

Retour d'expérience sur l'utilisation d'une balise de positionnement Fond-Jour

Un outil de reconnaissance pour les inspections des cavités

**Jean-Marc WATELET : Institut National de l'Environnement industriel et des RISques – BP N° 2
60550 VERNEUIL EN HALATTE**

**Pierre-Yves JEANNIN : Institut Suisse de Spéléologie et de Karstologie – CP 818, CH-2301
LA CHAUX-DE-FONDS**

Contexte général

De nombreuses zones urbanisées ou potentiellement urbanisables du territoire français sont sous-cavées par des cavités d'origine variée (grottes naturelles, exploitations abandonnées, sapes de guerre, souterrains refuges...).

La nécessité d'assurer la sécurité dans les emprises vulnérables en surface et l'intérêt de ne pas geler le développement des enjeux à proximité des secteurs exposés supposent, pour les aménageurs, de bien connaître le contour et l'extension de ce type de cavités à l'origine du risque.

Lorsque la présence de cavités est présumée, les techniques de détection par géophysique et/ou forages mécaniques sont classiquement utilisées. Dans de nombreux cas pourtant, les cavités sont pénétrables et il existe de vieux plans des travaux souterrains, pouvant dater de plus d'un siècle. Ces documents s'avèrent de fait plus ou moins précis et sont très souvent difficiles à caler avec les documents cartographiques utilisés aujourd'hui (SCAN 25, BD Carto...).

Un relevé topographique des travaux souterrains peut permettre de compléter les plans et de les référencer dans les mêmes systèmes de coordonnées que la surface. Ce travail de levé, mis en œuvre par les Services des Carrières lorsqu'ils existent, est toutefois long et pénible. Peu de cabinets de géomètres sont en outre compétents lorsque ces milieux sont difficiles d'accès et potentiellement dangereux (atmosphère confinée, risques d'éboulement).

Dans le cadre de ses nombreuses interventions dans les milieux souterrains abandonnés, l'INERIS s'est intéressé au développement de techniques de repérage depuis le fond permettant notamment le calage des plans anciens ou jugés partiellement incomplets.

Les objectifs étaient, d'une part, de disposer d'un dispositif permettant de juger de l'extension et de la localisation de cavités cartographiées et, d'autre part, de positionner rapidement une instabilité évolutive repérée au fond, par rapport à des enjeux en surface (route, pavillon...).

La balise Fond-Jour

De précédentes recherches, initiées pour définir des dispositifs portatifs pour la détection des emmurés (secours aux ouvriers isolés suite à un éboulement), nous ont permis de compiler des informations sur divers systèmes « artisanaux » développés essentiellement par des spéléologues privés et qui sont utilisés pour définir l'extension de cavités karstiques ou éventuellement pour positionner un sondage destiné à secourir des spéléologues piégés dans un gouffre.

Plusieurs contacts ont été pris avec des développeurs et ont abouti à travailler avec un institut privé, créé au sein de la Société suisse de spéléologie, qui se spécialise dans la gestion du milieu karstique, mais également celle des galeries souterraines. (site internet www.isska.ch)

Sur la base de ces échanges, l'INERIS dispose depuis 2004 d'un appareil de positionnement (2^{ème} appareil développé), nommé U-GPS pour "Underground GPS" par l'ISSKA.

Ce dispositif fonctionne à partir de la détection d'un champ électromagnétique émis au sein de la cavité et détecté en surface. Dans la cavité, l'émetteur est constitué d'un boîtier de 30 x 20 x 15 cm pesant 2 à 3 kilos et d'une antenne. Celle-ci est constituée d'un carré de 1 m de côté que l'on place en principe horizontalement (contrôle avec un niveau à bulle). Pour le transport, l'antenne est conditionnée dans un tube de 65 cm de long par 8 cm de diamètre. La figure 1 donne un aperçu du matériel.

