

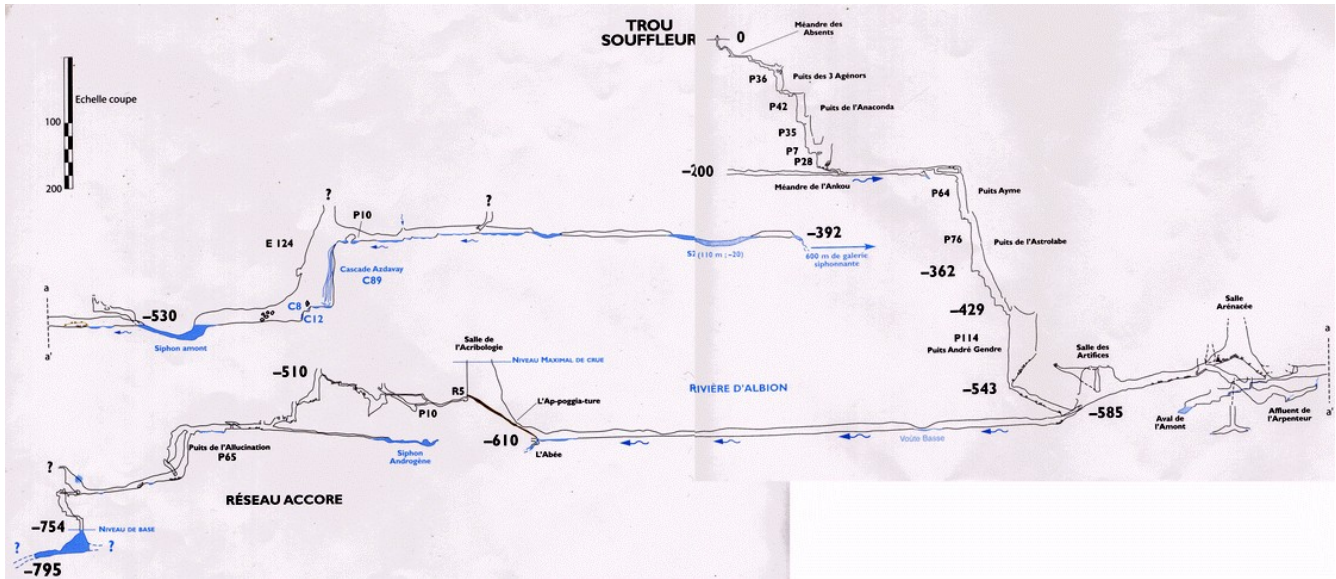
## Descente au Siphon Terminal du Souffleur d'Albion :

### Récit de l'expédition et quelques mots sur la physique émanant de l'analyse des données de pression.

Spéléos présents : Assia, Sylvie, Michel, Doumdoum, Léon, Sévan.

Le 3 et 4 Juin 2022.

TPST 32h(Léon+Sévan), 34h (Assia, Michel, Doumdoum, Sylvie)



Cette virée a pour objectif de récupérer une sonde de pression déposée deux ans plus tôt au niveau du siphon terminal, à -750m depuis l'entrée du Souffleur.

Le rendez-vous avec l'équipe est donnée à 9h30 au niveau de l'entrée. Autour de quelques croissants et pains au chocolats, la préparation du matos demande un certain temps. Déjà, il faut prévoir de la corde et des amarrages. Les crues ne faisant pas de cadeau, il est probable que l'équipement en fixe soit endommagé à certains endroits. Il faudra aussi nos affaires de bivouac et beaucoup de bouffe.

Finalement, on descend à 11h pétante. Je ferme la marche avec Doum, le méandre des absents et les premiers puits se passe bien et l'Ankou est vite atteint. Ce long méandre est plutôt bien aménagé, mais j'ai eu la bonne idée d'accepter le portage de deux kits en plus de mon minikit. Ça frotte un peu, mais avec la pêche du début de la descente, la progression reste agréable. On passe au niveau de la corde d'accès au fond du méandre, il ne faut pas la prendre, elle mène à l'ancien accès !

