

C

ontribution à l'étude des aquifères par audio-magnétotellurique à source contrôlée (C.S.A.M.T.). Zone de Beaux Songes (Ile Maurice)

**Yves Albouy¹, Jean-Lambert Join², Michel Ritz³, Bernard Robineau²,
Michel Courteaud², Doug Groom⁴, Loïc Giorgi⁵**

¹ ORSTOM, Laboratoire de Géodynamique Interne, 32 avenue Henri Varagnat, 93143 Bondy cedex, France

² Université de La Réunion, Département des Sciences de la Terre, 97490 Sainte-Clotilde, France

³ ORSTOM, Laboratoire de Géophysique, B.P. 1386, Dakar, Sénégal

⁴ Geometrics, 395 Java Drive, Sunnyvale, Ca 94089, USA

⁵ Water Ressources Unit, Royal Commercial Centre, Rose Hill, Mauritius

Abstract

A.C.S.A.M.T measurements campaign has been carried out on Beaux Songes site with a new equipment Stratagem (Geometrics). The controlled source is an antenna that sends radio frequencies signals in the range of 1 kHz to 70 kHz, from a distance of the MT recording station far enough to valid the far field approximation. Quick 2D interpretations are directly available on the field. 44 stations have been set up to cover the 10 km² area. An inversion method of the results provides the topography of conductive substratum.

Appareillage

Habituellement, la C.S.A.M.T. emploie comme source un dipôle électrique de plusieurs centaines de mètres ou de quelques km, alimenté par un générateur de fréquence de quelques kiloWatts ou quelques dizaines de kW. La méthode est efficace mais lourde à mettre en oeuvre. Depuis 2 ans, les firmes E.M.I. et Geometrics se sont associées pour produire le Stratagem, appareil d'audio M.T. classique, auquel est jointe une antenne qui émet un signal radio, sur 14 fréquences régulièrement réparties dans la gamme 1 kHz - 70 kHz, dans deux dipôles magnétiques verticaux perpendiculaires permettant l'utilisation de l'appareillage A.M.T. en mode tensoriel.

Il existe deux versions d'antenne, qui se différencient par leur puissance d'émission : le moment de la première est de 400 A-m² et celui de la seconde est de 6 000 A-m². La mise en place de la petite antenne est particulièrement rapide : un seul opérateur la monte en moins de 10 minutes et une batterie de 12 V - 60 Ah suffit pour l'alimenter. C'est dire l'avantage par rapport à la C.S.A.M.T. traditionnelle.

On admet généralement que l'approximation onde plane ou champ lointain est réalisée à mieux que 5% pour des rapports distance émetteur-récepteur et profondeur de pénétration égaux ou supérieurs à 5. La profondeur de pénétration P d'une onde de fréquence f dépend de la résistivité ρ du terrain :

$$P = 500 (\rho/f)^{1/2} \text{ avec } \rho \text{ en Ohm.m, } f \text{ en Hz et } P \text{ en m.}$$

Pour un terrain de 10 Ohm.m et une fréquence de 1 000 Hz, la profondeur P est de 50 m et la distance minimale entre l'antenne et la station est de 250 m, distance tout à fait convenable pour la puissance de la petite antenne. Si le terrain atteint 1 000 Ohm.m, la profondeur d'investigation P devient 0,5 km pour 1 000 Hz et la distance minimale est de 2,5 km, distance bien trop grande pour la petite antenne. L'utilisateur doit alors recourir à la grande antenne. En pratique, le signal est souvent insuffisant pour des distances supérieures à 1 km ou 1,5 km. Suivant le bruit électromagnétique du terrain, quelques fréquences de l'émetteur ne pourront plus être considérées comme ondes planes. Pour les interpréter, il faudrait recourir à la modélisation en "champ proche", difficile à réaliser en même temps que l'interprétation A.M.T. classique. L'utilisateur se souviendra que le champ proche tend à abaisser la résistivité apparente et à augmenter la phase, tout comme en Slingram où champs primaires et champs secondaires sont déphasés de 90°.

Un autre avantage du Stratagem est la possibilité de modéliser rapidement les données sur le terrain, soit en 1D, soit en 2D. En effet, le programme visualise les données acquises sous forme de courbes de résistivité apparente, de phase et de cohérence. Il donne immédiatement une inversion 1D (**figure 1**). Si l'on a mesuré une série de stations sur un profil, la dernière électrode de l'une des stations étant la première de la suivante, le programme permet d'obtenir une inversion pseudo 2D suivant les principes du filtrage spatial énoncés par Torres-Verdin et Bostick (1992), qui s'appliquent soit au relief soit aux structures 2D proches de la surface (**figure 2**).

