

LA PROSPECTION GEOPHYSIQUE

Réalisation Gilles BRESSON



C'est l'exploration du sous-sol en surface en utilisant certaines propriétés physiques des roches :

- Conductivité électrique**
- Propagation des vibrations**
- Densité des roches**
- Propriétés magnétiques**
- Radioactivité**

Chacune de ces propriétés ont engendré une ou plusieurs méthodes de prospection

-La conductivité des roches (ou à l'inverse sa résistivité) est utilisée par les méthodes dites électriques (sondages électriques, les traînées électrique, etc...) ou électromagnétiques

- La propagation des vibrations dans les roches (ou ondes sismiques) a donné lieu à deux méthodes de prospection : la sismique réfraction et la sismique réflexion

- On peut y ajouter la méthode RADAR, qui utilise la propagation des ondes à haute fréquence

- La densité des roches est utilisée dans la prospection gravimétrique

- La mesure des variations locales du magnétisme terrestre est une méthode de prospection du sous sol pour localiser certaines roches ou des filons minéralisés

- Quant à la mesure de la radioactivité naturelle elle permet surtout la localisation en surface des zones uranifères enfouies dans le sous-sol

Les méthodes électriques

- A partir de sources naturelles avec la mesure de la polarisation spontanée**
- A partir de sources artificielles avec la mesure de la polarisation induite ou la mesure de la résistivité**

La polarisation spontanée

Il s'agit de la génération naturelle de courants électriques dans le sous sol sans l'intervention humaine.

Elle est causée par l'activité électrochimique due essentiellement à l'altération des sulfures métalliques du type pyrite, chalcopyrite, galène, etc.

La mesure en surface de la polarisation spontanée est donc un moyen de prospection géophysique des minerais sulfurés

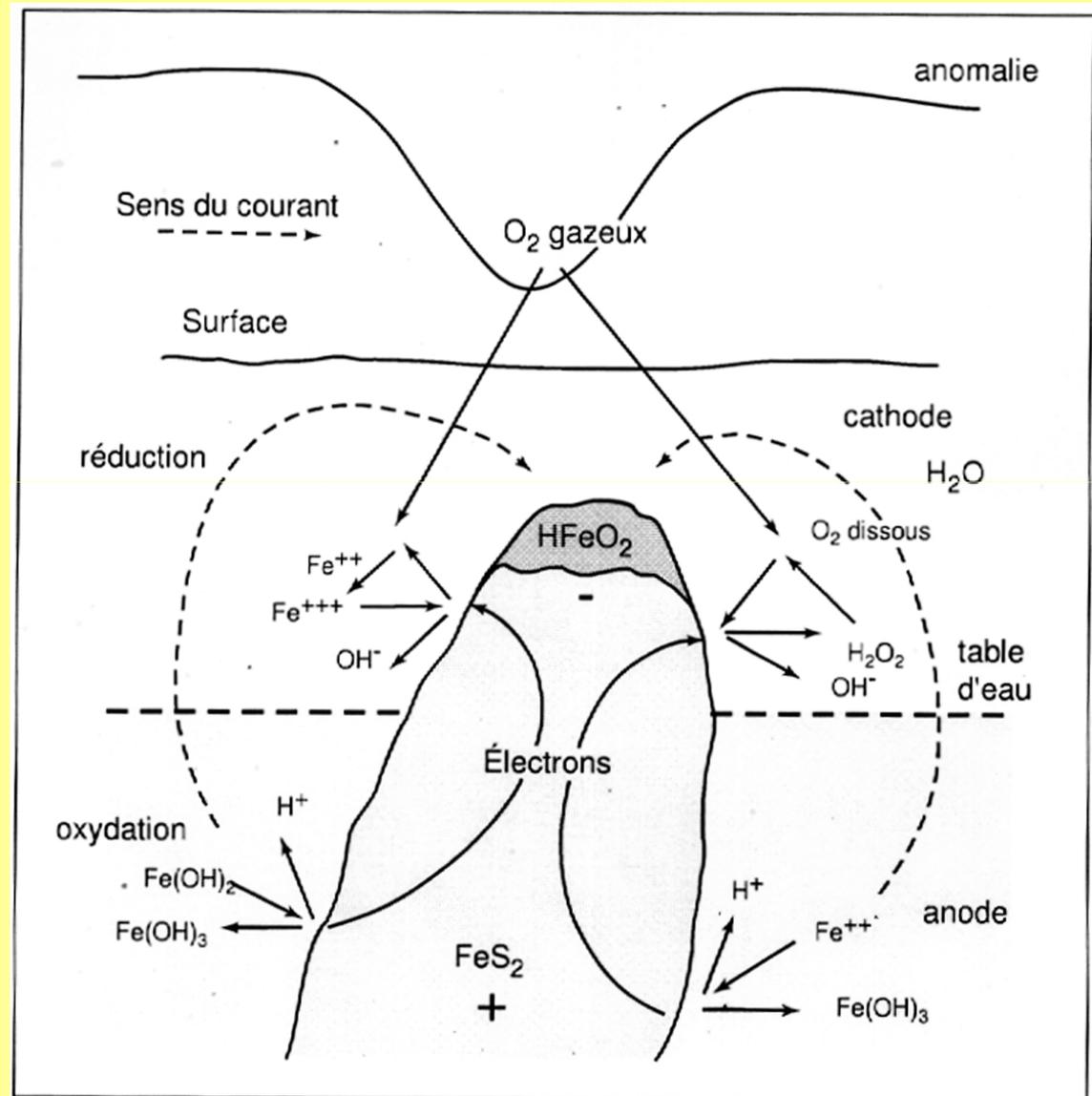
Les courants mesurés varient de quelques mV à 1 V, un courant de 200 mV étant considéré comme une bonne anomalie locale.