Peu après ce passage, Michel fait tomber son minikit dans le méandre, que l'on entant alors ricoché de parois en parois. Le vrai problème, c'est que son descendeur y était accroché ! On s'interroge... le kit est il au fond du méandre, ou a il entamé la descente du prochain puits ?

Michel commence à descendre le puits « Ayme », pour voir si son minikit n'est pas au niveau de margelle juste avant la zone instable du P64. De mon côté, je fait demi tour, et empreinte la vielle corde croisé plus tôt, dans le but de chercher le minikit au fond du méandre. Un mono-point bien rouillé en guise de fractio ça fait toujours plaisir, c'est donc en désescalade (« sécurisé » d'un descendeur) que je rejoins le fond du méandre et progresse dans ce fameux cheminement des anciens

spéléos. C'est bien étroit ! Je tombe finalement sur le kit et le descendeur, quel soulagement ! Je rejoins les autres et nous continuons la descente. Le reste s'enchaîne nickel, c'est toujours un vrai bonheur de descendre les 350m de puits, si vastes et majestueux. le P114 « André Gendre » est si gigantesque, qu'à la fois la lumière du casque et le son de l'eau qui coule y sont intégralement absorbés... C'est dans cette ambiance cosmique que nous rejoignons finalement la rivière l'Albion, puis le bivouac vers 16h.

On se pose et on mange une heure. Quelques spéléos dont Édouard se préparent pour des explorations . Ils ont descendu une pastèque... Quand même, je tiens à saluer la performance ! Assia décide de rester au bivouac, c'est donc à 5 que nous prenons la route du Siphon Terminal, vers 17h.

Au niveau de la voûte mouillante, ça baigne ! L'eau est plutôt bonne et ne monte pas au dessus du nombril. La rivière est vraiment jolie, et le dépôt de calcite sur certains galets est à l'origine de constructions tout à fait singulière.



*Calcite sur galet : photo Marina Kafka camp Bio-spéléo*

Aucun d'entre nous n'était allé jusqu'au siphon terminal ; Sur la topo, cela ne semble pas si loin...ce n'est qu'illusion. Arrivé au niveau du siphon de l'« Abée », une main courante permet de rejoindre l'« Appogiature », c'est ici que débute réellement l'aventure, nous sommes ici à -610m. L'Appogiature est une pente de boue, pour un dénivelé d'une centaine de mètres. Heureusement, de légers creusements dans la boue faisant office de marches aident à la progression. La grande salle de l'« Acribologie » annonce la fin des grand volume pour un bon moment, pour laisser place à une partie de la cavité beaucoup moins fréquenté et disons...plus intime. La suite est un enchaînement de descentes de toboggans boueux, et de quelques remontées sur corde. Dans cette partie du réseau, des indices témoignent de la violence de certaines crues, comme par exemple l'état de certaine cordes dont l'âme est désormais à nue sur parfois un trentaine de centimètres, d'où l'intérêt de prendre de la corde.

Après ces descentes et remontées, je me retrouve devant avec Léon lorsque nous tombons sur un siphon..Zut ! Comment est-ce possible ? Mais après une certaine interrogation nous remarquons un passage étroit et boueux, juste derrière nous à notre droite : Le fameux « Boyau Anal ». Je vous l'avez dit que ça devenait intime... Ce dernier porte bien sont nom, et le matos dégustes bien comme il faut !

Après une progression étroite et boueuse (ou bien boueuse et étroite selon...), nous rejoignons enfin du volume, et pas des moindres. Depuis une lucarne, nous débouchons au départ d'une belle verticale. Léon reconnaît alors le réseau des neiges et le fameux « puits de la jonction », puisqu'il avait fait parti de la première équipe à réaliser cette traversée mythique depuis Aven du Julien jusqu'au souffleur ! Du haut de cette verticale, nous sommes à -510m et nous avons toujours rendez-vous à -750m.

Le réseau devient maintenant très esthétique au fur et à mesure que l'on descend. L'accès au siphon Andromède est vraiment classe, avec son immense banc de sable charrié par les crues !