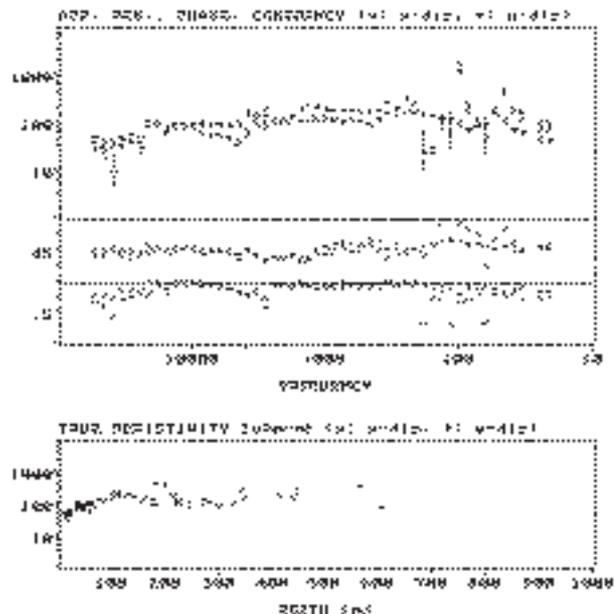


Figure 1 - Données d'une station C.S.A.M.T.

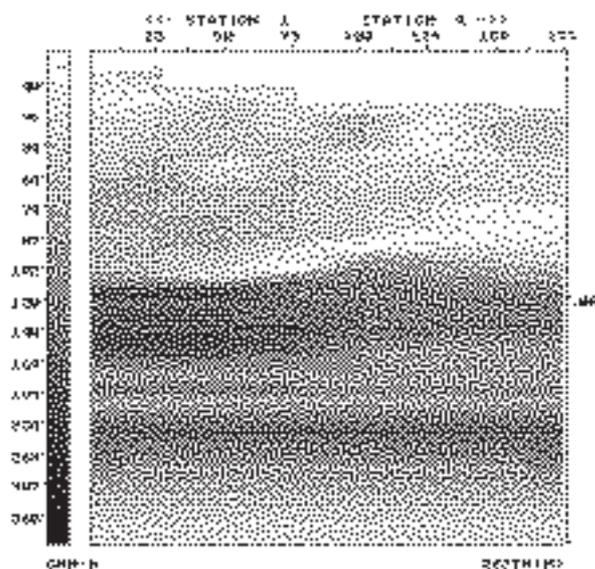


Figure 2 - Modélisation pseudo 2D d'un profil de 4 stations

Contexte géologique et géographique de l'île Maurice

L'île Maurice (longitude 57°35' S latitude 20°15' E), d'origine entièrement volcanique, est située dans l'océan indien, au nord-ouest de Madagascar. Les formations aériennes les plus anciennes sont datées à 8 millions d'années. Aujourd'hui considéré comme éteint, ce volcan a connu deux périodes principales d'activité. Une série ancienne (8 à 5 Ma), constituée par des basaltes alcalins et des trachytes, forme l'essentiel du relief ; plus tard, après une longue période d'érosion (5 à 3,5 Ma), une reprise de l'activité volcanique met en place une série récente (3,5 à 0,2 Ma), constituée de basaltes alcalins dont les coulées comblent en grande partie les principales dépressions, creusées au cours de la période précédente par le jeu simultané de la tectonique et de l'érosion.

Le cadre de l'étude

Le site de Beaux Songes correspond à une vallée haute (altitude moyenne de 250 m) à fond plat et à faible déclivité vers l'ouest. La vallée est limitée au nord et au sud par les reliefs du Mont Saint-Pierre et Mont du Rempart, cette morphologie s'ouvre vers l'ouest en même temps que la pente s'accroît sensiblement. La structure, identifiée par photographies aériennes et relevés de terrain, correspond à une paléovallée, d'abord creusée dans les formations anciennes, puis comblée par les coulées volcaniques de la série récente. D'un point de vue hydrogéologique, cette structure constitue un axe majeur pour les écoulements souterrains qui sont guidés par la topographie du substratum ancien faiblement perméable. Ce contexte a été clairement identifié sur le site de Beaux Songes en photographie aérienne et vérifié sur le terrain par des sondages de reconnaissance et des mesures électriques en courant continu. En revanche, la profondeur maximum du creusement dans la série ancienne est inconnue. C'est dans le cadre du projet FAC sur la recherche et la gestion des ressources en eaux souterraines de l'île Maurice qu'a été proposée la mise en oeuvre d'une prospection électromagnétique pour préciser la géométrie du système en profondeur.

