

---

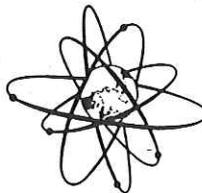
**GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS  
IN CONNECTION WITH  
GEOLOGICAL DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE**

**RECHERCHES GEOPHYSIQUES RELATIVES  
A L'EVACUATION DES DECHETS RADIOACTIFS  
DANS LES FORMATIONS GEOLOGIQUES**

---

Proceedings of a Workshop  
Compte rendu d'une réunion de travail

OTTAWA  
September 1982 septembre



NUCLEAR ENERGY AGENCY  
ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT  
AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE  
ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

OECD WORKSHOP ON GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS IN CONNECTION

WITH GEOLOGICAL DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE

OTTAWA, September 1982

UTILISATION DE DIVERSES METHODES ET MESURES GEOPHYSIQUES  
POUR L'ETUDE DE FORMATIONS GEOLOGIQUES FAVORABLES  
A L'EVACUATION DES DECHETS RADIOACTIFS

par J. Lakshmanan, Y. Bertrand, M. Bichara et Y. Lemoine  
Compagnie de Prospection Géophysique Française  
Rueil-Malmaison (France)

RESUME

Les études réalisées par la Compagnie de Prospection Géophysique Française sur 22 sites de centrales nucléaires en France et en Belgique ont permis de développer diverses techniques géophysiques, en premier lieu les mesures sismiques entre forages : verticales, horizontales ou inclinées ("panneaux sismiques" avec traitement informatique des données).

Une autre technique d'auscultation en forage est proposée : c'est le gravimètre de forage, qui permet de déterminer les densités moyennes à 100 mètres autour d'un forage.

En ce qui concerne les mesures géophysiques de surface, l'électromagnétisme hélicoptère permet de couvrir rapidement de grandes étendues, en cartographiant les résistivités des 100-150 premiers mètres du sol. Cette méthode vient d'être testée pour Electricité de France sur 7 sites.

Enfin, pour des études de détail en sismique de surface, la sismique réfraction linéaire peut être remplacée par le SISMOBLOC-CPGF tridimensionnel.

SUMMARY

USE OF VARIOUS GEOPHYSICAL TECHNIQUES FOR GEOLOGICAL INVESTIGATION  
OF RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL SITES

Studies carried out by the Compagnie de Prospection Géophysique Française on 22 nuclear power sites in France and Belgium have helped making progress in various geophysical methods : first, seismic investigation between drill holes (cross hole, up hole, down hole and seismic panels, with automatic iterative modelling with multitrace digital and magnetic recorders and an automatic down hole hammer.

A new down hole investigation method is proposed : the borehole gravity meter gives average densities inside a 100 meter radius around a drill hole.

Concerning ground geophysics, helicopter electromagnetics supplies fast resistivity mapping up to depths of 100-150 meters. This method was recently tested for Electricité de France on 7 sites.

For detailed surface seismic studies, conventional seismic refraction can be replaced by the three dimensional "SISMOBLOC-CPGF" technique.

## 1. INTRODUCTION

La Compagnie de Prospection Géophysique Française a étudié depuis 1975, 22 sites de centrales nucléaires en France et en Belgique. A cette occasion, les méthodes d'auscultation géophysique du massif rocheux, développées par la CPGF lors de l'étude de plusieurs centaines de barrages, ont fait l'objet de nombreuses améliorations, et diverses techniques nouvelles ont été mises au point ou essayées.

Ces méthodes concernent les mesures entre forages (ou entre forages et sol, ou entre galeries) ; il s'agit pour l'essentiel de mesures sismiques. En particulier, le "panneau sismique" - traitement informatique d'un ensemble de mesures entre forages - permet d'établir des cartes complètes de vitesses longitudinales et transversales entre forages pouvant être écartés de plus d'une hauteur.

Un forage unique peut être valorisé sur un rayon de 100 mètres par l'utilisation du gravimètre de forage ("Bore hole gravity meter" ou B.H.G.M., développé par notre associé, EDCON, Denver, U.S.A.).

En ce qui concerne les mesures de surface, l'innovation a concerné tout d'abord l'utilisation d'une technique de prospection minière, l'électromagnétisme hélicoptère, testé avec succès pour Electricité de France sur 7 sites.

Enfin, pour l'étude détaillée en sismique de surface, le SISMOBLOC-CPGF permet de couvrir une surface et non pas une seule ligne, avec deux points d'ébranlement fixes.

## 2. MESURES SISMIQUES CLASSIQUES ENTRE FORAGES

### 2.1 Nécessité de mesures à différentes inclinaisons

Lors de l'étude des centrales nucléaires, il était habituel d'employer les mesures horizontales dites "cross hole" entre deux forages (voir figure 1).