Nous progressons ensuite dans une magnifique galerie jonchée de grosses marmites. Certaines ne peuvent être shuntées que par l'usage d'une main courante en fixe. Naturellement, certaines ont un peu subi et nous passons parfois avec parcimonie. Au bout de cette galerie, la fatigue commence à se faire ressentir. Mais pas de panique, nous sommes arrivés au niveau du puits de l'« Allucination », un beau P65 en bas duquel nous nous trouverons tout près de notre objectif ! On mange un bout, Sylvie a apporté un thermos de thé ! Je me gave de Snikers et propose de prendre le relais pour équiper le P65. La corde est stockée dans un kit à l'abri des crues. Les nœuds sont déjà en place, il suffit de poser les amarrages.

Je m'engage donc dans ce superbe puits armé de mon couteau et de ma bobine de dyneema ; En effet, nous manquons de mousquetons. Le puits est broché, j'équipe donc les deux premiers fractionnements avec des mousquetons ; pour le reste je coupe de la cordelette et en profite pour me choper une bonne crampe au bras droit ! Bref on atteint le fond rapidement, la fin du puits est vraiment belle avec de grandes écailles sur la paroi.

Après la descente d'un éboulis, et d'une autre petite verticale, nous arrivons enfin au niveau du fameux siphon terminal, il est minuit.

Un puits permet d'y accéder. Léon descend, tandis que l'on mange la minestrone. Après un moment il revient et annonce une nouvelle peu rassurante : La sonde n'est plus là ! Petit quiproquos heureusement, puisque la sonde ne se situe non pas dans un boîtier, boîtier rouillé que Léon a trouvé vide, mais devrait plutôt être immergée au bout d'un câble.

Je propose donc d'aller voir. De toute façon je ne voulais pas être venu jusqu'ici sans avoir plongé le bout de la botte dans ce fameux siphon ! Je descend donc ce puits qui après 15-20m rélargi et me dévoile l'impressionnant siphon. Me voilà enfin au lieu dit, une belle émotion me traverse et je me sens particulièrement chanceux d'être au fond de ce réseau mythique ! J'éclaire à fond, et constate avec humilité les parois s'enfoncer dans l'eau pour finalement disparaître dans les sombres profondeurs... C'est impressionnant, c'est la première fois que j'ai le vertige au dessus d'un siphon.

Je tire sur un câble et sors la sonde de l'eau. Problème : Je ne peut pas la détacher. Heureusement, le rab de câble me permet de remonter avec la sonde jusqu'en haut du puits...ou presque...

« Léon ! Tu as une pince à découper ?? ». Léon m'envoie la pince au bout d'une corde, et nous arrivons finalement à récupérer la sonde : l'objectif est donc atteint !

L'ambiance du fond est plutôt bien résumée sur la photo ci-dessous ;)



*Équipe pour le siphon terminal : Ambiance !*

Après une nouvelle pause bouffe, nous quittons les lieux vers 1h30. Je galère considérablement à déséquiper le P65, la corde s'accroche partout dans ces fameuses écailles, et je doit redescendre plusieurs fois pour la décoincer. Cette galère me fatigue et je perds du temps. Léon m'a gentiment attendu cependant.

Finalement j'arrive en haut, range la corde tant bien que mal, et on décolle. La suite est éprouvante, en particulier les toboggans de boue à remonter. Les bloqueurs glissent sur la corde et prendre appuis sur ces pentes boueuse demande une adresse certaine. J'aurais beaucoup appris cette sortie, « De la vrai spéléo » comme dirait Léon. La descente de l'Appogiature est scabreuse mais moins physique qu'à l'aller. Arrivée à la rivière, nous distinguons les lumière de Doum, Michel et Sylvie qui nous attendent.

Nous rejoignons le bivouac vers 7h30 du matin. L'heure est au sommeil pour les autres explorateurs du réseau. De notre côté nous mangeons (encore...), puis je rejoins mon hamac vers 9h.

