



**HAL**  
open science

# Localisation de cavités souterraines avec le système UGPS. Applications au cas des crayères de la marne et à une ancienne mine polymétallique

Gaël Guillon, Cédric Duchene

► **To cite this version:**

Gaël Guillon, Cédric Duchene. Localisation de cavités souterraines avec le système UGPS. Applications au cas des crayères de la marne et à une ancienne mine polymétallique. Journées scientifiques AGAP Qualité 2013, Oct 2013, Nancy, France. pp.NC. ineris-00973711

**HAL Id: ineris-00973711**

**<https://ineris.hal.science/ineris-00973711>**

Submitted on 4 Apr 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Localisation de cavités souterraines avec le système UGPS. Applications au cas des crayères de la Marne et à une ancienne mine polymétallique.

Gaël Gouillon (INERIS), Cédric Duchêne (INFRASURVEY)

[Gael.gouillon@ineris.fr](mailto:Gael.gouillon@ineris.fr), [cedric.duchene@infrasurvey.ch](mailto:cedric.duchene@infrasurvey.ch)

The UGPS enables to determine in real time the positioning of an object or a person, up to 200 meters below the surface. In an old underground chalk quarry, UGPS has been used to locate, from underground, invisible shafts on the surface. In an other context, this device has been tested to map accurately a polymetallic underground mine which was not located precisely before.

## Introduction

L'INERIS intervient régulièrement en cavités souterraines pour effectuer des diagnostics de stabilité. Les géotechniciens sont régulièrement confrontés à des problèmes d'imprécision sur la localisation de secteurs souterrains par rapport à la surface. Ces difficultés ont motivé le développement en partenariat avec la société INFRASURVEY, du système UGPS (Underground Positioning System) ; un outil de repérage entre le souterrain et la surface. Deux applications caractéristiques de l'UGPS sont exposées dans ce résumé ; l'une dans un réseau de crayères de la Marne, l'autre dans une ancienne mine polymétallique.

## Matériel et méthode

Le système UGPS comprend : une balise « émettrice » générant un signal électromagnétique, de 1 à 4 balises « réceptrices » de mesure du signal généré, et d'un ordinateur qui assure le traitement des signaux en temps réel.

L'émetteur est utilisé en souterrain, il est mis en place à la position dont on souhaite connaître l'aplomb en surface. Le récepteur est implanté en surface, après réception et traitement du signal émis en souterrain, le logiciel de l'UGPS fournit la position de l'émetteur dans le repère  $(x,y,z)$  du récepteur (figure 1).

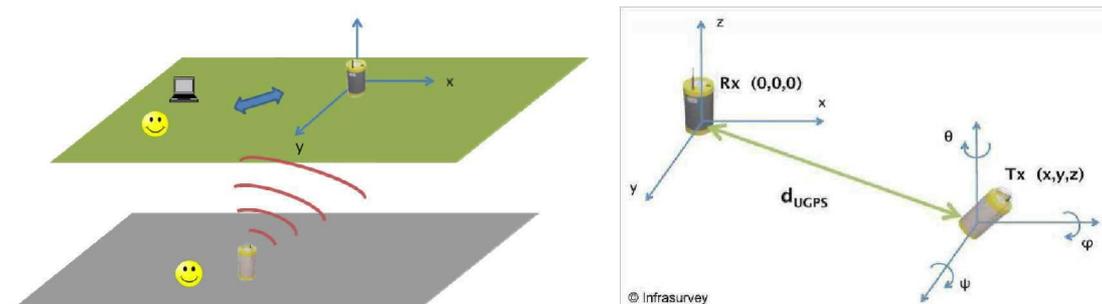


Figure 1 : Illustrations schématiques du principe de fonctionnement du système UGPS

A partir de mesures effectuées sur le champ magnétique par le récepteur, les 6 inconnues (la position  $(x,y,z)$  et l'orientation  $(\varphi,\psi,\theta)$ ), ainsi que la distance ( $d_{UGPS}$ ) de l'émetteur sont calculées grâce à l'algorithme de l'UGPS. Un seul récepteur est nécessaire à la localisation de l'émetteur. L'emploi de plusieurs récepteurs en surface permet de couvrir une plus grande zone à investiguer en souterrain et d'obtenir une meilleure précision.

