Vers des solutions de station de mesures multiparamètres autonomes, temps-réel et bas-coût en géosciences : mesures colocalisées de paramètres géodésiques, météorologiques et sismologiques

Maurin Vidal, Maxime Bès de Berc, Raphaël Chochon, Céleste Broucke, Romain Besso, Jean-Philippe Malet, Thomas Lebourg, Lucie Rolland









Besoins : des observations pour la science et pour l'opérationnel (gestion des risques)

des stations de mesures intégrées pour l'observation en temps réel de variables environnementales colocalisées, utiles pour la science, la surveillance et l'alerte

Pour la science

- Mesurer des données de qualité répondant aux exigences scientifiques
- Mesurer à haute fréquence temporelle et bas niveau de bruit
- Données aux formats et protocoles d'échange internationaux et données FAIRisées
- Bas-coût (déploiement de réseaux denses, déploiement sur des sites « à risque »)
- Durée « de vie » : 10 ans

Solution intégrée et modulaire

- capteurs météorologiques
- capteurs géodésiques (GNSS)
- capteurs sismologiques

Co-localisation des capteurs 1 carte d'acquisition 1 système de transmission unifié

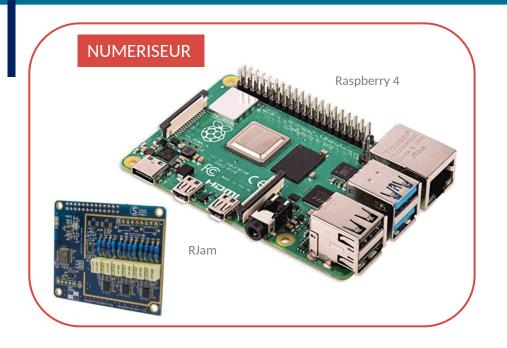
Pour l'opérationnel

- Transmission des données en temps-réel
- Faciliter l'interprétation des données brutes (outils de visualisation, services de traitement)
- Possibilité de mettre en place des seuils de dépassement de valeurs (pré-alerte, alerte)
- Intégrer les données acquises à d'autres réseaux d'observation

Contraintes techniques

- Faciliter le déploiement, la maintenance, le diagnostic de l'état du système
- Réduire la consommation d'énergie et assurer l'archivage des données brutes en local
- Réduire le coût de mise en œuvre et de maintien de l'instrumentation
- Faible emprise au sol et déploiement sur plusieurs types d'infrastructures

Le prototype « Envirosciences » : acquisition des données





CAPTEUR SISMOLOGIQUE



Géophone SeisTech 2Hz / 3C

CAPTEUR GNSS BI-FREQUENCE



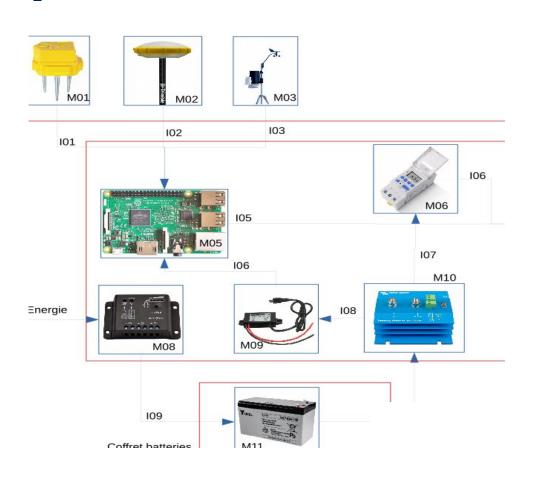
Puce GNSS (u-blox) + Carte GNSS + Antenne géodésique

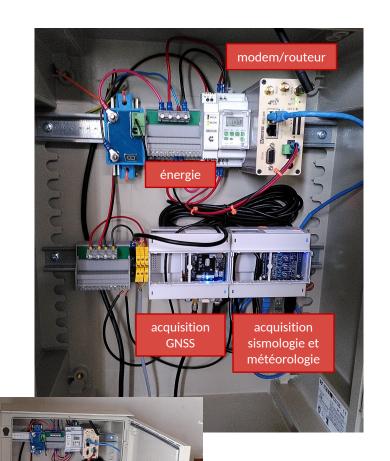
CAPTEURS METEOROLOGIQUES

Station météorologique multi-paramètres Vantage Davis Pro

(température, humidité de l'air, précipitation, vitesse et direction du vent, pression)

