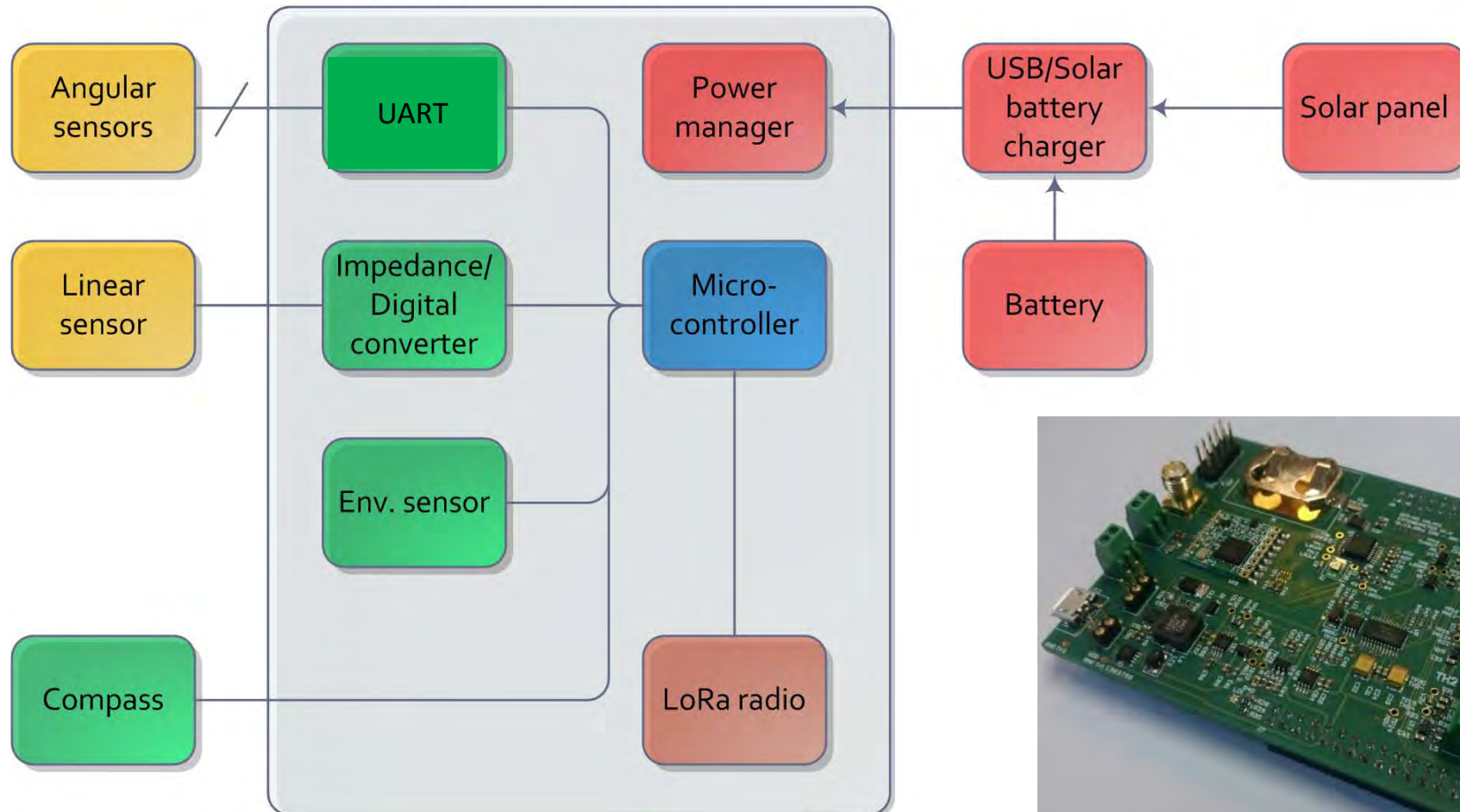
$$T_k = \begin{pmatrix} \cos\theta_k & -\sin\theta_k \cos\alpha_k & \sin\theta_k \sin\alpha_k & a_k \cos\theta_k \\ \sin\theta_k & \cos\theta_k \cos\alpha_k & -\cos\theta_k \sin\alpha_k & a_k \sin\theta_k \\ 0 & \sin\alpha_k & \cos\alpha_k & d_k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, T = \prod_{k=1}^7 T_k$$



avec seulement 4 paramètres $\theta_k, \alpha_k, a_k, d_k$, pour chaque référentiel, $k = 1 \dots 7$.