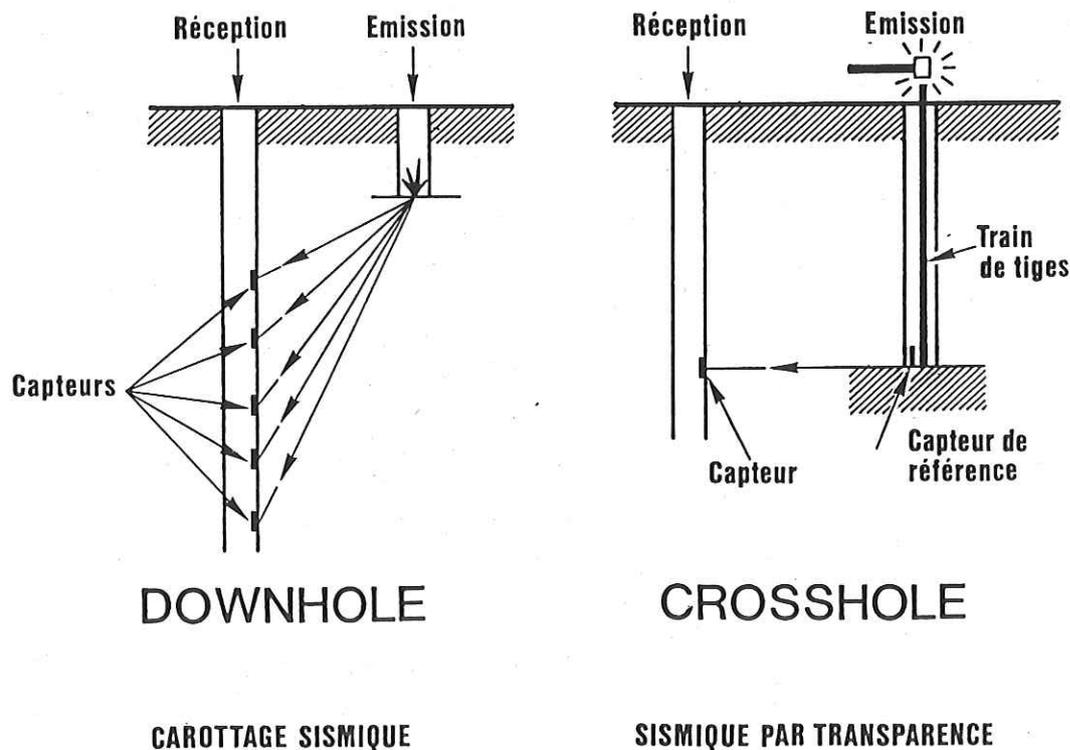


Fig. 1 DISPOSITIFS DE MESURES SISMIQUES ENTRE FORAGES  
SEISMIC MEASUREMENTS BETWEEN DRILL HOLES

Afin de mieux simuler les séismes profonds, il a paru nécessaire de mettre au point les mesures subverticales montantes ("up hole") ou à la rigueur descendantes ("down hole"). Ces mesures sont souvent plus délicates que les mesures horizontales. Avec des mesures à différentes inclinaisons, nous avons pu, par régression elliptique, déterminer l'anisotropie ( $A = V_h/V_v$ ) moyenne sur divers sites, tel que le montre le tableau suivant.

Tableau I

ROCHER	VITESSES LONGITUDINALES (m/s)			VITESSES TRANSVERSALES (m/s)		
	VLH	VLV	AL	VTH	VTV	AT
Granite	4495	4965	0,91	2080	2350	0,89
Calcaire crétacé	4005	3190	1,26			
Craie	2420	2395	1,01	1025	1120	0,92
Molasse	2065	2085	0,99	695	660	1,05
Sables tertiaires	1750	1750	1	485	370	1,31
Argile tertiaire	1650	1710	0,96	305	355	0,86
Schistes primaires	4160	4420	0,94	2225	2355	0,94
Argile du Gault	1735	1730	1	490	540	0,91
Gneiss	4290	4340	0,99	1760	1790	0,98

On constate que dans les milieux bien stratifiés en feuillets (sables et marnocalcaires), on a  $A > 1$  (vitesses horizontales > vitesses verticales) ; par contre, dans les milieux fracturés (granite, craie), on a  $A < 1$ . Les valeurs moyennes extrêmes constatées sur ces sites vont de 0,90 à 1,25, ce qui veut dire que localement, on peut atteindre 0,6 ou 2,0.

On en conclut que pour caractériser un massif rocheux par des mesures entre forages, il est indispensable de faire des mesures à différentes inclinaisons, afin d'adjoindre aux vitesses longitudinales et transversales, un coefficient d'anisotropie.

## 2.2 Utilisation d'un marteau autonome en forage

Il est bien connu que les vitesses transversales caractérisent mieux l'état de fracturation d'un massif rocheux que les vitesses longitudinales ((1), (2), (3)). Or, leur création et leur réception dépendent du type d'émetteur, du type de réception et de leur couplage avec les parois des forages. Des sources puissantes (explosifs, détonateurs) ou facilement répétitives (étinceleurs, canons à air) créent malheureusement peu d'énergie de cisaillement par rapport à l'énergie de compression. Aussi, doit-on se tourner pour l'émission vers les chocs mécaniques. La pratique courante est de frapper au marteau, la tête d'un train de tige de forage, ce qui implique de rendre la mesure géophysique tributaire du forage. Il est apparu préférable de construire un marteau de forage autonome dans lequel l'enclume est plaquée pneumatiquement contre les parois du forage.