Réveil à 11h30, 2h30 plus tard donc...et ça pique ! Après un petit déjeuner bien calorique et le rangement des affaires, Léon et moi même partons devant avec un peu de matos à remonter et de la poubelle. Nous profitons d'une halte à la rivière pour nettoyer notre matos qui retrouve enfin ses couleur. Départ de la rivière à 13h30. La remonté est vraiment éprouvante. Le méandre de l'Ankou n'en fini pas de m'enseigner se qu'est la « vrai spéléo »...et le pire, c'est qu'au fond, ça me plais . Les derniers puits, bien que moins long sont pourtant éprouvants. Et après 32h passé sous terre un bon petit soleil viens nous cueillir à 19h.

Le reste de l'équipe sera dehors une paire d'heures plus tard.

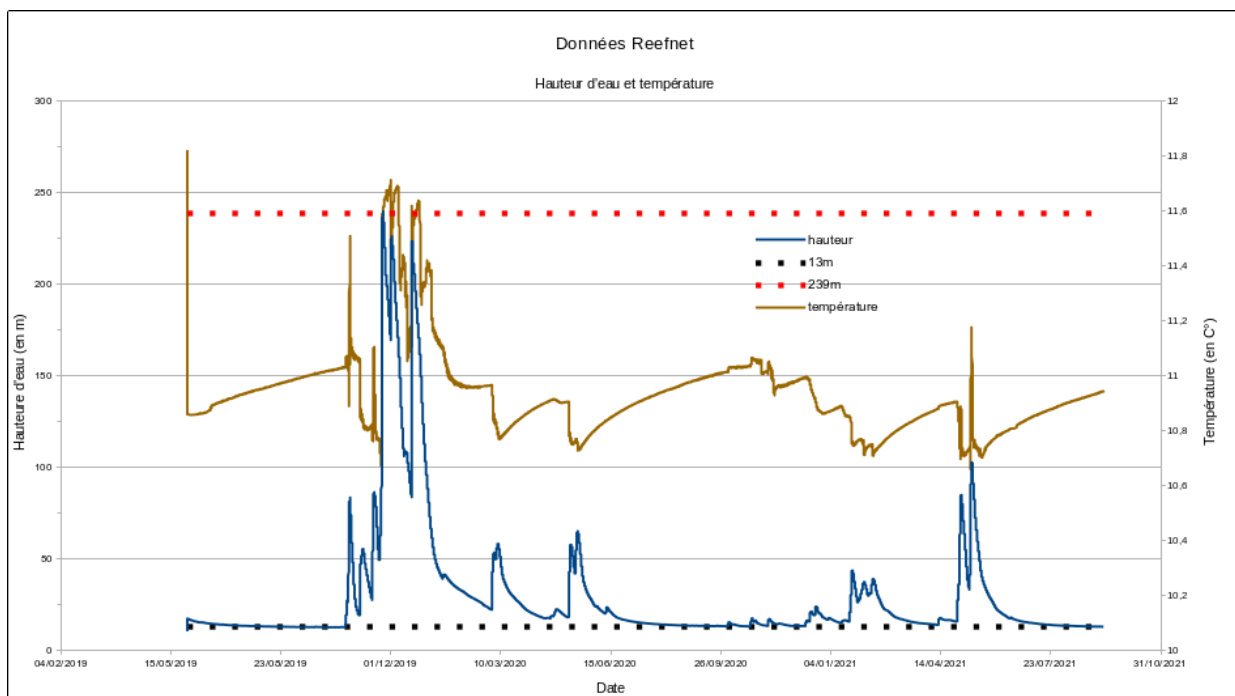
## Parlons physique avec les résultats de la sonde.

### 1) Domaine d'acquisition :

Les résultats de la sonde Reefnet sont arrivées ! Cette sonde mesure la température et du niveau d'eau au siphon terminal, et enregistre ces données toutes les 30 minutes. L'enregistrement a débuté le 30/05/2019 et c'est achevé le 09/09/2021, soit  $N_{\text{jours}} \times 24 \times 2$ , auquel on ajoute les heures entre 12h00 (début de l'acquisition), et 19h30 (fin de l'acquisition  $N_{\text{jours}}$  plus tard), soit  $(19-12) \times 2 + 1 = 15$ . En prenant en compte le calendrier nous obtenons  $N_{\text{jours}} = 833$ , ce qui nous donne finalement  $(833 \times 24 \times 2) + 15 = 39999$  points d'acquisition, ce qui est cohérent avec le fichier Excel dans lequel sont présentés les données.