Le prototype « Envirosciences » : acquisition des données





Le prototype « Envirosciences » : récupération et gestion des données

ACQUISITION



- Routine de gestion des flux des données capteurs
- Stockage en parallèle
 - Fichier raw et standard d'échange international (miniseed, rinex, csv)
 - Flux Seedlink
 - Base de données
- Réplication SQL de la BDD

EXPLOITATION SUR SERVEUR



- Serveur VPN
- Affichage sur plateforme web
- Routine de « suivi des paramètres de la station
- Réplication SQL de la BDD

Un historique de développement et des solutions existantes

Le système Géobalise (CNRS/GéoAzur et GeoLogic)

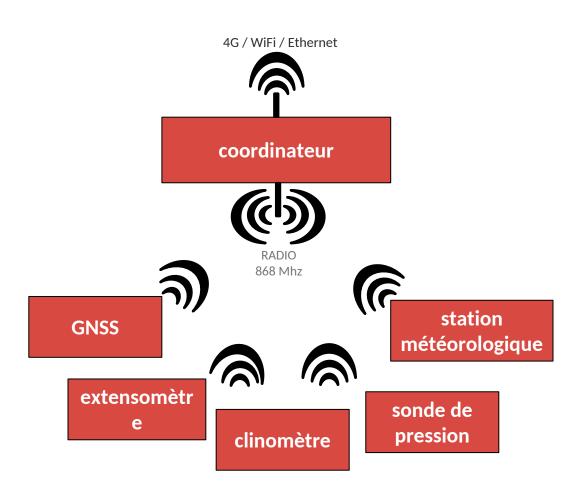
Vidal, Chochon, Besso et Lebourg (GeoAzur)

Le coordinateur collecte et diffuse les données des différents capteurs :

- Les métadonnées (tension batteries, qualité de la donnée, qualité de transmission) sont disponibles en temps réel
- Les données brutes des capteurs sont disponibles en temps réel, et sont stockées sur un serveur pour traitement, affichage, etc.

Système de transmission unifié:

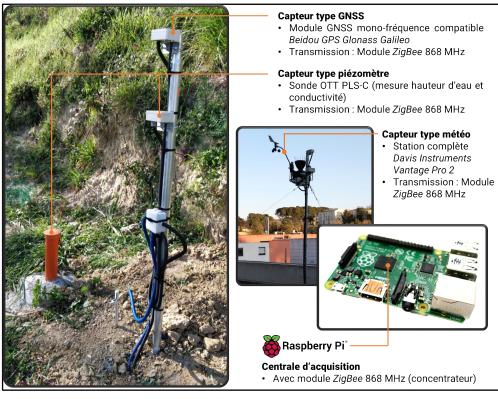
- Chaque module (capteur) communique par protocole radio vers le coordinateur : basse conso (>100 mW), portée 4km
- Le coordinateur se connecte au serveur au travers d'un VPN par 4G, WiFi ou Ethernet



Un historique de développement et des solutions existantes

Le système Géobalise (CNRS/GéoAzur et AzurGeoLogic)

Vidal, Chochon, Besso, Hernandez et Lebourg







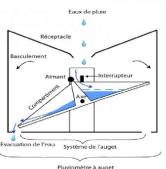
- Applications
 - Mesure des déformations du sol et/ou batiments
 - Systèmes Installés sur plusieurs sites observatoires et/ou à enjeux

Mesure de la quantité de précipitations liquides

- Objectif scientifique : Tester la fiabilité des mesures et estimer l'erreur de mesure
- Objectif technique : Éprouver différents modes de maintenance des stations

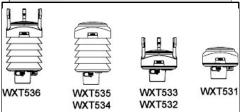
Pluviomètre à augets basculants - Davis VP2 (basculement d'un poids taré de liquide)