Architecture du contrôleur de l'instrument

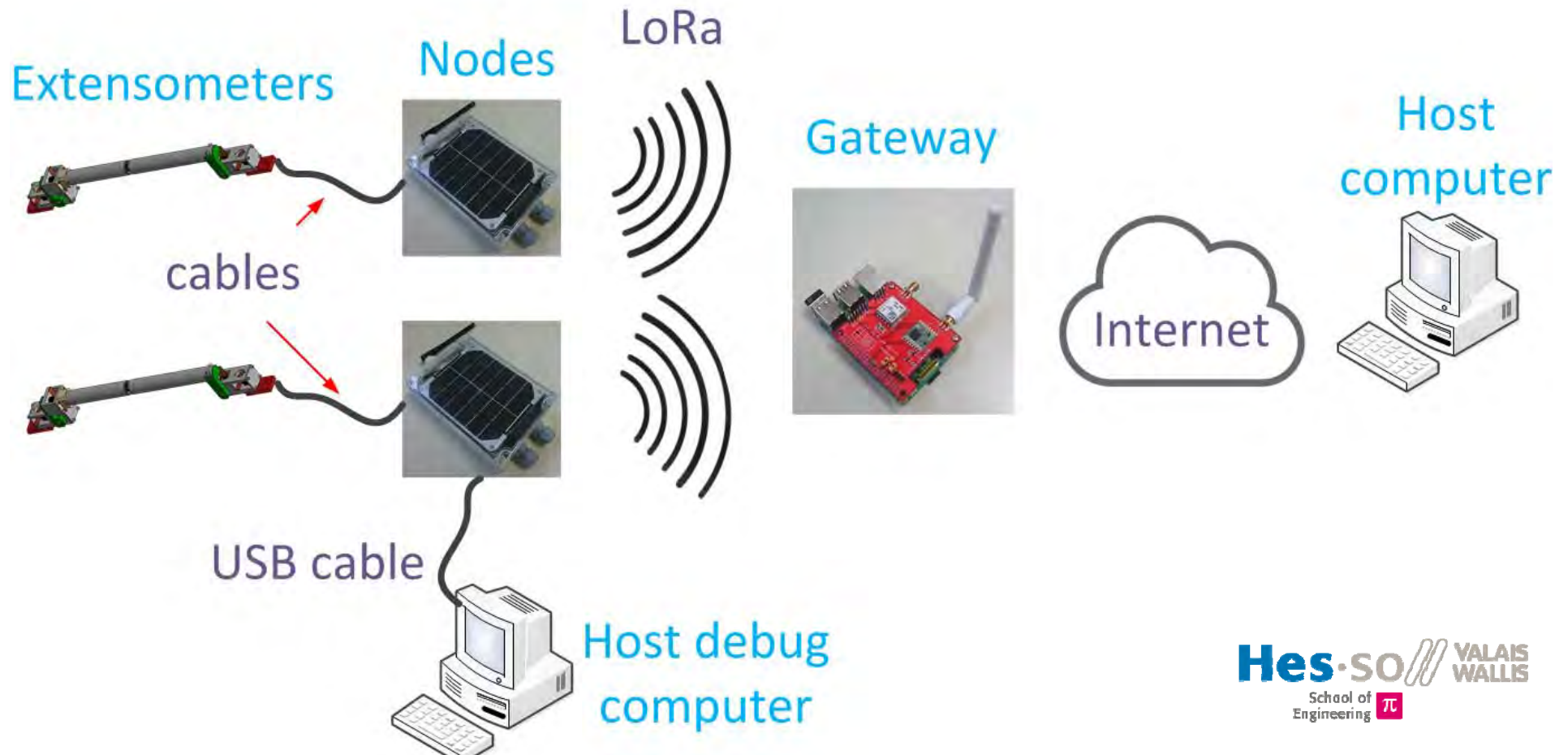
3D extensometer card



Communication entre les deux pieds de l'extensomètre par bus série, nœud microcontrôleur dans chaque pied.

