

Compte Rendu de la première ANF du réseau de métiers MSK du 30/09 au 4/10 2019 à Vallon Pont d'Arc - Ardèche

Le réseau de métiers CNRS « Milieux Souterrains et Karsts » doit animer des actions. L'une de celles-ci peut être une action de formation. Lors de l'atelier du 26 juin 2018, autour des diverses présentations des intervenants, il a semblé intéressant de mettre sur pied une formation autour des capteurs souterrains.

Le bureau du réseau a donc rassemblé des intervenants présentant des compétences complémentaires et pointues dans les domaines de la mesure de paramètres aériens, hydrologiques et autour des traçages souterrains.

La formation a été validée et financée par l'INSU et gérée administrativement par le service de la Formation Permanente (IFSeM) de la DR1 du CNRS à Villejuif. Le temps imparti pour annoncer la formation et faire les inscriptions a été assez court, ce qui n'a pas empêché la formation d'afficher complet rapidement.

Le but de cette formation était de donner les éléments de réflexion et les informations basiques nécessaires à l'utilisation ou à la création de capteurs environnementaux pour enregistrer des paramètres souterrains. La formation a été montée en répartissant les journées entre présentation en salle et mesures réelles en milieux souterrains. Afin de faciliter cette organisation, il était indispensable de faire la formation en résidence, dans une région karstique, et nous avons trouvé le site idéal à la base départementale de Salavas, en Ardèche, au début de l'automne avec une température et un climat encore cléments.

La formation a réuni 10 intervenants de différents laboratoires, dont deux belges, et 11 participants de toute la France, pendant une semaine.



Photo de groupe à la résurgence de l'évent de Foussoubie. Photo SJ.

1/ L'équipe

Intervenants :

- Judicael Arnaud, Président de l'École Française de Spéléologie, responsable technique et logistique de la formation ;
- Christian Buret, enseignant chercheur de l'Université de Bruxelles, physicien et spécialiste des capteurs de température et de concentration en CO2 atmosphériques ;
- Stéphane Jaillet, co-organisateur et membre du bureau MSK, géomorphologue et photographe ;
- Didier Jezequel, enseignant chercheur à l'Université de Paris, hydrogéologue spécialiste des capteurs hydrologiques ;
- Emmanuel Malet, référent installation d'instrumentation de terrain au laboratoire EDYTEM ;
- Gaël Monvoisin, organisateur de la formation et membre du bureau MSK ;
- Laurent Morel, enseignant chercheur en physique et électronique à l'IUT de Villeurbanne ;
- Amaël Poulain, enseignant chercheur de l'Université de Namur, développeur d'un système portable de traçage souterrain ;
- Luc Rossi, société Syera, développement de capteurs aériens et hydrologiques ;
- Alexandre Zappelli, co-organisateur et membre du bureau MSK, référent hydrologie de la commission scientifique de la Fédération Française de Spéléologie.

Participants :

- Rémi Cambra, technicien en instrumentation scientifique à l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie de l'Université de Bordeaux ;
- Johan Jouve, Ingénieur géologue, société CENOTES ;
- Dimitri Laurent, post-doctorant sur la formation des karsts hydrothermaux des Pyrénées au laboratoire de Géorressources CREGU de l'Université de Lorraine ;
- Nicolas Lecoq, enseignant chercheur en modélisation du karst au Laboratoire de Morphodynamique Continentale et Côtière de l'Université de Rouen ;
- Laurent Magne, expert judiciaire hydrogéologue, collaborations avec l'Université de Rouen ;
- Guilhem Maistre, directeur exécutif et responsable de l'instrumentation de la société CENOTES ;
- Lucie Martin, technicienne en hydrologie opérationnelle de l'équipe de terrain au laboratoire HydroSciences de Montpellier ;
- Sylvain Mateo, technicien en instrumentation scientifique à l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie de l'Université de Bordeaux ;
- Remi Muller, technicien en hydrologie opérationnelle de l'équipe de terrain au laboratoire HydroSciences de Montpellier ;
- Fabien Naessens, assistant ingénieur en instrumentation scientifique à l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie de l'Université de Bordeaux ;
- Vanessa Stefani, technicienne hydrogéologue au laboratoire Chrono-Environnement de l'Université de Franche-Comté.