## Recherche d'essors de crayères

Les crayères, anciennes exploitations souterraines de craie de la Marne, forment des cavités pyramidales débouchant en surface par un puits d'accès dit « essor ». Dans le cas présent, des essors étant obturés, leur localisation en surface n'était pas connue. Ces ouvrages peuvent se dégrader et générer des désordres en surface. Il est donc essentiel de connaître leur position afin d'identifier les enjeux à l'aplomb ou de procéder à des travaux de mise en sécurité. C'est dans ce contexte que la ville de Châlons-en-Champagne a permis l'emploi de l'UGPS pour retrouver en surface la position des essors d'un réseau de crayères sous cavant un quartier pavillonnaire. Ce réseau est visitable par un essor connu et accessible, les essors obturés et non localisés en surface sont ainsi visibles en souterrain.

Pour localiser les essors en surface, la fonctionnalité « recherche verticale » du système UGPS a été mise en œuvre. Cette configuration permet de positionner un point en surface à la verticale d'un point

en souterrain et de connaître la distance qui les sépare. L'émetteur est fixe et positionné au point identifié en souterrain. Le récepteur est mobile et déplacé après chaque signal réceptionné et traité jusqu'à retrouver l'aplomb de l'émetteur (figure 2).

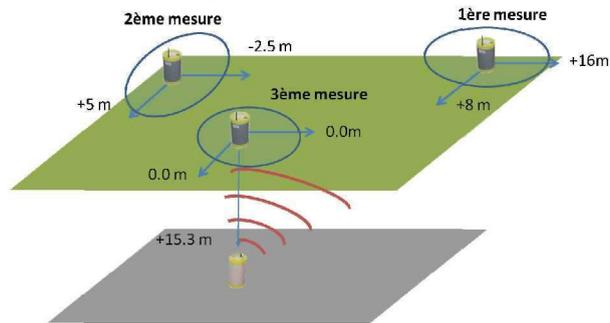


Figure 2 : Illustration schématique d'une recherche verticale

L'émetteur a été positionné à la base des crayères et à la verticale des essors. En surface, le récepteur a été déplacé jusqu'à retrouver l'aplomb de l'émetteur et donc de l'essor (figure 3).

Au total, 16 essors de crayères ont été repositionnés en surface. La profondeur des cavités varie entre 13 et 29 m. Neuf essors ont été positionnés avec une précision d'un mètre. Cinq essors ont été positionnés à partir de mesures déportées car ils se situaient sous des habitations ou à cheval sur des limites de propriétés. La précision de localisation est dans ces cas d'environ 2 m. Dans deux autres cas, la présence d'un environnement métallique et/ou conducteur très prononcé n'a permis de retrouver la position des essors qu'avec une précision estimée à 3 m.

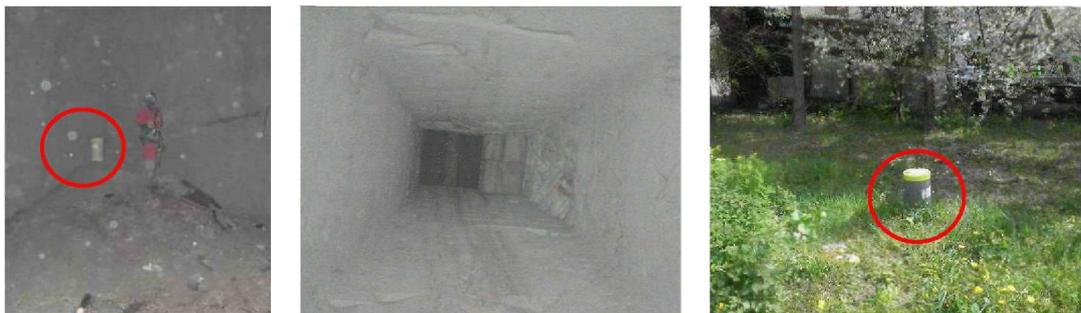


Figure 3 : Emetteur positionné en souterrain à la verticale d'un essor et position retrouvée en surface

### Cartographie des travaux souterrains d'une mine polymétallique

Dans le cadre d'une étude des aléas mouvements de terrain liés à l'existence d'une ancienne mine souterraine, l'UGPS a été utilisé à nouveau pour GEODERIS afin de vérifier la cartographie des travaux.

Les travaux miniers ont exploité des poches karstiques et des filons minéralisés. Ils forment un réseau complexe de galeries, boyaux, chambres et filons ouverts, le tout sur un ou plusieurs niveaux superposés (figure 4). Ces travaux sous minent à faible profondeur une zone urbanisée.