## 2.3 Conditions préférentielles de réception des ondes de cisaillement

La meilleure réception de ces ondes est obtenue à l'aide de géophones tri-directionnels, plaqués pneumatiquement contre les parois du forage. Lorsque le trou ne se tient pas et qu'il est nécessaire de tuber, nous préconisons la mise en place d'un tubage PVC cimenté à l'extrados par un procédé Perkins ou similaire. Ceci est, bien entendu également vrai pour le forage d'émission.

Parallèlement à ces mesures d'ondes de cisaillement (et de compression), il nous est apparu très utile d'enregistrer les ondes de "tube" (4), (5), (6). Celles-ci ont été obtenues à l'aide de tirs au détonateur dans un court trou auxiliaire, la réception étant faite en "down hole" à l'aide d'une chaîne de 12 hydrophones. On obtient généralement sur les enregistrements, une arrivée tardive très énergétique, se propageant à des vitesses du même ordre que celles de l'onde de cisaillement verticale, comme le montre le tableau suivant.

Tableau II

SOL	VITESSE DE CISAILLEMENT	VITESSE DE TUBE
Sable tertiaire	387 m/s	327 m/s
Argile tertiaire	334 m/s	380 m/s
Gneiss	1 790 m/s	1 700 m/s

### 3. PANNEAUX SISMIQUES

Cette méthode, appelée aussi sismique "puits à puits" ou "well-to-well" seismics, a été de pratique très ancienne, quoique occasionnelle. Son développement est dû à l'application d'un programme de calcul mis au point par l'Institut Français du Pétrole et appliqué de façon exclusive par l'association BEICIP-CPGF ((7), (8), (9), (10), (11)). Ce calcul concerne un plan (vertical, horizontal ou incliné) dans lequel sont placés les points d'émission (tirs de très faible puissance) ou de réception (géophones ou hydrophones) ; on suppose que les rayons sismiques se propagent uniquement dans ce plan (symétrie cylindrique). On peut ainsi faire des mesures forage-forage, forage-sol, galerie-sol, galerie-galerie ou galerie-forage.

On décompose le panneau rectangulaire ou triangulaire contenant les points de mesure, en carrés ou rectangles élémentaires, et on suppose la vitesse constante dans chaque élément. Partant d'une solution initiale arbitraire ou mieux, choisie par l'utilisateur, le programme ajuste progressivement et automatiquement ces vitesses pour minimiser les écarts quadratiques entre temps mesurés et temps calculés. A chaque itération, des rayons courbes sont calculés et utilisés pour l'itération suivante (figure 2).

Dans le cas de mesures entre deux forages, l'écartement entre les forages peut dépasser la longueur des forages (on prend généralement  $L \leq 1,5 H$ ), la résolution étant d'autant plus grande que les forages sont rapprochés.

La figure 3 représente un cas réel, dans une alternance de calcaires rapides et de marnes plus lentes. La sismique de surface n'avait pas pu "percer" la première couche rapide.

Un des câbles spéciaux dont dispose actuellement la CPGF permet d'atteindre des profondeurs de 500 m ; il comprend 12 hydrophones espacés de 5 m. Il a été étudié pour résister à des pressions de 10 MPa, et est extensible à une longueur de 1 000 mètres.

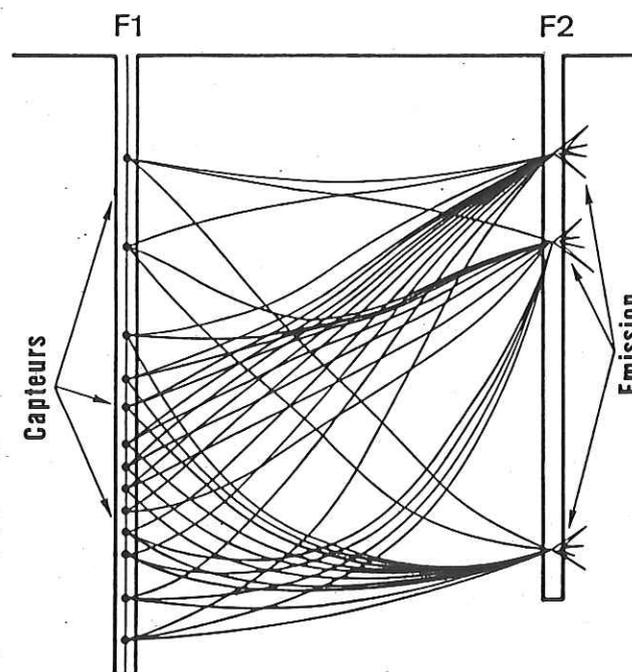
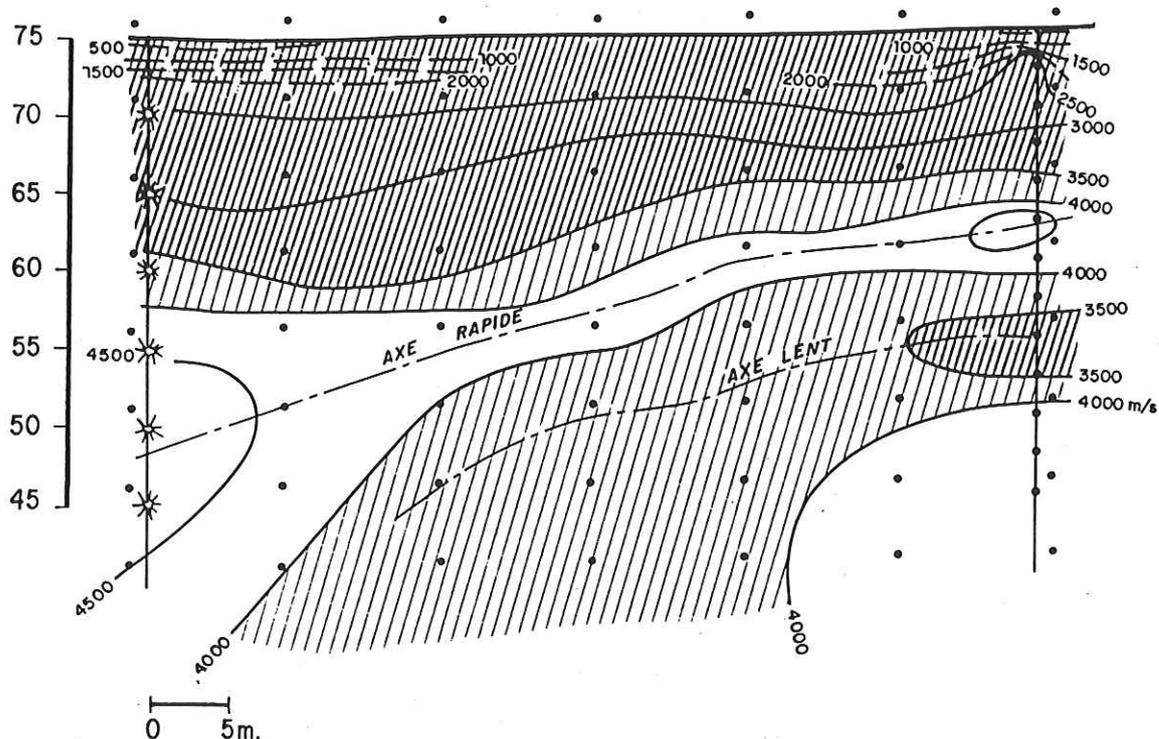


