



## CR balisage Rivière du Bestouan

### 1. Objectif :

Repérer en surface l'aplomb de la Salle Volanthen.

### 2. Méthode :

Positionnement d'une balise émettrice dans la salle et détermination de son aplomb en surface par triangulation, à partir des directions de la balise déterminées en plusieurs points. Ces directions sont obtenues par écoute, avec des antennes directives, du signal magnétique émis par la balise. Voir annexe I des détails sur la méthode.

### 3. Intervenants

La balise est mise en place dans la salle Volanthen par Alexandre Fox, voir son CR.

En surface les écoutes, mesures etc. pour le repérage sont réalisées par l'équipe CIRKA (Yves Margaria, Noah Moulin, Eric Durand, Robert Durand,) accompagné de Gérard Acquaviva, Jean Paul Foucard et Louis Potié.

### 4. Moyens techniques :

*Émetteur* 2929 Hz 70 W alimentant une bobine ferrite. L'ensemble (électronique bobine batterie) est monté dans un tube PVC pression équipé d'un marche-arrêt par bague magnétique et d'un voyant à induction. Dimensions et poids : longueur 1m, diamètre 90mm, poids 9,5 Kg. Elle est conçue pour être suspendue pour assurer sa verticalité mais un niveau de secours est intégré. Le réglage de sa flottabilité a été assuré par Alexandre.

Cet équipement a été construit spécialement pour les contraintes suivantes : un recouvrement de l'ordre de 100 m mais pouvant aller jusqu'à 140m,, la présence dans les zones d'écoute de nombreux générateurs de parasites électromagnétiques (lignes secteur, de téléphone, d'éclairage enterré) et le transport en plongée jusqu'à - 40m.

*Récepteur* pour l'écoute en surface : Une antenne directive permet de capter le signal et une électronique d'amplification et de filtrage permet de l'entendre. Des tests préalables ont montré qu'il était nécessaire d'utiliser le récepteur à quadrature de phase (technologie « Pease ») moins sensible aux parasites. C'est pour pouvoir utiliser ce récepteur que l'on a utilisé ici la fréquence de 2929 Hz (au lieu de 827 Hz) ce qui a nécessité la réalisation de cet émetteur.

*Disto X*: pour la mesure de l'azimut de l'antenne lorsqu'elle pointe vers l'aplomb balise (signal minimum)

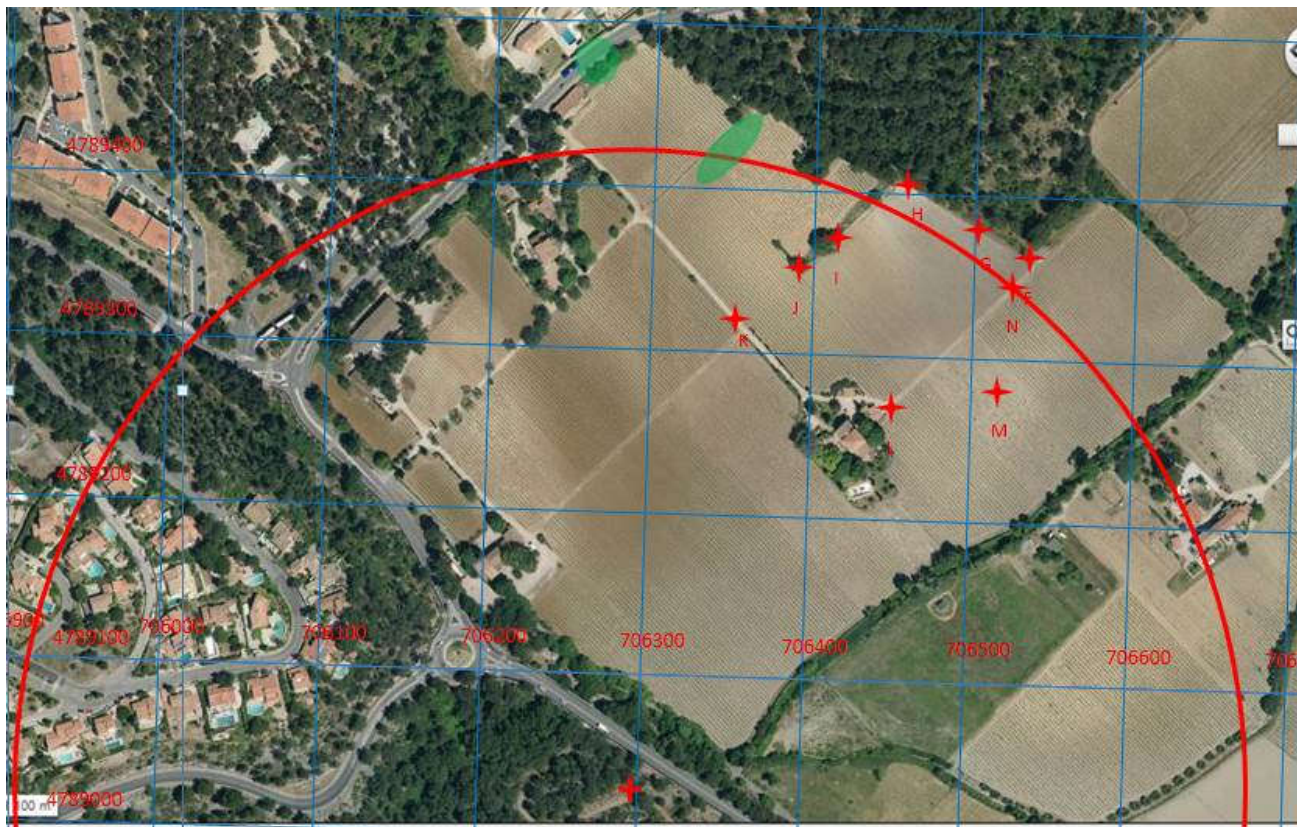
*GPS* : mesure des coordonnées des points d'écoute.