2/ L'hébergement

La base départementale de Salavas, à la sortie de la commune de Vallon Pont d'Arc, est idéalement située pour pratiquer la spéléologie en Ardèche. Elle est à 15 minutes du réseau souterrain de Foussoubie, et à 45 minutes du trou des jeunes. Elle est également proche de nombreuses autres cavités que nous n'avons pas pu aller visiter et de l'Aven Orgnac ou de la grotte Chauvet, deux sites touristiques que nous aurons l'occasion d'aller voir.

La base est à deux pas de l'Ardèche et est surplombée par une falaise d'escalade permettant de faire des exercices de déplacement sur corde.

La logistique est un peu spartiate mais les repas sont très bons et copieux, l'hébergement est confortable, en chambres de 1, 2 ou 3 personnes, avec des salles de cours et un espace pour stocker du matériel. Enfin les prix de l'hébergement défient toute concurrence.

L'accueil y a été très bon et agréable et nous remercions l'équipe de gestion et de restauration qui nous a dorloté toute la semaine et en particulier Bruno Damiens et Thierry Baude qui ont réussi à composer avec nos exigences pas toujours simples sans jamais perdre le sourire.

Base départementale de Salavas (<http://www.ardeche.fr/224-bases-de-plein-air.htm>), 245 Chemin de la Vernede, 07150 Salavas, proche de l'entrée des Gorges de l'Ardèche à Vallon Pont d'Arc : (<https://www.google.com/maps/place/Base+D%C3%A9partementale+de+Loisirs+de+Salavas/@44.3933414,4.3936922,15z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x2560659917889d26!8m2!3d44.3933414!4d4.3936922>).

3/ Le programme

La semaine promet d'être chargée lorsque nous préparons le programme de la semaine entre tous les intervenants lors des 3 ou 4 réunions de préparation en visio-conférence, nous venons de toute la France.