Pluviomètre à impact - VAISALA WXT 530 (détecteur piézo-électrique de l'impact des hydrométéores)

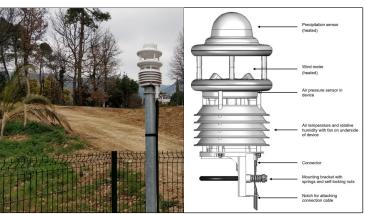




Banc test : bâtiment GéoAzur (Sophia-Antipolis)



Radar Doppler 24 GHz - LUFFT WS700-UMB (taille et de la vitesse des hydrométéores dans une colonne d'air)



Mesure de la quantité de précipitations liquides

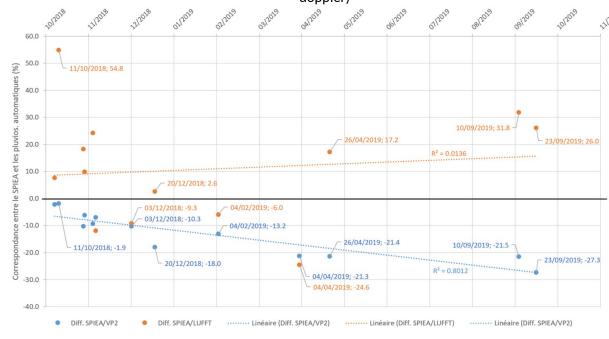
Etude du cumul pluviométrique entre le 20/9/2019 - 18.00 UTC et le 23/9/2019 - 6.00 UTC

Matériel	Cumul (mm)
Manuel SPIEA	38.8
Station VP2 A	28.2
Station VP2 B	38.4
Station VP2 C	39.4
Station Lufft	48.9
Station Polytech	
Station CIV	34.0
Station MF Valbonne	32.3

Station:

- Manuel SPIEA : Mesure manuelle
- VP2 A: Double auget, calibrée en 08/2018
- VP2 B: Double auget, calibrée en 05/2019
- VP2 C: Mono auget, pas de calibration
- Lufft WS700: Radar, pas de calibration
- Station Polytech Campus Sophia Tech: 1.5 km de distance au SO | Données via Infoclimat
- Station CIV EduMed/MAE: 1.5 km de distance au NO | Données via Infoclimat
- Station MF Valbonne: 2.4 km de distance au NO

Erreur de mesure pour les cumuls > 30 mm (pluviomètre manuel) par rapport au pluviomètres automatiques (bleu: auget ; orange : radar doppler)



Observations GNSS: mesures de positionnement

Récepteur GNSS mono-fréquence Ublox M8T

- · Multi-constellations: GPS, Glonass, Galileo
- Consommation: 0.2 W en continu
- Adaptée à des lignes de base courte
- Optimisé pour des solutions de positionnement journalière





Récepteur GNSS bi-fréquence Ublox F9P

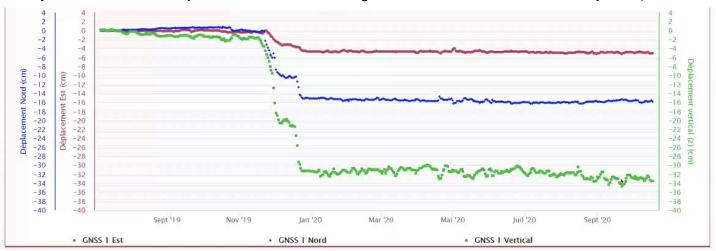
- Multi-constellations: GPS, Glonass, Galileo et Beidou
- Cseulement la moitié des satellites GPS exploitables en bi-fréquence
- Antenne avec fiche de calibraiton ANTEX
- Solution centimétrique en mode RTK





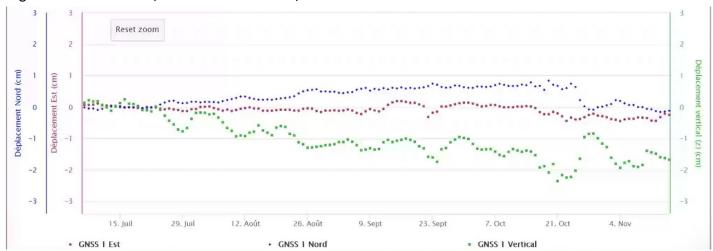
Observations GNSS: mesures de positionnement