### 2) Visualisation des courbes de température et pression :

Visualisons maintenant les résultats sur le graphique ci-dessous.

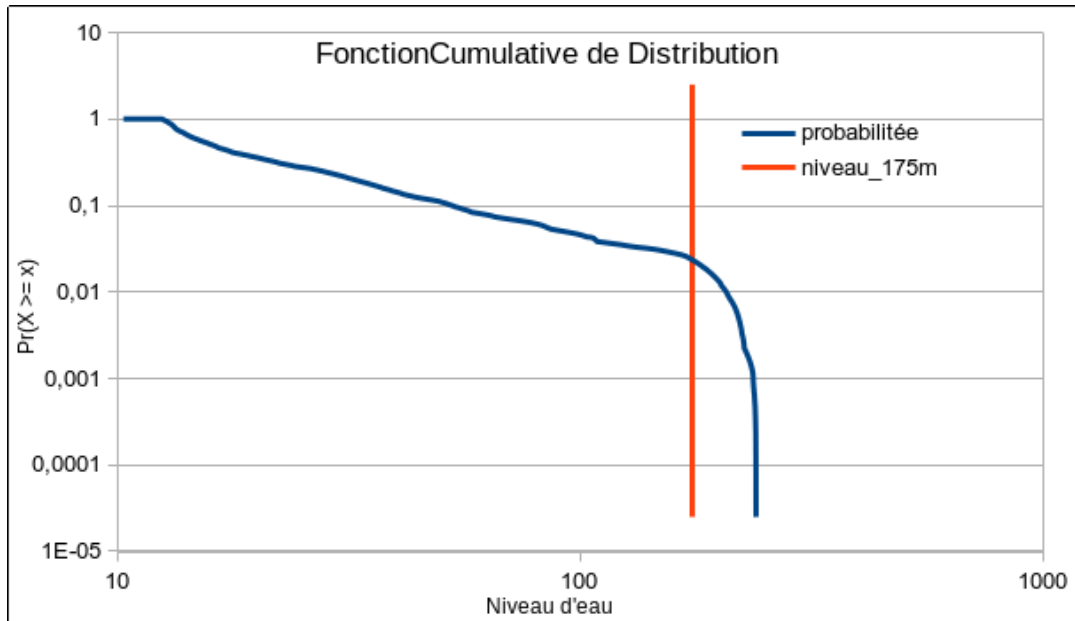


En premier lieu, tentons d'estimer la mise en charge maximale mesurée. Sur la topographie disponible (voir photo en tête de document), il est mentionné une surface du siphon terminal à la cote -754m. De plus, la cote -510m correspond à peu près à l'accès au « Boyau Anal » depuis le puits de la jonction, ce qui donnerait un niveau de débordement de  $754 - 510 = 244\text{m}$ . D'après les données récoltées, le niveau de base serait de 13m environ, et le niveau maximal de 239m, soit une mise en charge de 226m. Cette différence de 18m est plutôt faible compte tenu des hauteurs en jeu, et pourrait être expliquée par des incertitudes au niveau de la surface du siphon ou de la hauteur de la lucarne au niveau du puits de la jonction.

Deuxièmement, il semble que la température soit en général négativement corrélée avec la montée du niveau d'eau. *A contrario*, les deux événements de crue les plus importants sont corrélés positivement avec la température. On pourrait imaginer que cette inversion soit due à la température extérieure, mais ce n'est pas ce qui est observé, si l'on s'en réfère aux saisons hiver/été.