Fig. 2 PANNEAU SISMIQUE, EXEMPLE DE RAYONS COURBES  
SEISMIC PANEL, EXAMPLE WITH CURVED RAYS



**Fig. 3** PANNEAU SISMIQUE, APPLICATION A UNE ALTERNANCE MARNO-CALCAIRE  
SEISMIC PANEL APPLIED TO A LIMESTONE-MARL SEQUENCE

#### 4. GRAVIMETRIE DE FORAGE

##### 4.1 Principe de l'appareil

Le gravimètre de forage ou "Bore Hole Gravity Meter (B.H.G.M.), fabriqué par LACOSTE et ROMBERG, est un gravimètre astatique miniaturisé et télécommandé. 11 ont été fabriqués, 4 sont la propriété de l'associé de CPGF, EDCON, Denver, U.S.A., qui est la seule société de services pour ce type de mesure ((12), (13) et (14)). L'appareil descend dans des forages de 6", résiste à des pressions de 88 MPa et des températures de 120° C, une protection complémentaire (en cours de fabrication chez EDCON) permettra d'atteindre 200° C. L'appareil est fixé à l'extrémité d'un câble SCHLUMBERGER et a déjà été descendu à 5 300 mètres. Les mesures sont faites point par point, avec des espacements de 5, 10 ou 20 m entre stations. La lecture est faite au microgal ( $\sim 10^{-9}$  g) et la précision de répétition est meilleure que 10 microgals. Le dépouillement est fait de deux façons différentes : calcul de la densité et calcul de l'anomalie de Bouguer.

##### 4.2 Calcul de la densité

En supposant une stratification horizontale des zones de densité, on peut calculer la densité d'une tranche de terrain entre 2 stations, directement à partir de la différence de lecture, en deux points situés aux altitudes  $z_2$  et  $z_1$ . On a :

$$\begin{aligned} L(z_2) &= B(z_2) - 0,3086 z_2 + 0,0838 z_2 \sigma & L \text{ en milligals, } z \text{ en mètres} \\ L(z_1) &= B(z_1) - 0,3086 z_1 + 0,0838 z_1 \sigma & \sigma \text{ en gm/cm}^3 \end{aligned}$$

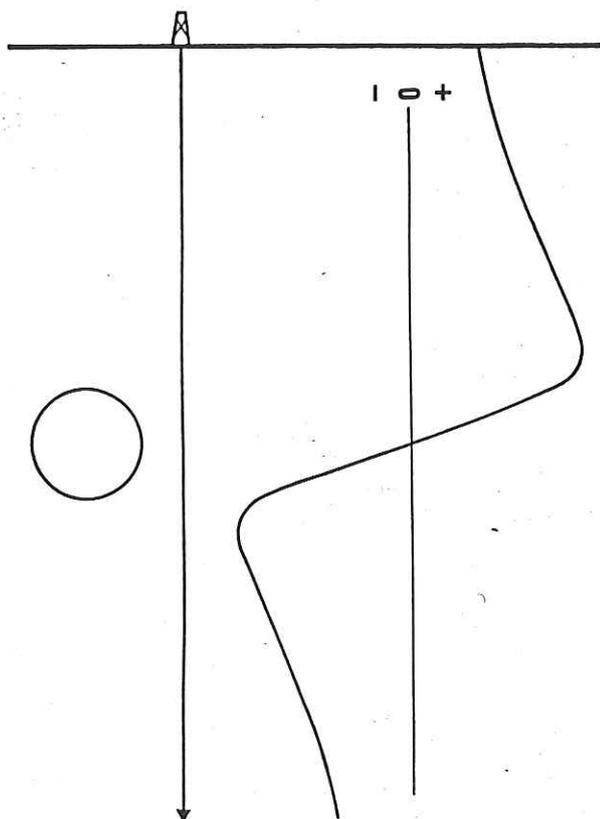
$B$  étant l'anomalie de Bouguer, supposée constante (pas d'anomalies latérales),