Phénomène électrochimique de la polarisation spontanée

La tête du gisement agit comme une cathode avec une action de réduction (gain d'électrons).

La base du gisement dans l'eau agit comme une anode avec une réaction d'oxydation (perte d'électrons)

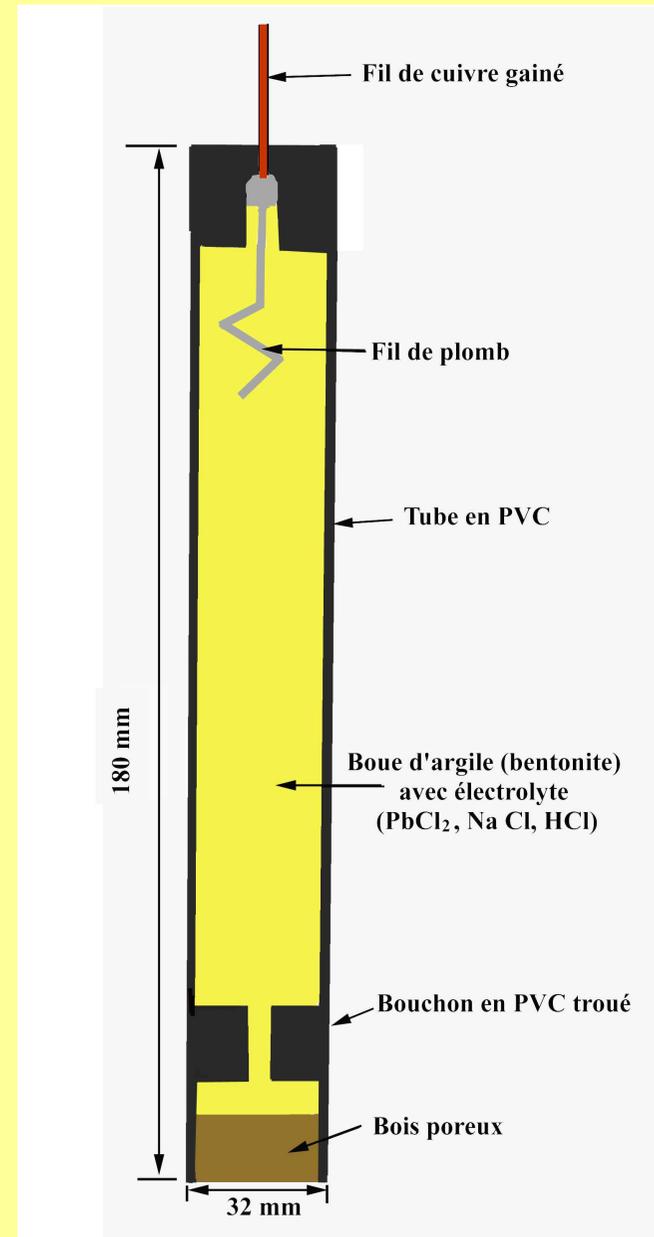
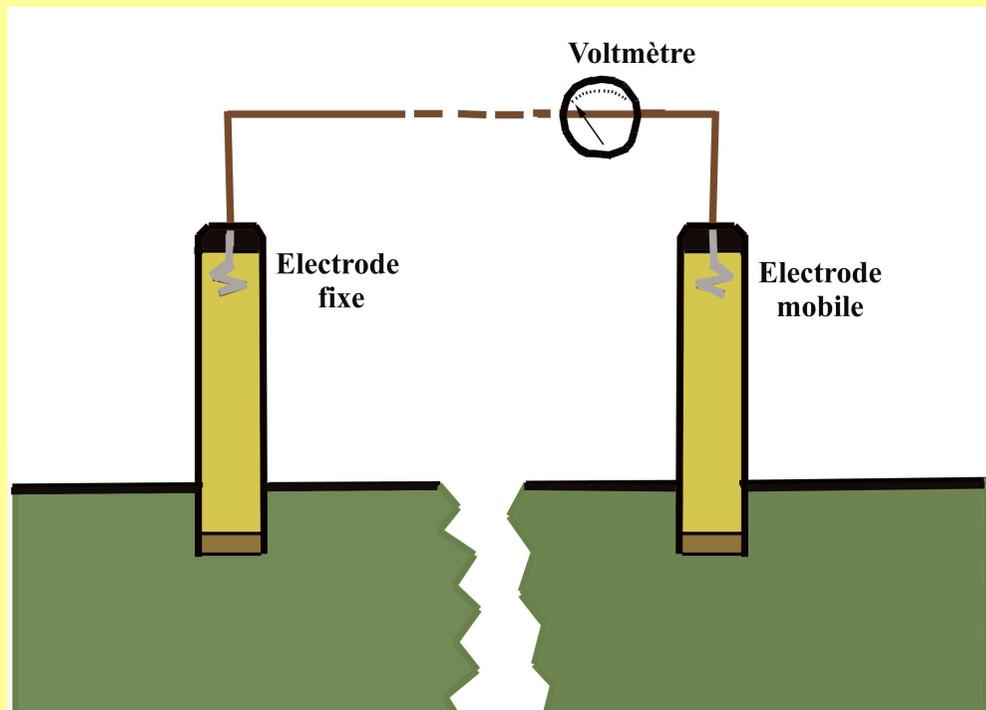
La zone minéralisée ne sert qu'à transporter les électrons de l'anode vers la cathode.



Matériel de mesure de la polarisation spontanée

Le dispositif de mise en œuvre est très simple :

- Deux électrodes non polarisables avec électrolyte de contact
- Un voltmètre de précision (1mV)



La prospection par mesure de la polarisation spontanée

Il s'agit d'une très ancienne méthode de prospection géophysique qui a été utilisée en 1830 par Robert FOX pour trouver l'extension d'un dépôt de cuivre

Deux variantes :