### 3) Auto-Organisation Critique des mises en charges au Souffleur:

L'aspect sur lequel je voudrais m'arrêter concerne la statistique de ces événements. En effet, un comportement tout à fait remarquable peut être mis en lumière si l'on calcule la fonction de répartition du niveau d'eau sur des intervalles de 30min i.e. la période d'acquisition. Discutons le résultat de ce calcul avec le graphique ci-dessous :



Pour faire simple, l'axe horizontal représente tous les niveaux enregistrés par la sonde ; L'axe est représenté en échelle « logarithmique décimal », c'est à dire qu'une graduation correspond à une puissance de 10, c'est ce qu'on appelle une « décade ». L'axe vertical représente la probabilité qu'une variable aléatoire  $X$  prise au hasard dans la population soit de valeur supérieure ou égale à  $x$  ; cette probabilité allant de 0 à 1 est également représenté en échelle logarithmique décimale. Dit d'une autre manière : Prenez une date et une heure au hasard, et demandez vous alors quel est la probabilité que le niveau d'eau soit supérieur ou égale à une certaine valeur.

*Aparté pour ceux qui auraient quelques notions de statistiques : notez que le graphique ci dessus n'est pas vraiment une fonction cumulative de répartition (CDF en anglais), mais plutôt une « fonction de survie  $F(x)$  » tel que  $F(X)=1-CDF(x)$ , la CDF étant en fait une intégrale de la Fonction de Densité de Probabilité. Cela permet de se débarrasser de la constante d'intégration...Bref, fin de l'aparté*

Ce que nous dit ce graphique c'est d'abord que plus l'on prend une valeur importante pour le niveau d'eau, plus la probabilité est faible pour qu'un événement d'une telle ampleur, ou supérieur, ne se produise. Mais ce qui est vraiment intéressant avec ce résultat c'est la forme de la courbe. En effet, en échelle « log10/log10 » une partie de la courbe se rapproche d'une droite (ligne droite), ce qui dénote que le phénomène de mise en charge suit une « loi de puissance ».

Pour mieux comprendre, changeons complètement de domaine : Déposez du sable sur un support avec un débit constant, ou bien même grain par grain. Au fur et à mesure que le sable s'accumule le tas grandit et sa hauteur, donc la pente, augmente jusqu'à dépasser un niveau critique. Au delà de cette valeur critique, une avalanche peut se produire d'un moment à l'autre, la pente du tas

retombe alors dans un nouvel état stable, puis augmente de nouveau au fur et à mesure que les grains s'accumulent, jusqu'à retrouver l'état critique. La taille d'une avalanche varie d'un événement à l'autre et suit une loi statistique de puissance.

On parle alors d'« Auto-Organisation Critique » du système (Self Organised Criticality « SOC » en anglais).

Pour résumer : Comme dans tout système non-linéaire, un événement de faible amplitude (exemple du grain de sable ajouté) peut provoquer une réponse de grande amplitude (effondrement du tas de sable).

Il n'est pas vraiment possible de prédire quand un événement d'une intensité donnée se produit. Par contre, cette théorie permet de mieux comprendre le comportement du système lorsqu'il atteint son état critique.

Ce même comportement est visible sur de nombreuses observations tel que les tremblements de terre, les avalanches, certains feux de forêt, mais aussi les Krachs boursiers, les tremblements de foules (Je vous laisse vous renseigner), ou les tremblements de tricot (Oui oui de tricot... je vous laisse vous renseigner).

Pour ce qui est de la mise en charge au niveau du siphon terminal, une Auto-Organisation Critique est observé sur environ une décade. La pente de cette droite approché est d'environ  $1/3$ , ce qui assure l'existence d'une valeur moyenne et d'un écart type pour le niveau de mise en charge.

Cependant, à partir du niveau 175m, une cassure apparaît dans la fonction de répartition (A partir de la droite vertical en orange sur le graphique), c'est à dire que la probabilité décroît fortement. Une première hypothèse consisterait à dire qu'au delà de ce niveau, l'eau déborde dans un réseau ce qui limite fortement la probabilité d'une montée au-delà de cette hauteur de débordement.

Je m'arrête ici pour le moment, histoire à suivre cependant...

Rapporteur : Sévan