

L'ARCANA

Le Spéléo-Club de Souillac (SCS) a demandé à Jean-Louis Amiard de présenter son ARCANA, mis en œuvre à plusieurs reprises dans le cadre des activités du club, notamment à Font Alba et à Saint Sol.

Spéléo-Club de Souillac : L'ARCANA, qu'est-ce-que c'est ?

Jean-Louis Amiard : C'est l'acronyme de « Appareil de Repérage de Cavités Artificielles ou Naturelles Accessibles ». Chaque lettre a son importance : l'appareil permet en effet de repérer dans les trois dimensions tout type de cavité (grotte, caverne, galerie de mine, carrière...) à condition qu'elle soit accessible pour y installer l'émetteur.

SCS : Comment se présente l'appareil ?

JLA : Il comporte, on peut s'en douter, un émetteur et un récepteur. L'émetteur est enfermé dans un cylindre de PVC étanche d'un diamètre de 10 cm et d'une quarantaine de cm de longueur et sa masse est inférieure à 3,5 kg. Pour le transport sous terre, il est contenu dans un kit-bag muni d'une protection antichoc et d'un trépied démontable pour la mise en station. L'antenne réceptrice utilisée en surface présente la forme d'un double tore, d'un diamètre d'environ 50 cm.



Emetteur sur son trépied



Antenne de réception



Antenne sur son support orientable

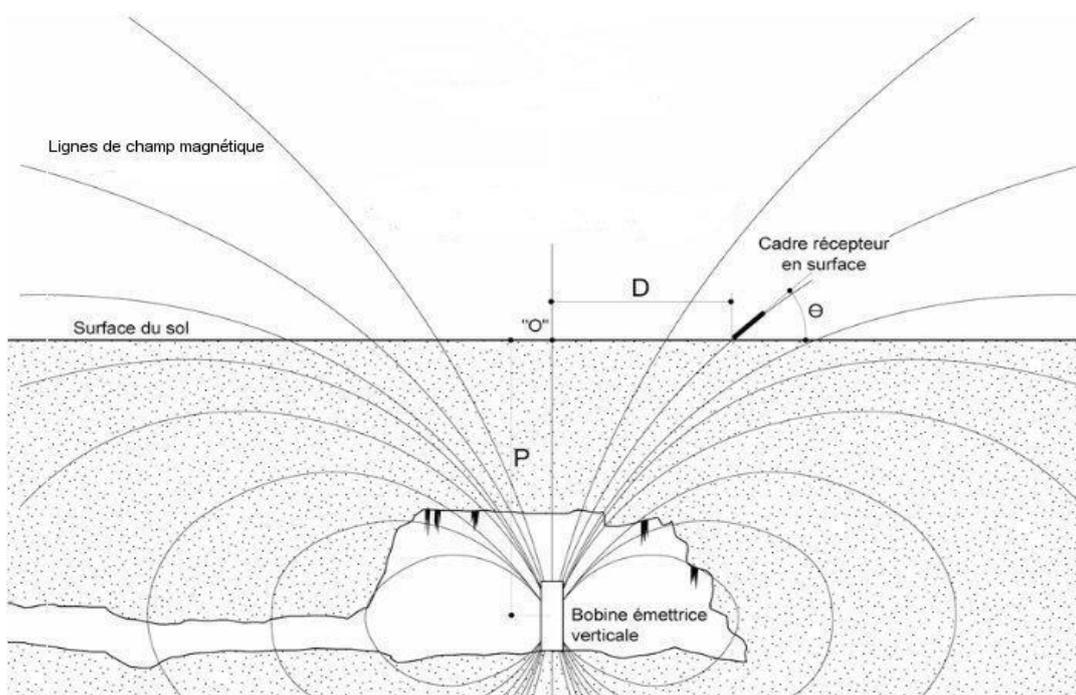
L'émetteur produit un signal de type pulsé : un « bip » d'une demi-seconde, se répétant après un silence de 1,5 s. Dans des zones où la réception est riche en parasites (lignes SNCF électrifiées, lignes électriques HT, et même les lignes téléphoniques ADSL), ce type de signal est plus facile à distinguer du bruit de fond. Il permet en outre, en utilisant entre les bips, le bobinage d'émission comme antenne de réception, d'envoyer à l'équipe de fond un signal d'accusé de réception lui indiquant que les mesures sont terminées et qu'elle peut remonter, (ou bien placer l'émetteur au prochain point à repérer, suivant ce qui avait été convenu au départ). La portée de ce signal est assez limitée (une trentaine de mètres), mais souvent suffisante. A noter que ce perfectionnement est une exclusivité offerte par cette version de l'ARCANA, que ne présente aucune des « imitations » !