$$\text{d'où : } \Delta L = L(z_1) - L(z_2) = -0,3086(z_1 - z_2) + 0,0838(z_1 - z_2) \sigma$$

$$\frac{\Delta L}{\Delta Z} = -0,3086 + 0,838 \sigma$$

$$\sigma = + 11,93 \frac{\Delta L}{\Delta Z} + 3,687$$

Compte tenu de la lecture au microgal, d'une précision de mesures de 0,01 milligals sur  $\Delta g$ , et avec une précision de 0,01 m sur  $\Delta z = 20$  m, on peut calculer  $\sigma$  à 0,01 gm/cm<sup>3</sup> près. On compare alors les densités BHGM avec la densité gamma gamma de SCHLUMBERGER (F.D.C.), après rectification d'une variation régionale éventuelle. Les différences entre les 2 logs sont dues à la plus grande pénétration du BHGM (de l'ordre de la centaine de mètres). Sur la figure 4 où, outre les 2 logs, est représentée la différence entre ces deux densités, on voit qu'entre 6330 et 6370 pieds de profondeur, le F.D.C. a "manqué" une anomalie légère non négligeable. On considère que la densité BHGM est en général caractéristique des terrains situés à l'intérieur d'un rayon de 100 mètres, alors que le gamma-gamma ne concerne que quelques centimètres.



#### 4.3 Calcul de l'anomalie de Bouguer

En introduisant les densités gamma-gamma (FDC) dans les formules précédentes, et en supposant :

$$B(z_2) \neq B(z_1) \neq 0,$$

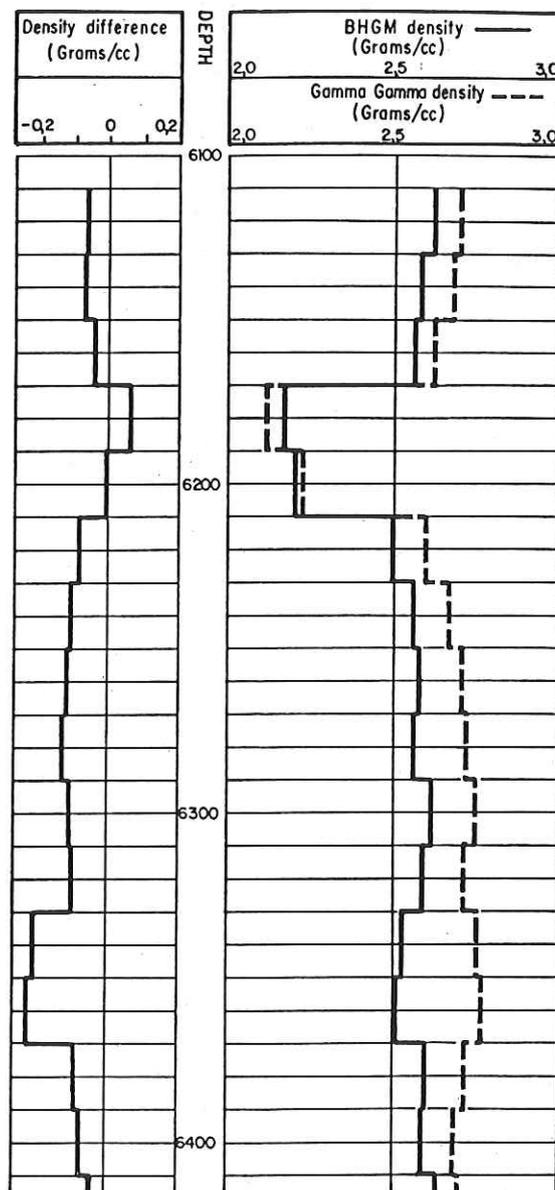
$$\text{on obtient : } B(z_1) = B(z_2) + \Delta L + (0,3086 - 0,0838\sigma)\Delta z$$

$$\text{ou encore : } B(z_1) = B(z_2) + 0,0838\Delta z(\sigma(\text{BHGM}) - \sigma(\text{FDC}))$$

d'où de proche en proche, les valeurs de Bouguer  $B(z)$  le long du forage.

La figure 5 représente l'anomalie de Bouguer due à une anomalie cylindrique à l'extérieur du forage.

Suivant le type d'anomalie, et comme pour la gravimétrie de surface, on peut définir une distance à partir de laquelle le gravimètre lui est sensible.