## 5. Réalisation sur le terrain:

Il est prévu par Alexandre de démarrer la balise à 10h45 et de la laisser fonctionner soit 2h30 soit de la laisser au fond si la sortie se fait avant.

La mise en place est décrite par Alexandre dans son CR de plongée. La balise a été laissée sur place.

### 5.1. Vue aérienne des lieux :



L'image est orientée selon le Nord Géographique.

Le quadrillage bleu est l'UTM31.

Le point rouge du bas est la position du repérage balise du point 2600 et le cercle rouge centré sur ce point a pour rayon 400m.

### 5.2. Déroulement.

L'écoute débute à 10h 55 et le signal est détecté au niveau du rond vert le long de la route (à 270 m de l'aplomb balise), son niveau augmente en se dirigeant vers l'Est.

La qualité du récepteur à quadrature de phase permet de s'affranchir des parasites très importants ce que ne permet pas le récepteur classique (amplificateur et filtre de Rauch).

Les premières mesures d'azimut balise sont faites au niveau de l'ellipse verte. En chaque point d'écoute on recherche l'extinction du signal et on détermine l'azimut de l'antenne. Les premiers relevés indiquent que l'aplomb balise est sensiblement plus au sud-est de cette zone. On poursuit les mesures dans cette direction et l'évolution des azimuts nous guident pour approximer l'aplomb balise et faire un nombre suffisant de mesures autour de ce point afin d'en déterminer ultérieurement les coordonnées à partir des relevés GPS des points de mesure et des azimuts balise en ces points. Ces points de mesures sont repérés sur l'image précédente par des étoiles rouges de F à N.

### 5.3. Quelques images



Repérage GPS



un des points au plus près de la position balise



Le jeune bosse, les anciens lisent.



## 6. Détermination des coordonnées

### 6.1. Principe

Le principe est de calculer les points de convergence des directions vers la balise 2 à 2 à partir des coordonnées des points de visées et des azimuts mesurés pour la direction de la balise.

Dans ce qui suit, le référentiel est la projection UTM31. Les différentes mesures d'azimut magnétique y sont ramenées via une déclinaison du quadrillage de  $0,09^\circ$  (déclinaison magnétique au 19/5/19 de  $1,83^\circ$  et un angle de convergence du quadrillage de  $1,74^\circ$ ).

Les coordonnées des points de visée sont déterminées à partir des mesures GPS de terrain et de repérage cartographique.