- Mesure de l'amplitude du potentiel

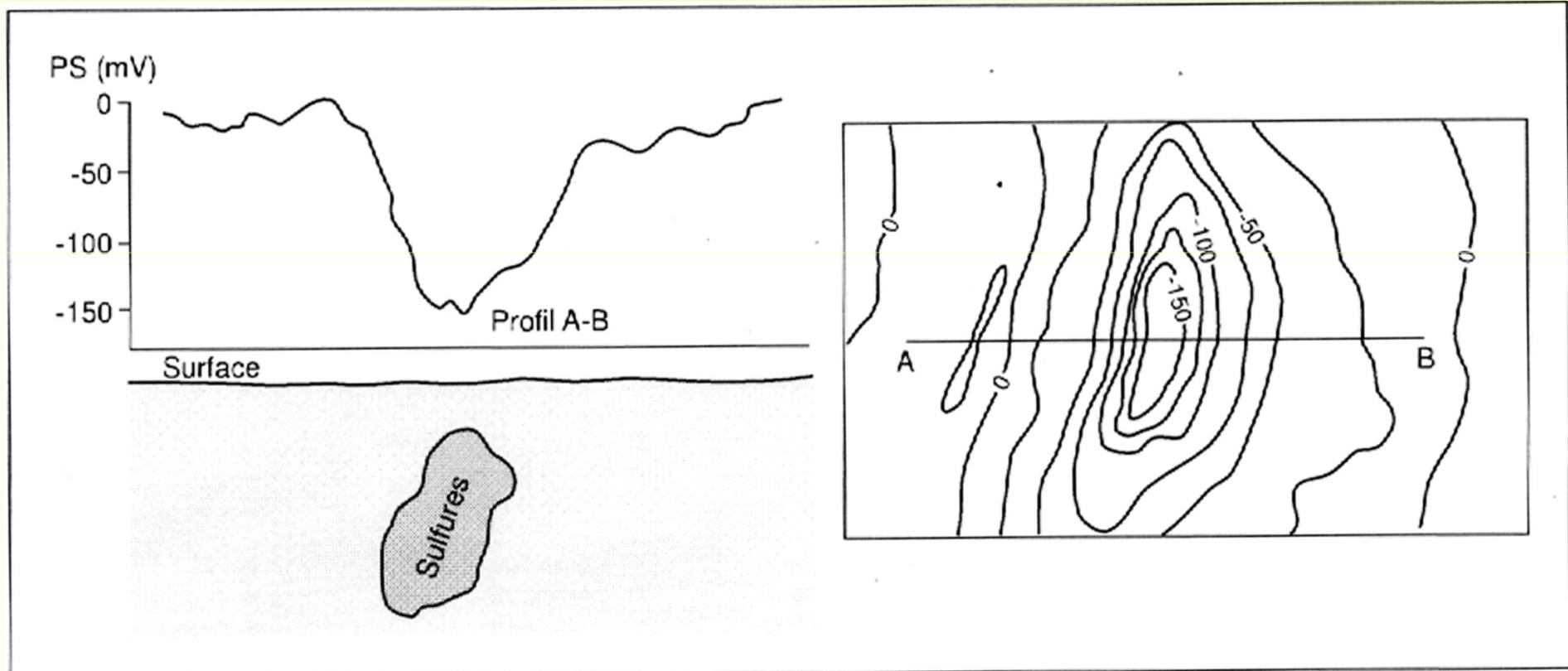
Dispositif : une électrode est placée loin de la zone d'étude de sorte que l'on puisse la considérer comme à l'infini. Elle reste fixe tandis que la seconde électrode est déplacée le long de profils ou suivant un maillage pour dresser une carte des potentiels

- Mesure du gradient de potentiel

Dispositif : on déplace les deux électrodes le long des profils en gardant une distance constante mais faible entre elles.

On divise les voltages mesurés par l'écart entre les électrodes afin de tracer une carte de gradient.

Cartographie d'un massif sulfuré par la mesure de la polarisation spontanée



Mesure de la résistivité

Un peu d'histoire ...

Cette méthode de prospection a été inventée par le français **François Conrad Schlumberger (1878-1936)** originaire de Mulhouse, polytechnicien et ingénieur des mines.

En 1927, ayant effectué des mesures de la résistivité dans un forage pétrolier à Pechelbronn, il réalisa qu'il était possible d'identifier les formations géologiques traversées dans le forage par leur résistivité électrique et en particulier les formations productrices d'hydrocarbures. Dès 1929, associé à son frère Marcel, Conrad Schlumberger mis en œuvre cette technique pour le compte de compagnies pétrolières.

En 1930, ils proposèrent la réalisation de « cartes des résistivités apparentes » pour localiser en surface les anomalies géologiques profondes avec en particulier la réalisation de « sondages électriques verticaux ».