Récepteur GNSS mono-fréquence : accélération d'un glissement de terrain suite à fortes pluies (Grasse-Carré)



Récepteur GNSS mono-fréquence : qualité du positionnement (solution RTKLib journalière)

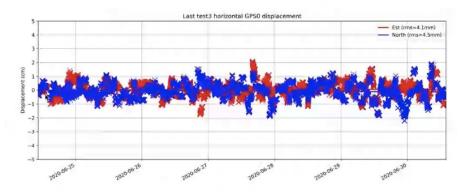
Ligne de base : 13 km (Grasse vs. RGP-CANN) / Précision horizontale : 5 mm / Précision verticale : 10 mm

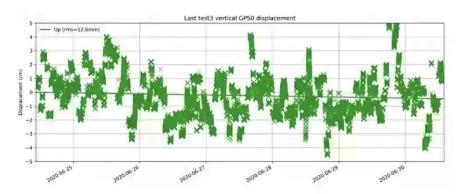


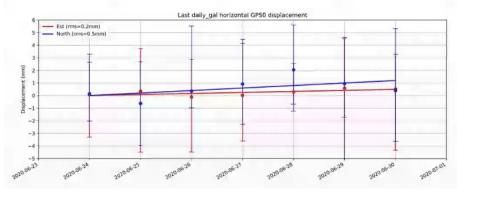
Observations GNSS: mesures de positionnement

Qualité des récepteurs GNSS bi-fréquence







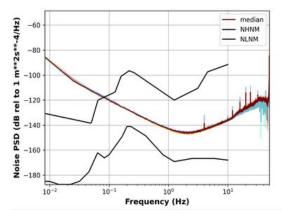




Observations sismologiques



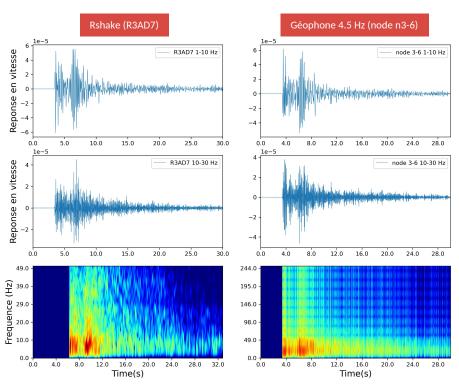




Rshake (R3AD7)

Bruit intrinsèque des stations sismologiques RShake 3D (v5)

Géophone 4.5 Hz (node n3-6)



R3AD7 1-10 Hz node 3-6 1-10 Hz Reponse en vitesse -5.0 -7.50.0 100.0 125.0 0.0 R3AD7 10-30 Hz node 3-6 10-30 Hz Reponse en vitesse 50.0 100.0 125.0 150.0 175.0 120.0 Exeduence (Hz) 195.0 -120.0 80.0 100.0 120.0 140.0 160.0

Séisme / Pic de Bastan (Mlv = 2.7)

Tir VibroSeis (vertical, 10 Hz / 60s)

Le réseau Envirosciences-Pyrénées

Combinaison d'observation in-situ, d'imagerie satellitaire et de science citoyenne pour améliorer la connaissance des aléas en zone de montagne