SCS : L'ARCANA, à quoi ça sert ?

JLA : Comme son nom l'indique, il permet de repérer, depuis la surface, la verticale du point où l'émetteur a été mis en station, ainsi que sa profondeur, avec une bonne précision, jusqu'à plus de 150m ! Son utilité essentielle est donc d'ouvrir de nouveaux accès à des réseaux dont l'entrée historique est difficile ou dangereuse, comme des tunnels SNCF ou des siphons. Il permet aussi de recalibrer des topographies entachées d'erreurs.

SCS : Comment ça marche ?

JLA : Le principe de fonctionnement repose sur la détection du champ magnétique produit par le bobinage de l'émetteur, capable de traverser tout type de matériaux, roche, terre, eau, air, sans affaiblissement. Ce champ magnétique se répartit suivant des lignes de formes bien particulières, comme le montre la figure suivante :



La recherche de la verticale du point d'émission « O » s'effectue par triangulation : la directivité importante de l'antenne permet de déterminer en surface au minimum deux directions formant un angle le plus proche possible de 90°. La direction de la verticale du point d'émission correspond à la position de l'antenne pour laquelle le signal reçu est minimal. La matérialisation au sol de ces lignes par des cordelettes permet, à leur intersection, de repérer la verticale du point d'émission. Une troisième visée suffit en général à confirmer le point ainsi déterminé avec une précision de l'ordre de 1% de la profondeur.

Une fois déterminée la verticale du point d'émission, la phase suivante consiste à déterminer sa profondeur (P sur la figure ci-dessus).

Pour ce faire, on utilisera la formule mathématique présentée en note 1.

Pour simplifier les mesures et accroître leur précision, les techniques les plus modernes sont mises en œuvre : laser de puissance pour le pointage, télémètre laser pour les mesures de distance, clinomètre électronique pour les mesures d'inclinaison et micro-ordinateur portable pour les calculs.

SCS : Quel est l'histoire de cette merveilleuse invention ?

JLA : La toute première version a vu le jour en 1988, à l'initiative du CDS Corrèze, qui avait financé l'achat du matériel et à qui j'avais laissé l'appareil terminé. Elle a fait l'objet d'une publication dans la revue périodique du Groupe Spéléologique Corrèze S.C. *INFO* n° 12 Printemps 88, consultable en suivant ce lien (p.73 à 82) : <http://www.zznortz.org/speleo/scinfo/scinfo12.pdf>. Le schéma était inspiré d'un article de Michel Raulet publié dans les *Annales de Spéléologie* de 1975. Cette première version était assez rudimentaire et sa portée pratique assez réduite, mais elle a permis d'ouvrir, le 29 mai 1988, le nouvel accès au réseau des Jonquilles. D'autres repérages avaient été couronnés de succès, comme à la grotte de Murel, permettant d'éviter l'entrée par le tunnel SNCF, et à la résurgence de Sarconnat, près d'Excideuil (Dordogne), polluée par des effluents dont l'origine a été localisée sous le tas de fumier d'une cour de ferme. Au début des années 90, l'ARCANA a contribué au repérage de la grotte de Tourtoirac (Dordogne) en vue de son aménagement touristique. C'est à la suite de ce repérage que l'émetteur a été perdu dans des circonstances malheureuses. Peu après, le CDS 19 a publié sur Internet l'article du *SC Infos* précité, publication qui a suscité un intérêt certain au sein de la communauté spéléo, allant jusqu'à la création d'une rubrique particulière sur le forum Internet de la FFS : <https://forum.ffspeleo.fr/viewtopic.php?id=3709>.