**Fig.4** GRAVIMETRIE DE FORAGE, EXEMPLE DE CALCUL DE DENSITE  
BORE HOLE GRAVITY METER, DENSITY LOG

**Fig.5** GRAVIMETRIE DE FORAGE, ANOMALIE DE BOUGUER PRES D'UNE ANOMALIE CYLINDRIQUE  
BORE HOLE GRAVITY METER, BOUGUER ANOMALY NEAR A CYLINDER

#### 4.4 Application au stockage de déchets radioactifs

Le BHGM (gravimètre de forage) a été utilisé à plusieurs reprises pour contribuer à l'étude de la faisabilité de certains sites destinés au stockage des déchets radioactifs.

Au Danemark, à l'emplacement du dôme de sel de MORS, EDCON a réalisé des relevés détaillés dans deux forages. Ces forages sont réputés comme étant ceux qui ont réalisé les plus profondes pénétrations dans du sel au monde. Les données obtenues par gravimétrie de forage ont été réduites et intégrées à d'autres données géophysiques (gravimétrie de surface, sismique, diagraphies, gamma-gamma, radar et électrique), et géologiques.

L'interprétation réalisée par EDCON a consisté en l'analyse de la structure grossière du sel, ainsi qu'en la détermination des variations de détail dans la pureté de celui-ci, permettant ainsi une bonne définition des couches interstratifiées d'anhydrite.

Les densités déterminées par le BHGM sont relatives à un grand rayon d'investigation et quand ils sont associés à d'autres informations, permettent une évaluation de qualité des propriétés de la matrice rocheuse.

#### 5. ELECTROMAGNETISME HELIPORTE

La C.P.G.F. a récemment été chargée par Electricité de France d'étudier la profondeur d'investigation de systèmes électromagnétiques héliportés (15). On constate qu'en ce qui concerne les variations de position (problème subhorizontal) d'un socle résistant ( $1\ 000\ \Omega\text{m}$ ) sous une couverture sédimentaire conductrice ( $10\ \text{à}\ 100\ \Omega\text{m}$ ), cette profondeur est de l'ordre de  $100\ \text{à}\ 150\ \text{mètres}$ . En ce qui concerne la recherche de conducteurs, le problème est plus facile, et on arrive, à ces profondeurs, à détecter des filons verticaux conducteurs ayant une dizaine de mètres de large.



**Fig.6** ELECTROMAGNETISME HELIPORTE, RECHERCHE DE FAILLE EN TERRAIN GRANITIQUE  
*HELICOPTER ELECTROMAGNETICS FAULT DETECTION IN GRANITIC ENVIRONMENT*

La cartographie de résistivité a été principalement développée par DIGHEM, Toronto, Canada ((16), (17)). L'enregistrement des composantes en phase et en quadrature à deux fréquences (900 et 3 600 Hz), et maintenant à trois fréquences, (900, 3 600 et 7 200) permet une mosélisation continue à deux couches. DIGHEM a été retenu par Electricité de France pour la réalisation de 2 000 km de vols au-dessus de 7 sites en France, dont les premiers résultats viennent d'être décrits (10). DIGHEM est maintenant associé à la C.P.G.F. pour ce type d'opérations.

La figure 6 représente une carte de résistivité en zone de socle résistant (Massif Central français) avec la trace de deux accidents conducteurs. Ce type de prospection est généralement réalisé au 1/25 000ème (profils tous les 250 m) ou au 10 000ème (profils tous les 100 m) et peut s'envisager au 1/5 000ème. Il convient de noter que le prix de revient d'une telle prospection avec enregistrement simultané de 2 fréquences, du "VLF" et du magnétisme, est de l'ordre de 100 US. \$ par kilomètre. Signalons que DIGHEM a prospecté 4 sites pour Atomic Energy of Canada, et notamment à Chalk River et près de Pinawa.