Partenaires













Territoires concernés

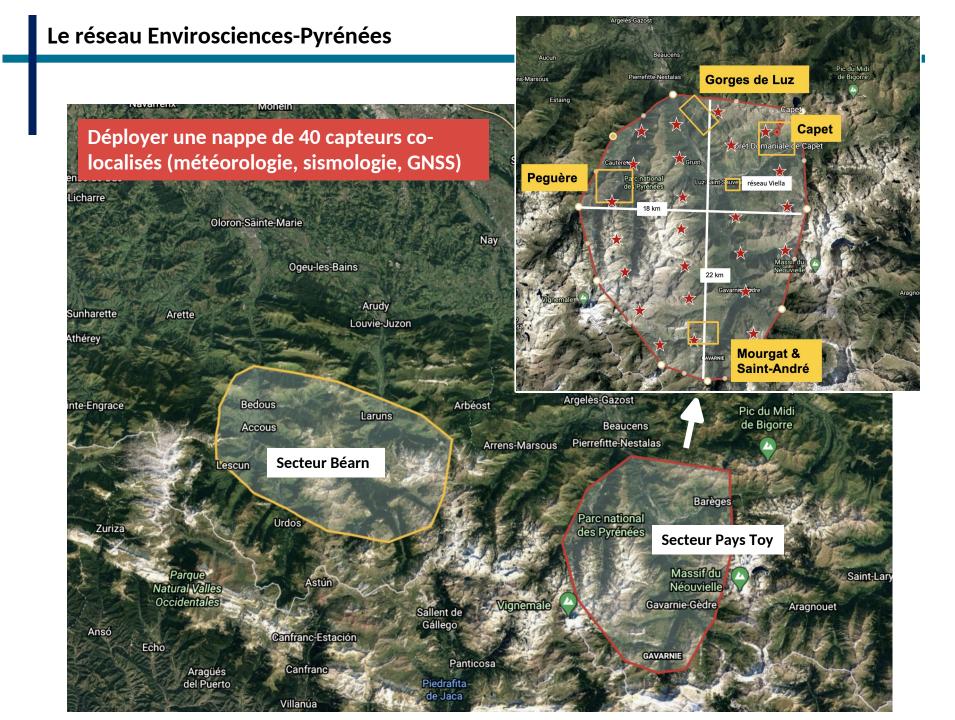




Calendrier

Phase 1: 2021-2022 - installation des réseaux d'observation et premiers prototypage des produits

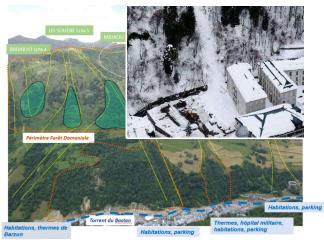
Phase 2: 2023-2024 - diffusion des produits, analyse scientifique et démonstration d'usages opérationnels



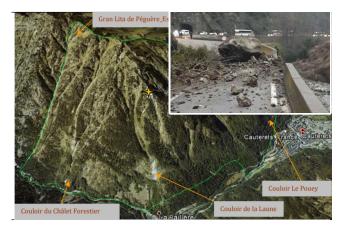
Le réseau Envirosciences-Pyrénées

Déployer une nappe de 40 capteurs co-localisés (météorologie, sismologie, GNSS)

- Contribuer à l'analyse de l'aléa sismique et la connaissance des structures tectoniques actives
- Créer des catalogues instrumentaux d'évènements hydro-gravitaires (glissements de terrain, chutes de blocs, avalanches, crues torrentielles) à partir de données sismologiques.
- Documenter la micro-météorologie locale et ses variations dans le temps (mesures directes météorologiques, mesures inverses de profils d'humidité de l'atmosphère par GNSS)
- Analyse des forçages météorologiques et sismiques sur le déclenchement de processus gravitaires



Avalanches du Capet (Barèges / Sers)



Ecroulement et chutes de bloc du Péguère (Cauterets)



Crue torrentielle du Bastan (Luz-St-Sauveur)

Conclusion

- Des systèmes de mesures déjà opérationnels : Géobalises (météorologie + géodésie)
- EnviroSciences: version 1 du système intégrant les mesures sismologiques en qualification
 évolution en phase 2 (modification des cartes d'acquisition, etc)
- Des « clients » intéressés par la modularité et les caractéristiques des systèmes (services de l'Etat, collectivités, autres laboratoires de recherche, bureaux d'étude)
- Une forte plus value : des algorithmes de traitements automatiques (GNSS, météorologie, détection et classification de signaux sismologiques existants ; webservices)
- Collaboration GeoAzur EOST : vers un catalogue de prestations :
 - Niveau 1 : code open source et liste des composants
 - Niveau 2 : prestation de construction et qualification des systèmes de mesures
 - O Niveau 3 : prestation Niveau 2 + gestion des données et calcul/diffusion de produits