L'unique plan connu de cette mine date de 1972. Ce plan est dégradé avec une orientation et une échelle incertaines (figure 5). Ainsi, l'évaluation des aléas est difficile et la cartographie des travaux par rapport à la surface présente une incertitude de localisation trop importante.



Figure 4 : Aperçu photographique de la mine

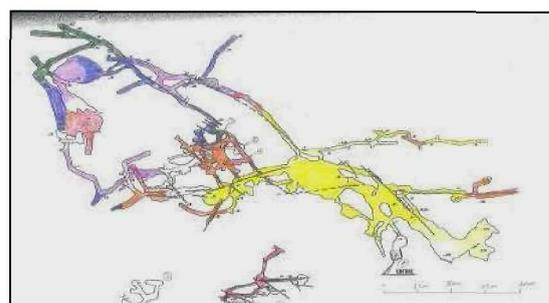


Figure 5 : Plan de la mine (1972)

Pour vérifier et compléter la cartographie de cette mine, la fonctionnalité « cheminement souterrain » du système UGPS a été mise en œuvre. Cette configuration permet de localiser en surface et en temps réel le déplacement de l'émetteur et de connaître sa profondeur. L'émetteur est mobile et déplacé successivement à différents points déterminant la géométrie de la mine. Le récepteur est fixe et constitue l'origine du repère dans lequel sont levées les positions de l'émetteur (figure 6).

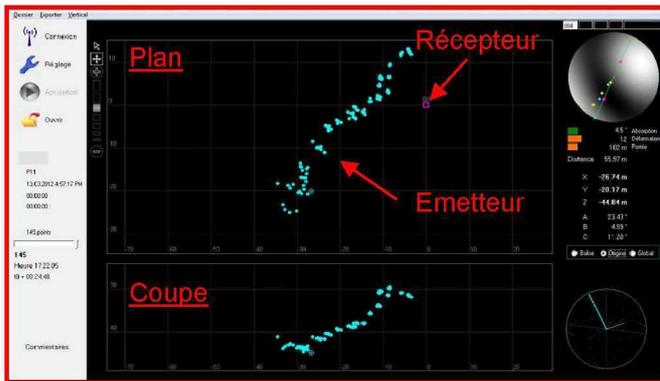


Figure 6 : Aperçu de l'interface du logiciel UGPS



Figure 7 : Dispositif UGPS en surface

Un seul récepteur a été utilisé en surface. Pour que les levés s'effectuent dans une gamme de distance garantissant la meilleure précision possible, 8 zones de mesures ont été réalisées à partir de 7 positions du récepteur en surface (figure 8). Au total, 280 positions en souterrain ont ainsi été localisées depuis la surface. Afin de rendre compte au mieux de la position des travaux par rapport à la surface, les positions des récepteurs ont été déterminées relativement aux supports cartographiques de surface (BD ORTHO de l'IGN pour les coordonnées X et Y, et BD TOPO de l'IGN pour la coordonnée Z). Les points levés sont ainsi géoréférencés en Lambert 93 et leurs cotes sont reliées au système NGF. La cartographie et les données (figure 9) ont été exportées dans un SIG (Système d'Information Géographique) sous MapInfo ©.

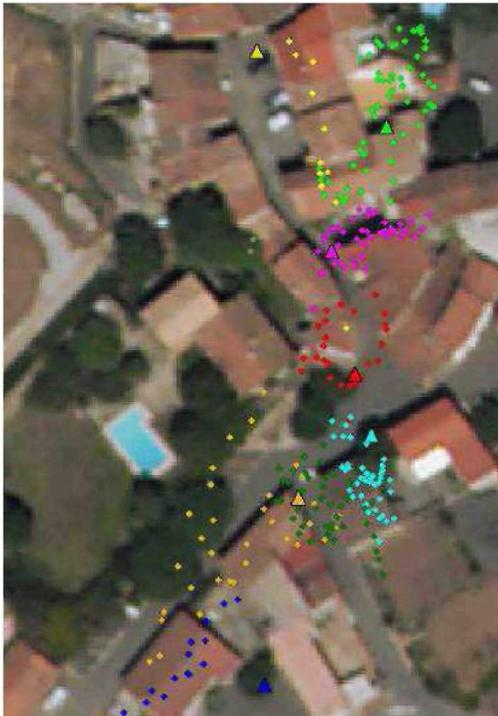


Figure 8 : Positions levées avec le système UGPS

recepteur	Temps	X_RGF93	Y_RGF93	Z_NGF	profrelative
P1	10:42				-20,02
P1	10:43				-20,636
P1	10:44				-20,691
P1	10:46				-21,01
P1	10:47				-19,547
P1	10:48				-20,449
P1	10:51				-20,647
P1	10:54				-18,766
P1	10:55				-18,271
P1	10:57				-19,624
P1	10:58				-20,9
P1	11:03				-21,065