Les résultats

Sur ce secteur d'une superficie de 10 km², ont été réalisés 44 sondages CSAMT répartis aussi régulière-

ment que possible. Les données ont été interprétées par modélisation inverse (**figure 3**) et rassemblées pour décrire la structure géoélectrique. Ainsi, la **figure 4** présente la surface topographique du toit de la série ancienne. Ces résultats permettent de visualiser la position de l'axe de cet ancien thalweg et de définir la profondeur de l'interface série ancienne/série récente.

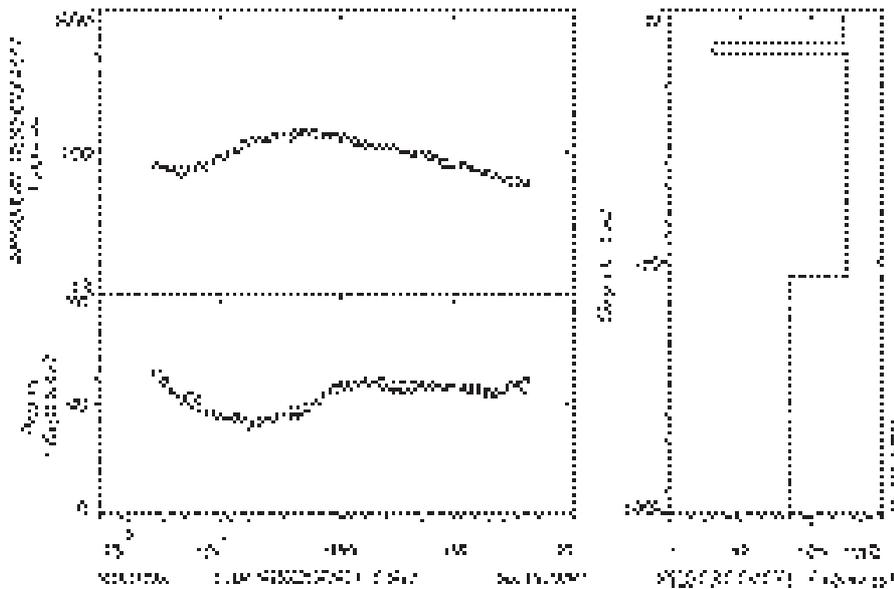


Figure 3 - Modélisation par inversion 1D d'une station

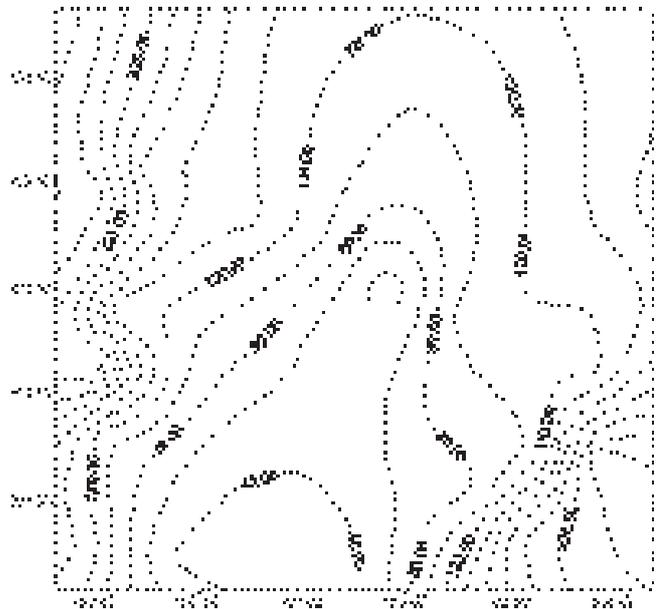


Figure 4 - Surface topographique du substratum conducteur

Bibliographie

Torres-Verdin C., Bostick F.X., 1992. Principles of spatial surface electric field filtering in magnetotellurics : Electromagnetic Array Profiling (EMAP). *Geophysics*, 57, 603-622.