Systeme de communication LoRa

- Portée < 15 km en ligne de vue directe
- Jusqu'à 10 instruments connectés en étoile, débit total < 40 kB/sec
- TDMA, chaque instrument a son time slot assigné, ACK de réception



Installation sur l'instabilité de la Moosfluh

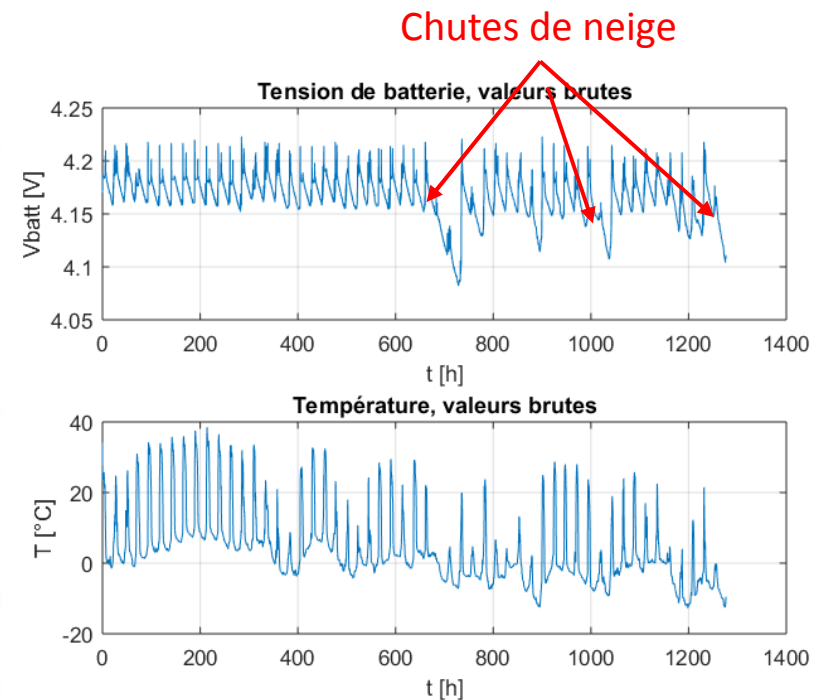
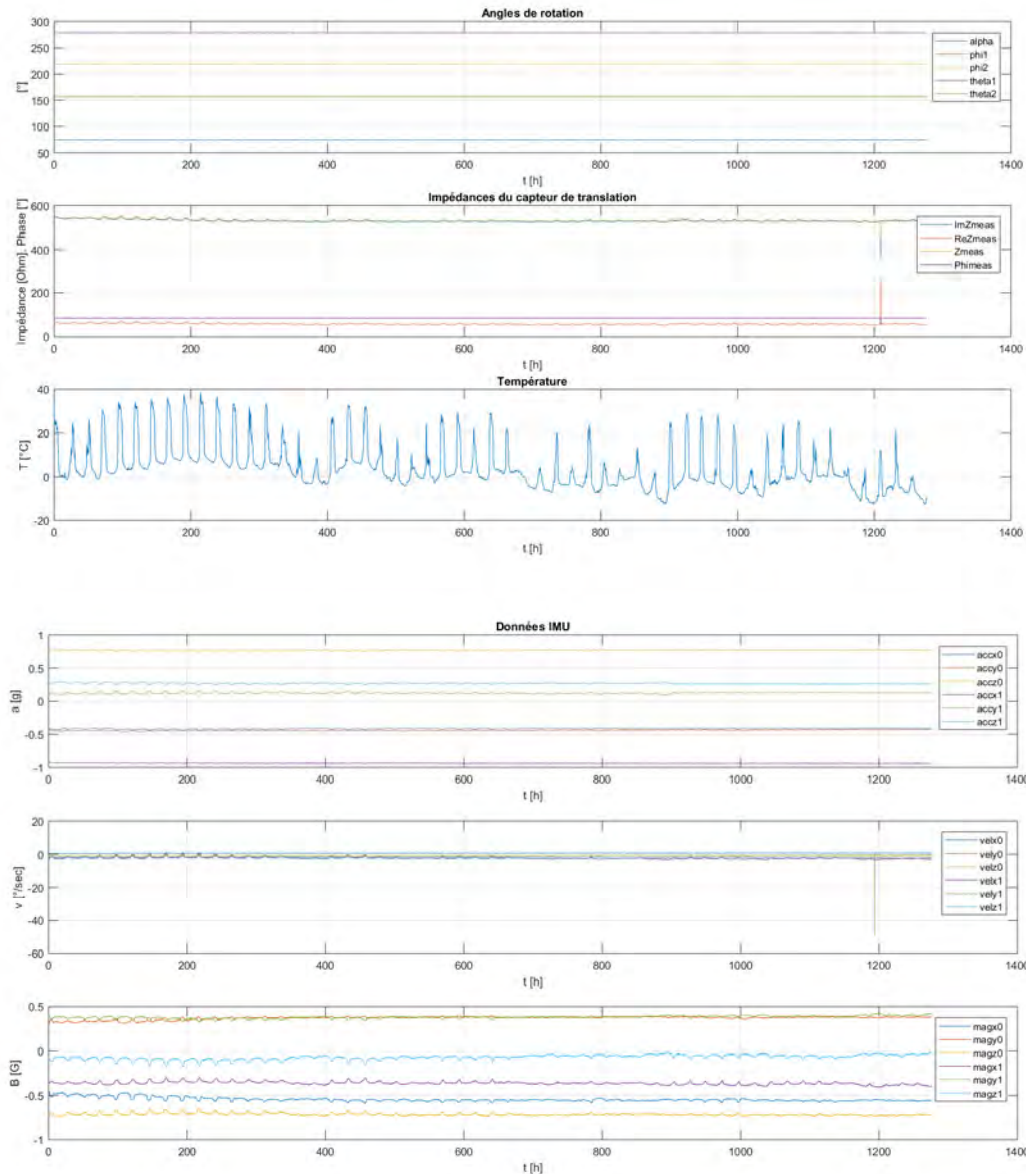