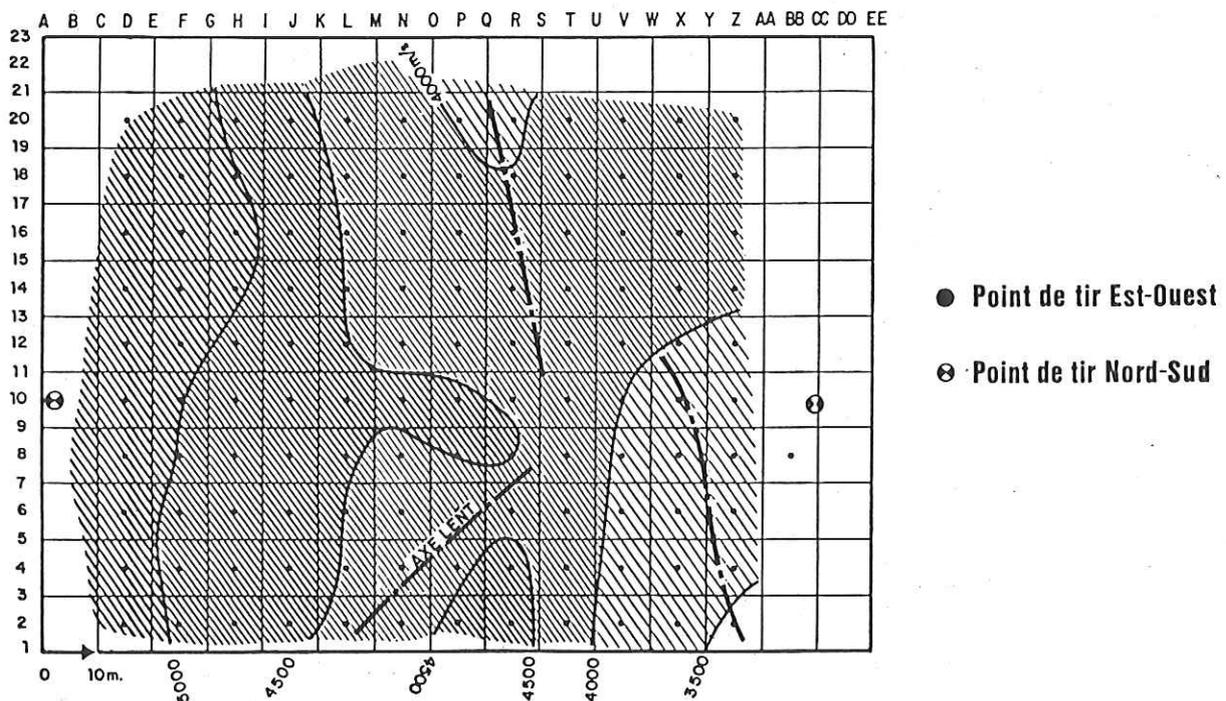
## 6. SISMOBLOC-CPGF

Cette méthode de prospection sismique de surface a la particularité d'utiliser deux points de tirs fixes, soit lointains, soit au fond de forages. Les capteurs sont placés sur la surface, suivant une maille régulière ou irrégulière. Des tirs auxiliaires sont faits, comme en réfraction classique, sur des alignements de divers capteurs.

Dans l'exemple de la figure 7, des conditions d'environnement rendaient impossibles des tirs lointains tels qu'habituellement nécessaires en réfraction. Deux forages de 40 mètres, situés à l'intérieur du SISMOBLOC-CPGF, furent utilisés. (point de tis Nord-Sud).

Le dépouillement permet de tracer des cartes de "délais" (temps de parcours subvertical jusqu'au réfracteur) et des cartes de vitesse du réfracteur. La carte de délai fut transformée en carte de profondeur après intégration des tirs auxiliaires. La carte des vitesses de fond permet une auscultation de l'état du calcaire constituant le substratum, et de localiser un axe fracturé. L'utilisation de deux autres points de tir fixes sur une perpendiculaire à la ligne joignant les deux premiers, permet de déterminer l'anisotropie du calcaire.

Cette méthode peut s'avérer utile pour compléter ou remplacer la sismique réfraction de surface, pour une couverture plus continue d'un site de stockage. Bien entendu, la profondeur d'investigation ne dépassera généralement pas 200 m.



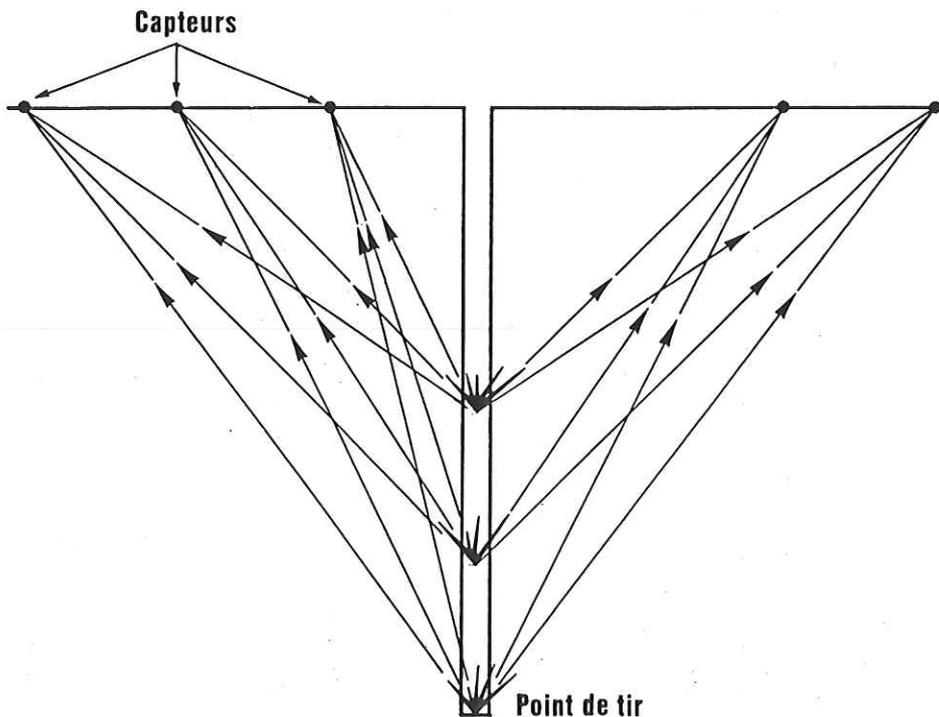
**Fig. 7** SISMOBLOC C.P.G.F., COUVERTURE REFRACTION CONTINUE, CARTE DES VITESSES DU SUBSTRATUM  
C.P.G.F. SISMOBLOC, 3D REFRACTION, REFRACTOR VELOCITY MAP

## 7. CONCLUSIONS

La présente communication a décrit diverses méthodes géophysiques développées par la Compagnie de Prospection Géophysique Française et ses associés, EDCON, Denver, U.S.A., et DIGHEM, Toronto, Canada, et susceptibles d'être utilisées efficacement pour l'étude de sites de stockage de déchets nucléaires.