Les calculs sont fait en coordonnées réduites relatives au point 706000, 4789000

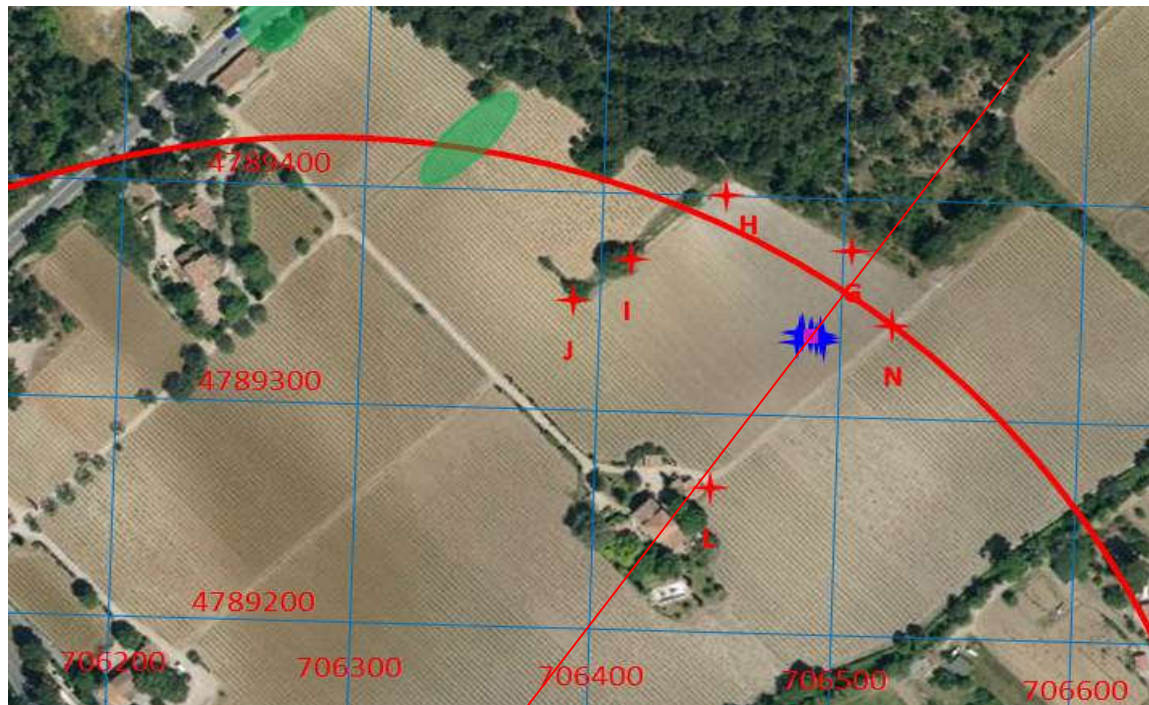
Les points de convergences des visées d'azimuts trop proches (différence de moins de  $15^\circ$ ) ne sont pas pris en compte car cela apporte une incertitude inutile. Certaines visées sont moins précises que d'autres comme détaillés plus loin elles ne sont pas prises en compte

La dispersion des coordonnées des points de convergence indique la précision obtenue, elle inclue celle des coordonnées des points de visée de  $\pm 2m$ .

### 6.2. Résultats

#### 6.2.1. Visualisation

Les résultats sont visualisés sur l'image suivante :



Etoiles rouge : points de visées (points d'écoute) pris en compte

Points bleus : points de convergence des directions associées

Carré rose : le point d'émergence de l'axe magnétique de la balise (moyenne des x et des y des points de convergence)

Trait rouge : azimut du point 2600 vers la balise Volanthen

### 6.2.2. Valeurs obtenues

Les moyennes et écart types des coordonnées réduites des points de convergence (15 points) sont les suivants :

	x	y
<b>coordonnées</b>	<b>488,6</b>	<b>335,6</b>
<b>ecartype</b>	<b>3,31</b>	<b>1,70</b>

L'imprécision annoncée ci-dessus ne tient pas compte de l'erreur max de verticalité de 1,5m

Soit en UTM 31 et géographique une position balise de :

	x	y
<b>UTM 31</b>	<b>706489</b>	<b>4789336</b>
	<b>Lon</b>	<b>Lat</b>
<b>géographique</b>	<b>5,542754</b>	<b>43,228562</b>

Entre le point 2600 et la balise l'azimut est de  $60^\circ$  / NG et la distance de 367 m.

### 6.2.3. Mesure de la profondeur

Elle n'est pas précise du fait de l'imprécision de la détermination de l'angle : le positionnement du point de mesure n'a pas été optimum car on ne connaissait pas encore la position balise et que l'on n'a pas insisté pour trouver par tâtonnement de meilleures conditions, le niveau de l'eau étant supposé connu. La mesure réalisée près du point N donne une fourchette de 70 à 90 m.

### 6.2.4. Commentaires

On a noté que selon les points d'écoute la détermination de l'azimut était plus ou moins précise. Cela peut être dû à un petit défaut de verticalité qui conduit à ne plus avoir l'extinction du signal pour certains azimuts (lié aux conditions difficiles de positionnement de la balise)

Par ailleurs la précision a pu être affectée par des distances d'écoute non optimum (on supposait une profondeur de 100 m au lieu de 85 m réels pour évaluer la bonne distance d'écoute) ; par des accès mal commodes puisque l'aplomb était dans un champ de vigne sur fil de fer qui limitait les déplacements latéraux (on s'est déplacé en bordure de ce champ et donc à des distances parfois plus grandes et on n'a pu faire un positionnement visuel) ; par le positionnement à l'envers la balise (le champ de mesure a été celui qui est légèrement modifié par la présence de parties métalliques internes (qui sont en principe vers le bas)) ; par la non disponibilité de la configuration définitive de l'antenne.