Le sondage électrique

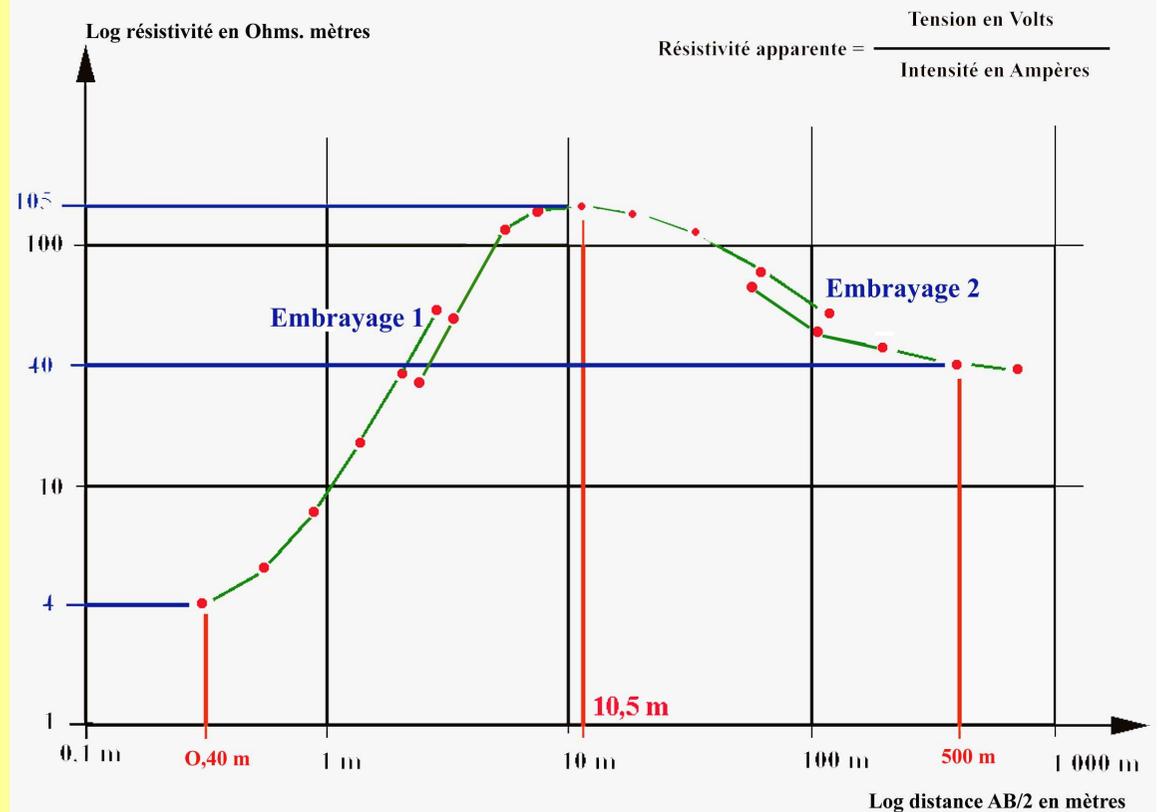
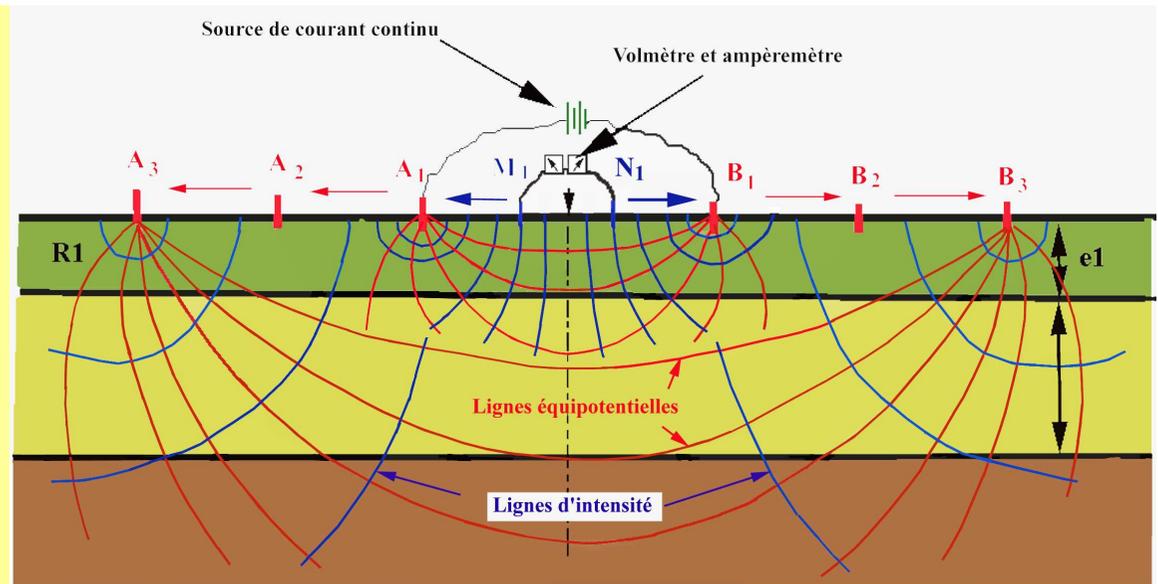
Au moyen de deux électrodes on injecte dans le sol un courant continu d'une intensité connue i .