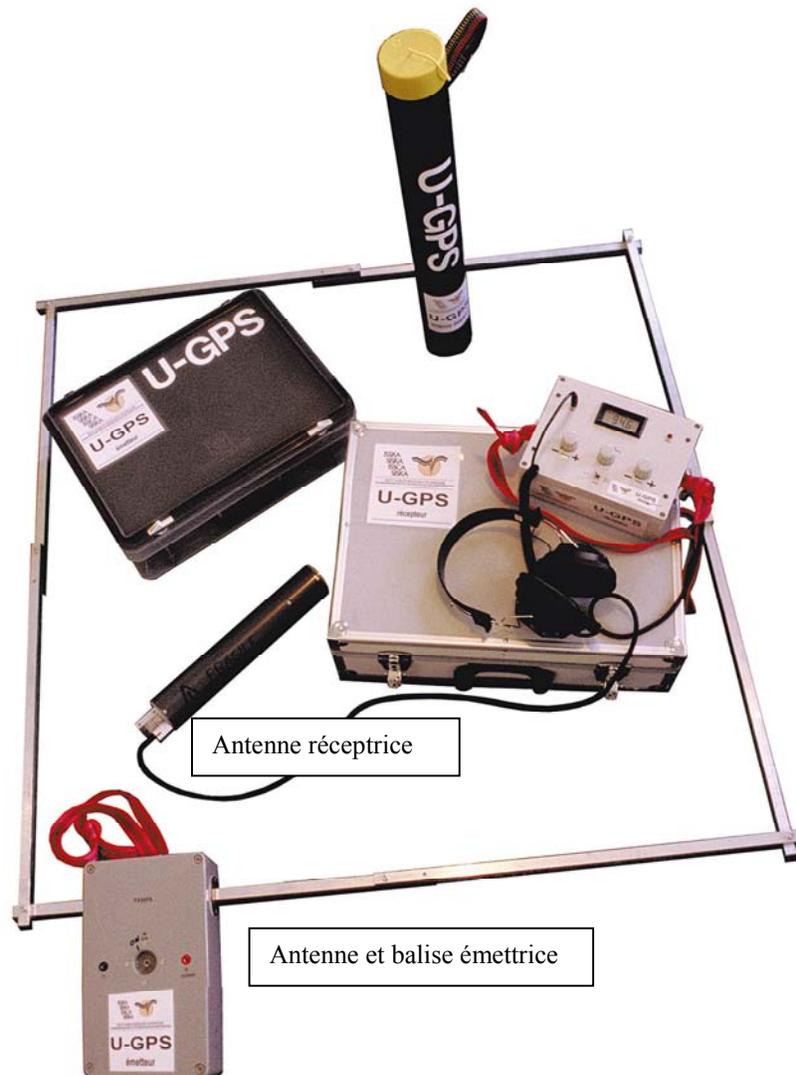


Figure 1 : Dispositif de la balise de positionnement fond-jour avec son pack de transport

En surface, l'appareillage est constitué d'un boîtier (30 x 20 x 15 cm) auquel sont reliés des écouteurs et l'antenne détectrice. Cette dernière mesure environ 40 cm de long (diamètre 5 cm).

En quelques cheminements en surface, moyennant le respect d'une procédure définie, il est possible d'obtenir un positionnement précis en terme de superposition fond-jour entre les

systèmes émetteurs et récepteurs. De plus, et ce qui constitue une originalité par rapport aux autres systèmes examinés, il est possible d'estimer la profondeur des cavités. Cet appareil reste fabriqué à l'unité, sans aucun standard industriel, et son maniement nécessite une petite formation, sans quoi des résultats erronés sont obtenus.

L'appareil est conçu pour fonctionner jusqu'à 200 m de profondeur au maximum. Il a d'ailleurs été testé par l'ISSKA jusqu'à 100 m. Pour l'estimation de la profondeur, la précision donnée est de l'ordre de 2 à 10 % selon les configurations géologiques rencontrées et l'environnement de surface.

Tests de localisation fond jour

Depuis le début de l'année 2005, l'INERIS a testé l'appareil en situation à l'occasion de diverses missions sur le terrain.