Jour	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
8h			Petit déjeuner		
8h30		Présentation capteurs et mesures : Laurent Principe physique d'un capteur. Quelques exemples : capteur de pression, température, optique, ... Les différentes erreurs possibles (erreur de gain, de linéarité, d'offset, d'hystérésis, de numérisation...), stabilité et dérive dans le temps, conditionnement. Interdépendance des grandeurs, un capteur ne mesure pas qu'une seule grandeur. Conversation analogique (capteur) vers du numérique. Chaîne d'acquisition, les erreurs se propagent. Traitement des données, bruit de mesure, filtrage des données	Présentation capteurs hydrologiques + DEF- DGT - Peeper (Didier)	Présentation installation de stations et récupération de plusieurs capteurs (Manu)	
9h		Présentation développements et matériels à façon Glog datalogger open source : Luc (GLOG, Générateur d'un datalogger) L'origine du projet Les objectifs : low cost, ouvert (pourquoi ?), modulaire et polyvalent Les bases d'un datalogger Généralités Synoptique Les choix : Énergie, Gestion du temps, Stockage des données, Interface Homme/machine Compatibilité capteurs : analogique ou numériques ? Capteurs numériques, quel bus ? La modularité : quel découpage des fonctions ? La carrosserie Les solutions Arduinosques Le projet à ce jour : modules et capteurs, retour d'expérience La roadmap, pluviométrie, photo/vidéo (RXD), sonde conductivité + Température intégrée, spectroscopie optique, GPS, Sigfox / LoraWan, DIRAC émetteur / récepteur	Travaux Amaël : Les essais de traçage en général - évolution des méthodes et usages, application au milieu souterrain. Les techniques de mesures in situ, traceurs fluorescents, méthodes actuelles, quelles applications et perspectives futures ? Le développement des fluorimètres STREAM adaptés au milieu souterrain : objectifs et philosophie du projet, choix techniques, exemple de résultats, limitations, perspectives. Un mot sur la manip de traçage du lendemain : objectif et méthodes, calibrations préalables.	Récupération des capteurs par speléos (Judi) Retours d'expériences stagiaires	Discussions ouvertes et verrous techniques à lever
9h30		Présentation aérologie : Température, humidité, pression, CO2, micro-climatologie, Niphargus (Christian)	Discussions ou prolongement des présentations usages, application au milieu souterrain.	Capteurs et erreurs, dérives, Justesses précisions, calibration (Laurent, Luc, Christian, Amaël)	Préparation de notes techniques sur les capteurs et présentations de la semaine (Gael et tous) répartition des tâches et calendrier
10h	Arrivée des intervenants	Discussions ou prolongement des présentations	Départ Trou de jeunes 45' + 5' de marche	Travaux Amaël : Retour sur les manip "Hydro" de la veille. Déchargement des données des différents capteurs (GGLN, STREAM) en direct si possible (vu qu'on sera probablement pressé par le temps, possible de faire une démo mais d'avoir déjà les sets de données prêts à l'interprétation pour chacun des stagiaires sur leur laptop). La démo de déchargement servira à illustrer le côté logistique liés à tel ou tel capteur, cela me semble indispensable si on a le temps. Synthèse des mesures de débits pour chacun des sites, comparaisons éventuelle si + de 1 technique/site. Mise en forme des données de traçage et interprétation, comparaison des résultats des différents appareils (précision, résolution, bruit de fond et perturbations éventuelles).	Bilan de la formation
10h30	Installation des topos, biblio, trombinoscope,		Visite station limnimétrique Vogué + station télé-détection Auzon	Luc technico de deux capteurs utilisés en aéro, les capteurs CO2 NDIR et les capteurs O2 à fluorescence : bref aperçu des technologies concurrentes principe de fonctionnement les conséquences pour l'usage en milieu souterrain retour d'expérience	
11h	Tour de table + Programme intervenants	Départ Foussoubie 5' + 5' Event ou + 15' Cordier	Présentation Capteurs débits, mesures, traçages en extérieur tous ensemble	Dépouillement et traitement des données	
11h30	Présentation et exposition de matériel	Utilisation capteurs et installation mesures Choix des sites (ventilation, humidité, parois, sol, hauteur, accès...)			
12h			Pique Nique		
13h	Arrivée stagiaires	Utilisation des capteurs, problèmes, dérives, pas de temps, ...)		Discussions des erreurs, résultats etc. Erreurs, étalonnage, dérive	Visite de la grotte Chauvet 2 (réplique)
13h30	Tour de table + Programme semaine				
14h30	Présentation du réseau de métiers CNRS "Milieux Souterrains et Karsts" (Gael)				
15h	Rappels réglementation et sécurité souterraine (Gael/Judi)	Gestion des ateliers Christian/Luc	Utilisation capteurs hydro (Didier et Gael) Installation traçage (Amaël et Alex) CTD (Luc)	Présentation Données: Pas de temps, autonomie, batteries, etc.	
15h30	Présentation matériel de fixation des capteurs souterrains(Manu/Judi)				
16h	Tests installation en falaise présentation matériel speléo (Manu/Judi)	Deux stations complètes Glog + niphargus sur le chemin Laisser sur place 48 h et récupération mercredi soir ou jeudi matin.			
16h30	Répartition matériel speléologique pour les stagiaires			Développements, nouveaux capteurs (Laurent, Luc, Christian, Amaël, Didier)	Fin de la formation
17h					
17h30					
18h	De l'idée de la mesure à la mesure enregistrée (Stéphane/Manu)				
18h30					
19h		Diner			
19h30					
20h					
20h30	Retour d'expérience Didier : le Creux du Soucy ou la résurgence de Pau	Retour d'expérience Stéphane/Manu : Instrumentation dans l'évent de Foussoubie		Barbecue convivial fin de formation	
21h					
21h30	Retour d'expérience Christian : Des capteurs sans fil à Hans sur Lesse	Retour d'expérience : Amaël / Alex Essais de traçage à partir de la surface du karst : quelles méthodes pour quels résultats ?	Visite de l'Aven d'Oignac et dégustation de vin		
22h					
	En salle				
	Sous terre				
	En extérieur				