On ne peut évaluer l'importance relative de ces différents facteurs, ils dégradent tous la précision de mesure. Un défaut de verticalité apporte une erreur systématique qui peut être évaluée à partir des écarts de convergence estimés ici de l'ordre de  $4^\circ$  soit une inclinaison max balise de  $\pm 1^\circ$  soit une erreur sur le terrain de  $\pm 1,5$ m. C'est une valeur maximum qui suppose que les défauts de convergence sont dus uniquement à ce facteur ce qui n'est pas le cas.

## 7. Conclusions

Le timing a été respecté malgré les difficultés d'accès à la salle Volanthen.

Le fonctionnement et la portée de la balise, la sélectivité du récepteur à quadrature de phase ont été satisfaisants et adaptés au recouvrement et aux parasitages en surface

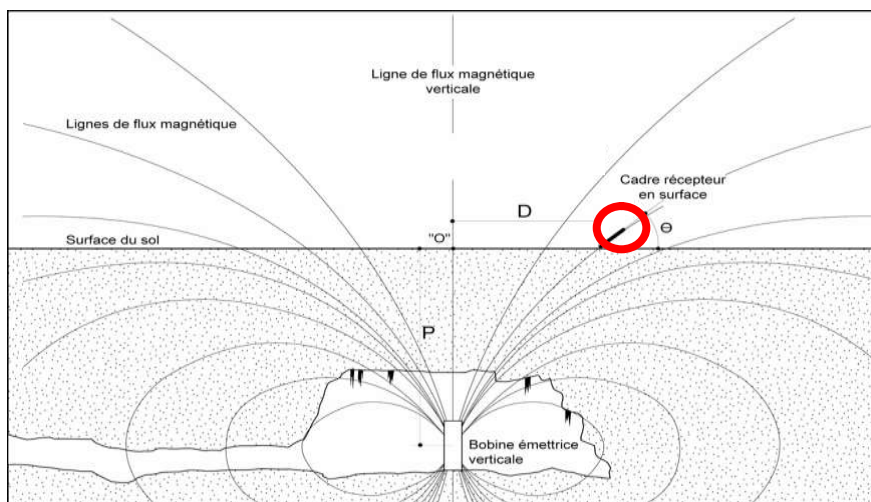
La position balise obtenue est :

	x	y
<b>UTM 31</b>	<b>706489</b>	<b>4789336</b>
	<b>Lon</b>	<b>Lat</b>
<b>géographique</b>	<b>5,542754</b>	<b>43,228562</b>

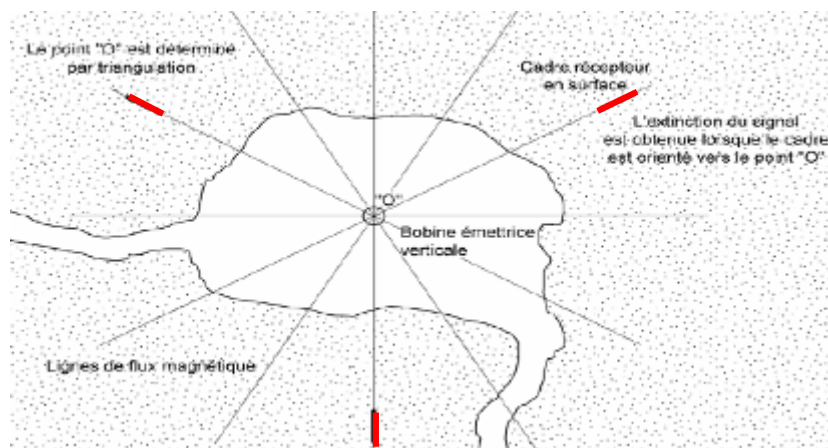
Y Margaria

## Méthode de balisage

L'émetteur, (ou Balise de Positionnement Souterrain), calé verticalement dans la cavité, produit un champ magnétique alternatif à travers le sous-sol, qui est détecté par l'antenne directive orientable d'un récepteur situé en surface, accordé sur la fréquence d'émission.



L'opérateur de surface grâce à l'antenne directive (cercle rouge image ci-dessus) procède alors à une triangulation par radiogoniométrie, afin de déterminer l'aplomb exact de l'émetteur souterrain. En pratique : il fait tourner l'antenne disposée verticalement : le signal devient nul lorsque le plan de l'antenne pointe vers l'aplomb de la balise (trait rouge image ci-dessous). La détermination de 2 directions (au moins) permet par triangulation de connaître la position de la balise, les directions et la position balise pouvant être matérialisées sur les terrains ou alors les directions et position des points d'écoute sont mesurées et la position balise est calculée.



La profondeur de l'émetteur peut être également déterminée en déterminant la tangente des lignes de flux du champ électromagnétique. En pratique : l'antenne est orientée face à la balise perpendiculaire à la direction, puis inclinée pour annuler le signal, ce qui donne l'angle recherché. Il existe d'autres méthodes.

## Matériel



Antenne réceptrice



Récepteur à quadrature de phase (« Pease »)



Partie interne de l'émetteur