Dans les années 2000, de retour à Brive à la faveur de la retraite, j'ai appris cette mésaventure et décidé de réaliser une version modernisée de l'ARCANA tenant compte des progrès de l'électronique moderne, publiée en 2010 sur le site du CDS 19 : http://www.speleo-correze.org/arcana/Arcana_2010.pdf et suivie d'autres

modèles encore plus performants (réalisés avec le soutien matériel de la Société TEPEX <http://www.tepex.fr/> spécialisée dans le matériel de contrôle des forages miniers, ainsi que le FABLAB19 (Université de Limoges, campus de Brive), pour la fabrication des circuits imprimés sur machine à graver de prototypage). Les nouveaux schémas n'ont pas été (et ne seront pas) publiés car la réalisation n'est plus accessible au simple amateur d'électronique. Ces nouvelles versions sont à l'origine de nombreux repérages, notamment :

- Ouverture d'un nouvel accès à la grotte de Fontilles (Chasteaux, Corrèze) : là aussi, l'ancienne entrée était située dans un tunnel SNCF Paris-Toulouse. C'est à cette occasion que le fonctionnement en mode pulsé a été adopté en raison du cumul des parasitages ambiants (ligne HTD, voie SNCF, téléphone ADSL)
- Rectification de la topographie du réseau des pertes de Thémines (Lot) où une erreur d'environ 160m existait en raison d'une succession de siphons : <http://explorations-speleo-plongee.eklablog.fr/themines-2012-p885798>
- Ouverture d'un nouvel accès au réseau de l'émergence de Combe Nègre à Loupiac, près de Souillac (Lot) permettant ainsi de shunter plus de 800m de siphons : <http://explorations-speleo-plongee.eklablog.fr/combe-negre-p1181178>
- Repérage à l'Igüe Delpech (Cressensac) pour ouverture d'un nouvel accès : <http://explorations-speleo-plongee.eklablog.fr/igüe-delpech-2016-p1210874>
Dans cette cavité, deux repérages ont pu être effectués successivement dans la même sortie grâce au dispositif d'accusé-réception.
- Repérages multiples à Font Alba et à la Louvetière, ainsi qu'à la Grotte aux Ours, non loin de Souillac.
- Repérage des extrémités amont et aval des galeries de l'Igüe de Saint-Sol, dans le prolongement des Grottes de Lacave (Lot), à près de 150 m de profondeur.
- D'autres repérages ont été effectués dans la région de Libourne (Gironde) dans des carrières abandonnées, à la demande de certains propriétaires impactés par des interdictions d'agrandissement sur leurs terrains, frappés par des arrêtés de péril dans des zones à risque d'effondrement trop largement délimitées.
- Un exercice de repérage a été effectué avec le SCS au tunnel ferroviaire abandonné du Pigeon près de Souillac, à une trentaine de mètres de profondeur.

SCS : A la fin de la dernière AG du CDS46 à Caniac, tu nous as rapidement présenté une version « secours » de l'ARCANA, peux-tu nous en dire plus ?

JLA : C'est vrai, l'AG avait duré longtemps, il était tard, tout le monde avait faim et ma présentation a dû être écourtée. Voici donc quelques précisions :

Cette version est née de la réflexion suivante : un émetteur capable d'envoyer des bips à fréquence fixe pouvait aussi générer et décoder des signaux de type « Morse », le codage et le décodage étant assurés par un logiciel, et en

conséquence envoyer des messages préenregistrés adaptés à des situations de crise, spéléo s'entend. C'est ainsi que m'est venue l'idée de concevoir une version capable, d'une part d'émettre de courts messages préprogrammés, et d'autre part grâce à la connexion à une tablette étanche par liaison Bluetooth de dialoguer en « alternat » à distance plus réduite, tout en conservant la fonction repérage, qui reste opérationnelle quelque soit le type de signal. Bien entendu, il n'est pas question de concurrencer les systèmes spécifiques de communication comme le Nicola ou le Cave-Link de Felix Ziegler (Suisse), mais **l'ARCANA SECOURS est le seul capable de fonctionner à la fois en mode transmission et en mode localisation.**

Il est possible d'imaginer qu'une équipe bloquée sous terre peut donc, si elle a pris la précaution d'emporter l'appareil, non seulement signaler la nature du problème qui l'empêche de remonter, mais aussi permettre aux secours de localiser sa position, dans les trois dimensions.