Lundi 30 septembre 2019

- Tour de table de présentation
- Rappel des contours du réseau de métiers MSK (Gaël Monvoisin)
- Présentation des matériels de fixation (Judicaël Arnaud)
- Distribution du matériel de progression souterraine, présentation des règles de sécurité, présentation des techniques de descente en rappel (Judicaël Arnaud)
- De l'idée de la mesure à la mesure... Vie et mort d'un site instrumenté (Stéphane Jaillot)
- Retour d'expérience : Le creux du Soucy, Auvergne (Didier Jezequel) + Jurançon, Pau (Didier Jezequel)
- Retour d'expérience : Hans sur Lesse, Belgique, les capteurs sans fils (Christian Burlet)

Mardi 1^{er} octobre 2019

- Présentation du fonctionnement physique d'un capteur (Laurent Morel)
- Des développements de dataloggers à façon (Luc Rossi)
- Développements de capteurs de température, de CO₂ ou d'humidité dans l'air (Christian Burlet)
- Installation de capteurs de température, de CO₂, de courant d'air, de pression, comparaisons spatio-temporelles, intercomparaisons de capteurs, dans la traversée de l'aven Cordier à l'évent de Foussoubie.
- Retour d'expérience : Etude du réseau de Foussoubie (Stéphane Jaillot)
- Retour d'expérience : Traçages avec des capteurs de fluorescence (Amaël Poulain)

Mercredi 2 octobre 2019

- Présentation des mesures de paramètres hydrologiques et calculs de débits par traçages par nuage salin. Capteurs passifs (DET, DGT) (Didier Jezequel)
- Développements de capteurs de fluorescence pour réaliser des opérations de traçages souterrains (Amaël Poulain)
- Mesures multiparamètres et traçages souterrains par colorimétrie entre le Trou des Jeunes, l'aven des côtes, et la rivière Auzon. Comparaison de techniques, utilisation des capteurs, différents traçages avec plusieurs colorants, intercomparaison de capteurs et de techniques.
- Visite guidée du site instrumenté de l'Aven d'Orgnac et dégustation des vins locaux d'Ardèche conservés dans la grotte.

Jeudi 3 octobre 2019

- Adaptations de capteurs et monitoring sur stations Campbell (Emmanuel Malet)
- Retour d'expérience : Développement de capteurs I2M Bordeaux (Fabien Naessens, Sylvain Mateo)
- Retour d'expérience : Présentation de matériel de mesure (Laurent Magne)
- Retour d'expérience : Instrumentation de la grotte des petites Dames, circulations d'air complexes (Nicolas Lecoq)
- Travaux de dépouillements des données des capteurs installés les deux jours précédents. Mise en forme des mesures, questionnements sur les dérives, erreurs, différences entre les capteurs etc.
- Retour d'expérience : Instrumentations et suivis de terrain de Chrono-Environnement (Vanessa Stefani)
- Développements et comparaisons des techniques de mesure du CO₂ (Christian Burlet, Luc Rossi)

Soirée BBQ et baignade dans l'Ardèche

Vendredi 4 octobre 2019

- Présentation de la revue Karstologia (Stéphane Jaillet)
- Présentation de l'INSU (Pierre Kern)
- Bilan de la formation et perspectives.

Visite guidée de la réplique de la grotte Chauvet 2

Fin de la formation