A l'aide de deux autres électrodes on mesure la différence de potentiel E induite par les caractéristiques du sous-sol.

On déduit de ses mesures les valeurs de la résistivité apparente R du sous-sol suivant la formule

$$E = R i.$$

En éloignant les électrodes d'un point de mesure, on notera la résistivité apparente des terrains de plus en plus profondément, réalisant ainsi un véritable « sondage électrique » .



Réalisation d'un sondage électrique



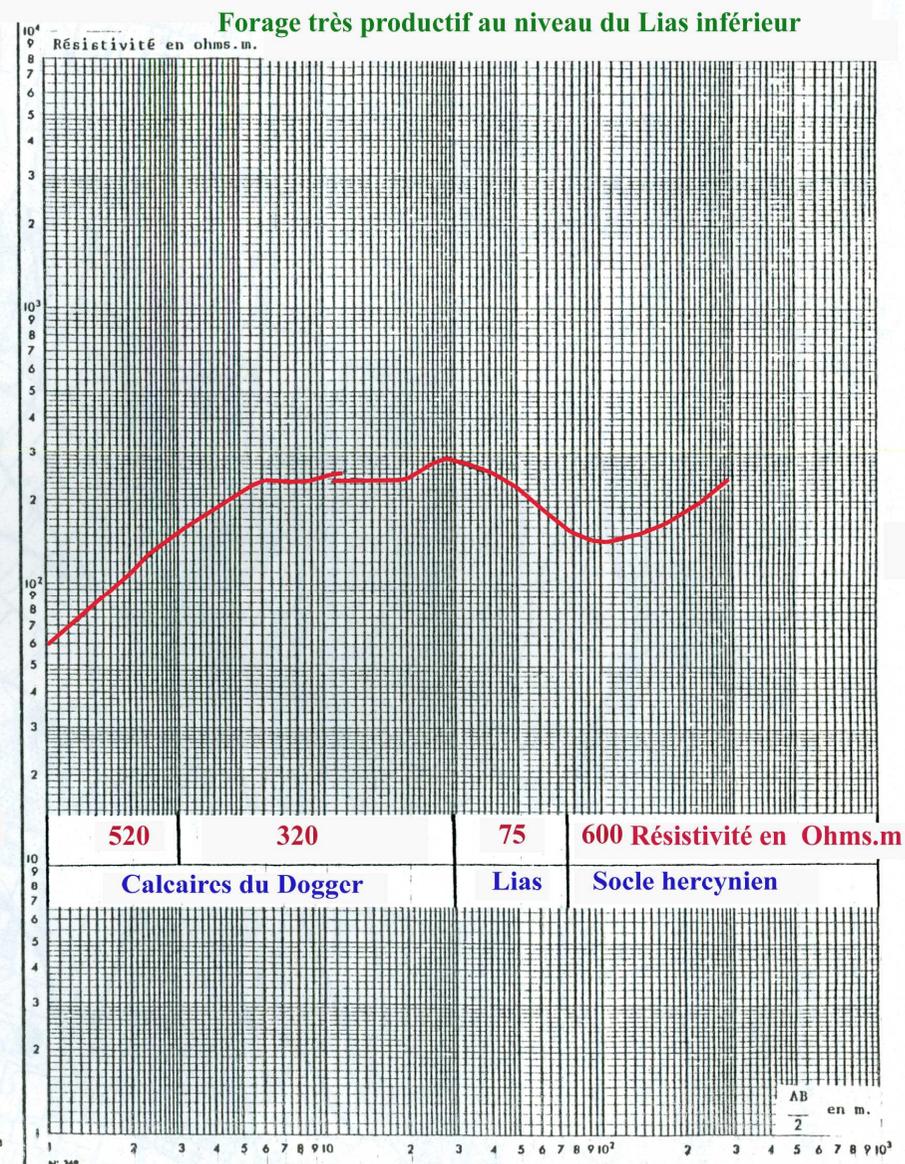
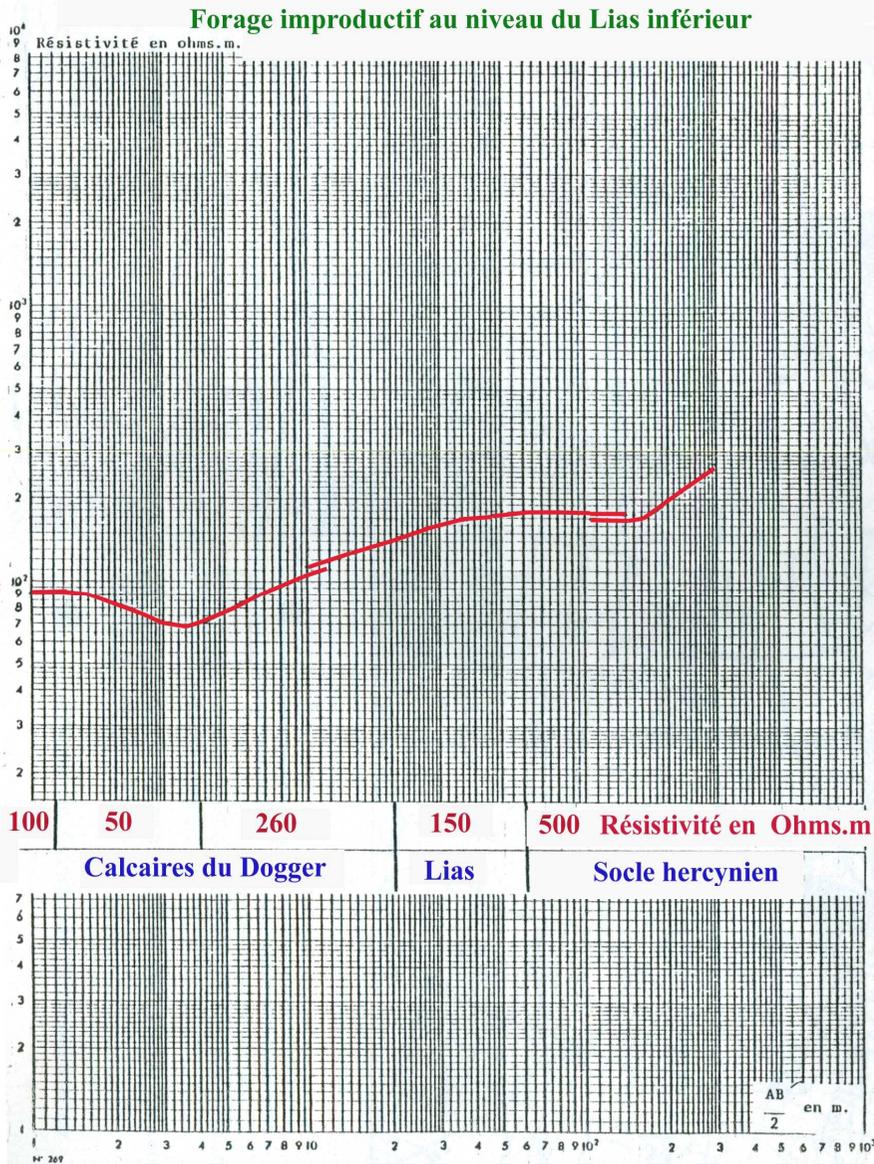
Interprétation d'un sondage électrique

L'interprétation de la courbe obtenue à partir des mesures de la résistivité apparente en fonction de l'éloignement des électrodes de réception est souvent délicate et nécessitait l'utilisation d'abaques pré-calculées pour plusieurs terrains superposés.