Les méthodes de valorisation d'un forage unique comprennent :

- les panneaux sismiques entre forage et sol permettant d'explorer un cône ayant une ouverture de  $90^\circ$  au niveau du fond du forage (figure 8).



**Fig.8** PANNEAU SISMIQUE FORAGE SOL  
*SEISMIC PANEL BETWEEN DRILL HOLE AND SURFACE*

- le gravimètre de forage qui mesure la densité moyenne à l'intérieur d'un cylindre de 100 m de rayon autour du forage.

L'étude de la zone comprise entre deux forages ou deux galeries peut se faire par :

- le panneau sismique, ou grand "cross hole", avec de préférence, étude simultanée des vitesses longitudinales et transversales.

Dans la prospection de surface d'un site, notre apport spécifique peut se situer à deux stades :

- prospection très préliminaire, par électromagnétisme hélicoptère
- prospections détaillées du site par méthode géophysique de surface, telles que gravimétrie, géoélectricité, sismique, etc ...

## REFEREICES

- (1) SILVER, M.L., TIEDEMANN, D., et al : "Dynamic geotechnical testing", ASTM, Philadelphie, 1977
- (2) SCHNEIDER, B. : Moyens nouveaux de reconnaissance des massifs rocheux", Annales de l'I.T.B.T.P., juillet-août 1967, n° 235-236, Série Sols et Fondation (62)
- (3) BERTRAND, Y., BORDET, C., DELETIE, P., LAKSHMANAN, J., SIGISMOND, J. : "Détermination in situ des propriétés dynamiques du rocher pour les projets de centrales nucléaires", Assoc. Int. de Géologie de l'Ingénieur, 4ème Congrès International, New Delhi 1982 (à paraître)
- (4) WHITE, J.E. : "Seismic waves : radiation, transmission and attenuation", McGraw Hill, New York, 1965
- (5) HUANG, C.F. et HUNTER, J.A. : "A seismic "tube wave" method for in-situ estimation of rock fracture permeability in boreholes", 51ème congrès international, S.E.G. LOS ANGELES, 1981
- (6) HENNING, F., JACQUEMART, J., LAKSHMANAN, J. et ROUGE, J. : "Campagne géosismique sur le site nucléaire de DOEL, pour la détermination des paramètres dynamiques du sol ; influence de la présence des constructions", Colloque National du Comité Belge de Géologie de l'Ingénieur, GAND, octobre 1981
- (7) LAPORTE, M., LAKSHMANAN, J., LAVERGNE, M. et WILLM, C. : "Mesures sismiques par transmission - Application au génie civil", Geophysical Prospecting, vol. XXI, n° 1, 1973
- (8) BOIS, P., LAPORTE, M., LAVERGNE, M. et THOMAS, G. : "Well-to-well seismic measurements", Geophysics, vol. 37, n° 3, p. 471-480, juin 1972
- (9) LAKSHMANAN, J. et al, Groupe de travail du Comité Français des Grands Barrages : "Nouvelles techniques de reconnaissance", 14ème Congrès des Grands Barrages, RIO de JANEIRO, 1982, Question 53, Rapport 57
- (10) LAKSHMANAN, J. : "Nouvelles techniques de reconnaissance : expérimentations en 1982", 14ème Congrès des Grands Barrages, RIO de JANEIRO 1982 (à paraître)
- (11) AKERMANN, G., LANȚIER, F., LAKSHMANAN, J. et MARTINET, A. : Etude géologique géophysique et géotechnique de l'usine souterraine du VERNAY", Symposium International de Mécanique des Roches, Aachen, mai 1982
- (12) LaFEHR, T. : "Developments in exploration geophysics", 1975-1980, Geophysics vol. 46, n° 8, page 88
- (13) BICHARA, M., BLACK, A., LaFEHR, T. et LAURIN, P. : "Le gravimètre de trou - un exemple d'application dans le génie civil", oct 1981, 7ème Congrès Européen du SAID
- (14) SNYDER, D. : "The bore hole gravity anomaly - Application to interpreting bore hole gravity surveys", SPWLA seventeenth annual logging symposium transactions, 1976
- (15) LAKSHMANAN, J. "Depth of penetration of airborne magnetics over stratified earth", Society of Exploration Geophysicists Convention, LOS ANGELES, oct 1981
- (16) FRASER, D.C. : "Resistivity mapping with an airborne multicoil electromagnetic system", Geophysics, vol. 43, n° 1, p. 144-172, février 1978
- (17) FRASER, D.C. : "The multicoil II airborne electromagnetic system", Geophysics, vol. 44, n° 8, août 1979
- (18) LECHAT, P., LEMOINE, Y., MONJOIE, A. : "Apports des études sismiques et préssiométriques à l'étude de la fracturation du rocher dans le cas d'un site de barrage", Symposium International de la Société Internationale de Mécanique des Roches, Nancy, 1971