Figure 9 : Données relatives aux points levés (X, Y, Z et profondeur)

La totalité de la mine n'a pu être levée mais les zones localisées avec le système UGPS ont permis de recalculer le plan de 1972. L'emprise des secteurs non reconnus a ainsi pu être cartographiée avec plus de précision qu'auparavant. L'incertitude intrinsèque au levé UGPS est de 1 m, l'incertitude du

zonage des travaux sur les secteurs levés avec l'UGPS est estimée entre 1 et 3 m, l'incertitude des zones digitalisées sur le plan de 1972 recalé est estimée entre 3 et 10 m (figure 11).

La localisation des travaux souterrains avec le système UGPS a permis de définir avec précision les caractéristiques géométriques de la mine. Les travaux sous minent une surface d'environ 3000 m<sup>2</sup> et se situent entre 7 et 50 m de profondeur. Sur le plan de 1972, le dessin des travaux est approximatif mais conforme aux observations en souterrain. Par contre, une importante erreur sur son échelle conduisait à une emprise par rapport à la surface près de 6 fois supérieure à la réalité (figure 10).



Figure 10 : Cartographie initiale de la mine

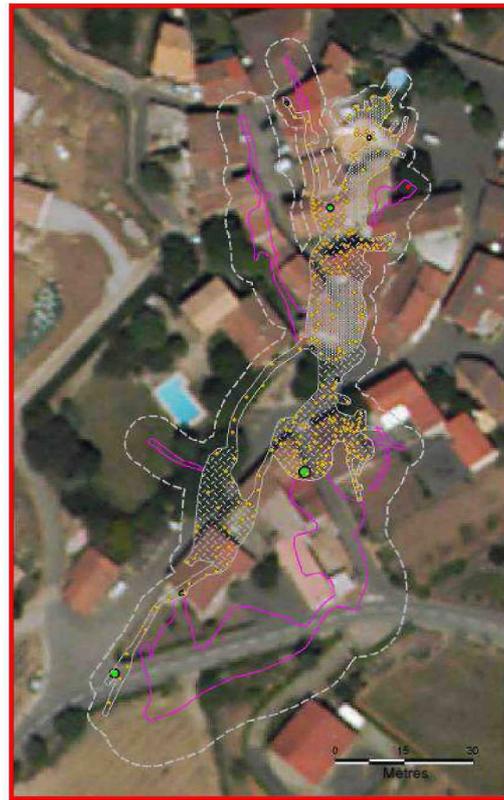


Figure 11 : Cartographie finale de la mine

## Conclusion

Pour des cavités accessibles à l'homme, le système UGPS permet de localiser en surface, une position, un tracé ou une emprise souterraine. Il s'agit d'un outil alternatif aux techniques classiques de localisation (levés géométriques) dont la mise en œuvre en milieu souterrain peut être contraignante voire impossible (durée d'intervention, accès difficile et très éloigné). Sur un réseau de crayères à Chalons-en-Champagne, les positions de 16 essors ont été retrouvées en surface. Sur une ancienne mine polymétallique, les levés UGPS ont permis de cartographier les travaux souterrains avec une précision métrique.

Depuis 2 ans, le système UGPS a été mis en œuvre sur différents sites (urbain, périurbain, naturel), avec différents encaissants (calcaire, craie, gypse, mines polymétalliques et de fer) et à des profondeurs allant de 5 à 50 m. Le système a donné des positions avec une précision inférieure à 1 m pour les recherches verticales et allant de 1 à 3 m pour les positions issues d'un cheminement souterrain. Ces interventions ont principalement été réalisées pour :

- implanter des forages ou identifier des enjeux en surface à l'aplomb de zones à risques ;
- vérifier la qualité d'un plan de travaux souterrains et de son calage par rapport à la surface ;
- cartographier des cavités non connues.

Des développements ou améliorations sont toujours en cours. Ces derniers concernent l'optimisation du traitement des données lors de cheminement souterrain avec plusieurs balises réceptrices en surface et la miniaturisation l'émetteur.

## Mots clés

UGPS, localisation, cavités, précision, souterrain