Des essais préliminaires, effectués en surface et en l'absence de champ parasite significatif, attestent d'une précision de mesure inférieure à 1% de la distance affichée.

Les mesures expérimentales ont été menées dans différentes configurations :

- cavités proches de la surface jusqu'à des profondeurs de 40 m ;
- carrières sous des zones urbaines, en campagne, dans des milieux potentiellement parasités en surface par des réseaux aériens ou enterrés ;
- mines de fer, balise émettrice située à coté d'ouvrages ferrailés (boulons, machines abandonnées...);
- présence d'eau au fond ou carrières sèches (gypse)
- géologie des terrains de recouvrement homogène (bancs calcaires), alternances marno-calcaire ou présence d'une couche argileuse de forte épaisseur en surface.



Figure 2 : Exemples de tests – vues du dispositif au fond et de la recherche en surface

Un essai croisé a été effectué, après 5 mois d'utilisation, avec l'appareil original suisse sur un site de carrière de gypse dans le Jura. Cette comparaison a justifié quelques ajustages afin de stabiliser le champ émis par l'antenne fond.

L'ensemble de ces essais effectués montre que la précision en plan est, dans les conditions optimales d'utilisation, de l'ordre du décimètre à une trentaine de mètres de profondeur (un forage de vérification a été réalisé).

En présence de massifs conducteurs, la précision peut, par contre, fortement diminuer. A ce stade, la superposition ne peut être évaluée qu'avec une précision moindre (quelques mètres).

Cet apport s'avère toutefois déjà essentiel en phase de reconnaissance géotechnique, notamment si un risque imminent est détecté au fond (cheminée de fontis évolutive).

Le cumul de tests de terrain a permis de vérifier l'influence concrète des champs parasites en surface (fils électriques, réseaux enterrés...) pendant la phase de calibrage qui s'avère la plus complexe à réaliser, notamment pour un personnel non habitué aux réglages électroniques.

Ces premiers résultats sont toutefois encourageants et nous ont permis de localiser précisément des secteurs de carrière dont les contours étaient mal calés en surface mais également de vérifier l'extension de galeries non reportées sur plan.

Les essais ont également montré que l'utilisation de la balise est compatible avec un système de communication sans fil du type Téléphone Par le Sol (système NICOLA). Cet avantage permet de communiquer en permanence entre les opérateurs présents au fond (chargés de déplacer la balise) et ceux présents au jour.

Premières conclusions sur ce retour d'expérience et perspectives

La version prototype de la balise U-GPS développée par ISSKA (spéléologues suisses) a été testée par l'INERIS à plusieurs reprises sur des sites de carrière et de mines présentant des épaisseurs de recouvrement de 15 à 40 m, en campagne et en ville. Ces essais ont montré que ce dispositif, léger et rapide de mise en œuvre, fonctionnait bien, même si les opérateurs pouvaient ponctuellement rencontrer des problèmes en présence de surépaisseurs de terrains argileux ou, lors des actions de calibrage, de par l'existence de champs parasites en surface.

L'indication de l'aplomb est correctement réalisée avec une précision voisine du mètre. En revanche, les mesures de distance (profondeur) apparaissent plus délicates à réaliser, notamment à faible profondeur (même en disposant l'antenne verticalement pour une mesure de champ électro-magnétique en mode parallèle).

Des utilisations pratiques, autres que celles proposées par les équipes de l'INERIS dans le cadre de la reconnaissance et de l'identification d'un risque, peuvent être envisagées. Par exemple, le positionnement précis d'un forage depuis le fond peut être facilement réalisé et intéresser des entreprises pour des travaux de remblayage dans des secteurs mal reconnus (ce cas de figure a été testé récemment avec succès).

Enfin, il existe le projet de développement d'un dispositif « inversé » permettant de repérer en continu la position d'un émetteur mobile, transporté dans les galeries, à partir de plusieurs balises fixes posées en surface. Ce système, actuellement opérationnel dans le cadre de l'imagerie médicale, nécessite toutefois un matériel plus évolué et le développement d'algorithmes de calculs bien définis.