SCS : Comment se présente cette version « secours » ?

JLA : L'émetteur a les mêmes caractéristiques dimensionnelles que la version simple, mais le bouchon supérieur comporte 9 pastilles de commandes supplémentaires : une pour chaque message et une pour le dialogue par la tablette. Il est possible d'envoyer 8 messages différents de 16 caractères chacun : $8 \times 16 = 128^2$. A titre indicatif, voici les 8 messages enregistrés sur le prototype, correspondant à la plupart des cas pouvant être rencontrés en pratique (certaines libertés orthographiques ont été prises pour respecter les 16 caractères) :

- CRUE TOUS ALABRI
- EBOULEMT TOUS OK
- CHUTE BLESS GRAV
- CRUE MANQU EQUIP
- EBOUL BLESS GRAV
- EBOUL MANQ EQUIP
- CASS CORDE TS OK
- CASS CORDE BLESS

SCS : Et comment ça marche, en pratique ?

JLA : Une fois l'émetteur suspendu, il faut le mettre en marche de la façon habituelle, en plaçant l'un des aimants sur la pastille M/A. Les bips de repérage classique sont alors émis. Pour émettre le message choisi parmi les 8 imprimés sur le boîtier, il suffit alors de placer le deuxième aimant sur la pastille correspondante, et ce message est alors émis de façon répétitive. En surface, pour transcrire en clair le message reçu de « fond », il suffit de connecter le récepteur à un microordinateur portable à l'aide d'un cordon stéréo standard à jacks 3,5. Le logiciel utilisé est le « Multipsk » de Patrick Lindecker : <http://f6cte.free.fr/> à paramétrer correctement. Pour l'utilisation avec la tablette, la pastille à activer est repérée « Mod. Ext. ». Après mise en marche, et chargement du programme Multipsk, la tablette se connecte automatiquement à l'émetteur par liaison Bluetooth et le

dialogue peut commencer, avec la même limite de portée surface-fond d'une trentaine de mètres que pour le signal d'accusé-réception. Dans le sens fond-surface, la portée atteint facilement 100 mètres en fonction du niveau de parasitage ambiant.

SCS : Où peut-on se procurer l'appareil ?

JLA : L'ARCANA SECOURS n'est pas commercialisé ; il n'existe que sous forme de prototype et nécessiterait des études supplémentaires pour sa mise en fabrication en série pour que son prix de revient devienne abordable, ce qui ne pourrait s'envisager que si la demande est suffisante.



L'Arcana est donc une machine performante, j'espère que cet exposé t'en a convaincu. Faut-il le préciser, il a contribué à agiter les neurones de son créateur depuis plus de trente ans et il continue à les maintenir en bon état de fonctionnement (pourvu que ça dure !). Et maintenant que ses arcanes sont connus de tous, j'espère que mes lecteurs auront un peu d'indulgence pour les allées et venues mystérieuses auxquelles je me livre d'un air inspiré, le casque sur la tête, quand je fais un repérage.

Note 1 : Calcul de la profondeur P par la mesure de l'angle Θ d'une ligne de champ par rapport à l'horizontale à la distance D de la verticale du point d'émission : $P = k_{(\Theta)} \cdot D$, le coefficient $k_{(\Theta)}$ ne dépendant que de l'angle Θ . Plusieurs mesures effectuées autour du point « O » permettent d'obtenir une mesure précise de la profondeur. La formule complète figure dans l'article original du *SC Info*.

Note 2 : 128 est le nombre total de cases mémoire EEPROM disponibles dans le microcontrôleur utilisé pour la génération des messages, mais attention : ces messages ne sont pas programmables sur le terrain mais seulement en atelier, sur banc de programmation.