- **Instrument** peut être monté indépendamment de l'orientation des deux pieds
- Montage du **contrôleur** de l'instrument sur poteau, en-dehors de la neige, ou dans un arbre (env. 0.5 l, 500 g)
- Pas besoin d'un **relais GSM** à proximité, donc pas de panneau solaire important (intégré dans le boîtier du contrôleur), ni batterie externe.

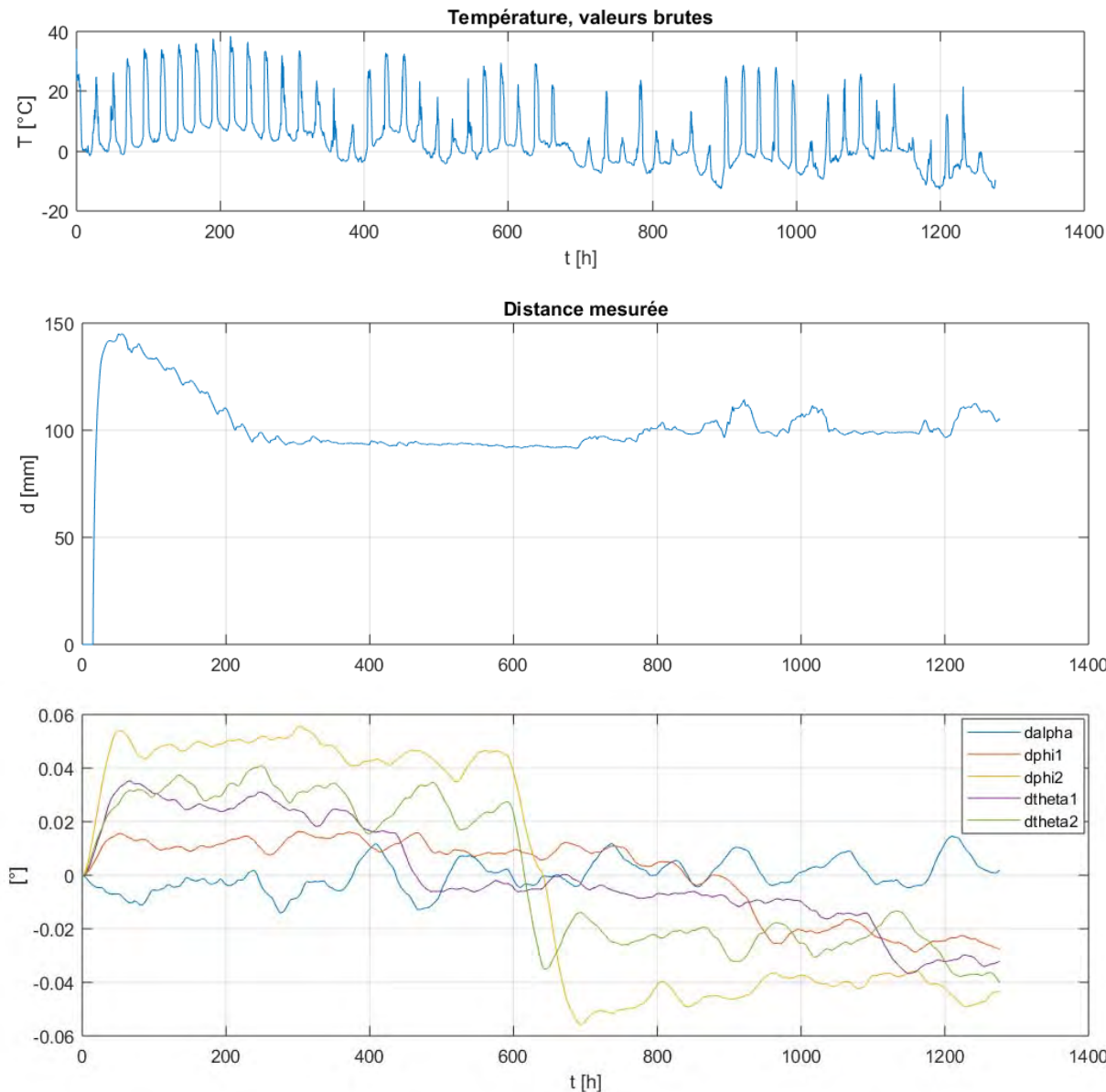


Premiers résultats

- Vue d'ensemble des mesures
- Sensibilité de quelques grandeurs à la température:
 - Capteur linéaire
 - Capteur du champ magnétique



Premiers résultats



- Données de mouvements du capteur linéaire et des 5 capteurs angulaires
- Compensation par post-traitement de la dérive en température du capteur linéaire
- Variation initiale de la longueur mesurée non mécanique

Améliorations techniques

- Le capteur linéaire actuel est trop sensible aux conditions environnementales → modification ou échange
- Surveillance de la batterie du relais LoRa / GSM et diminution de la consommation
- Possibilité de prise en main du contrôleur de l'instrument à distance
- Stockage local des données dans le contrôleur de l'instrument
- Intégration en option d'une antenne GPS avec le contrôleur de l'instrument

Préparation à une commercialisation

- Diminution du prix de revient de la partie mécanique
- Transfert des mesures vers le portail Guardaval
- Création d'un logiciel de visualisation des mouvements relatifs de compartiments rocheux