L'emploi de l'informatique est désormais la règle pour dresser une coupe interprétative du sous-sol.

Il est souvent nécessaire d'étalonner les valeurs de résistivité mesurées avec la coupe géologique d'un forage existant.

Deux exemples de sondages électriques réalisés dans la plaine de Luçon-Fontenay pour localiser des zones karstifiées du Lias inférieur productives en eau souterraine.



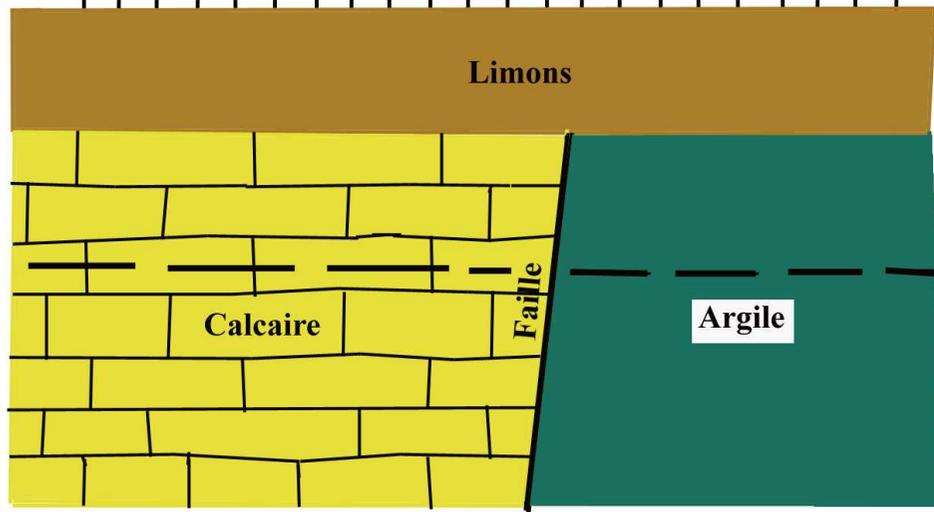
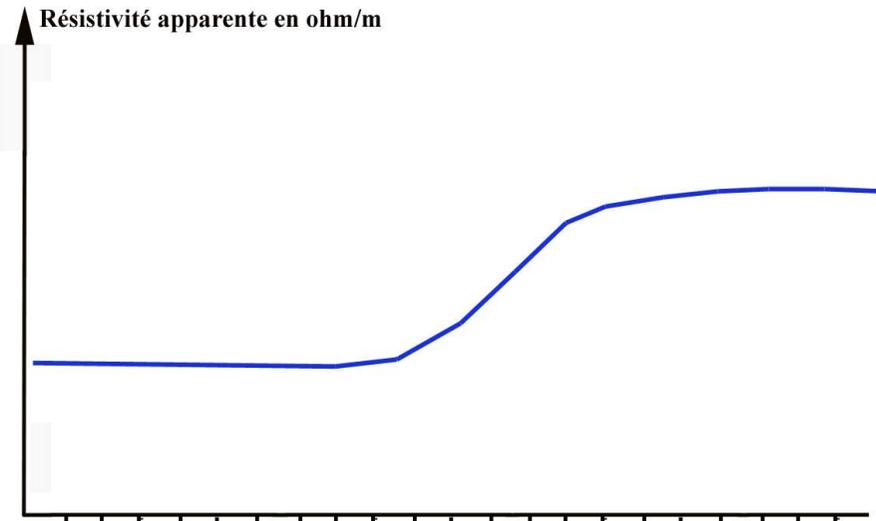
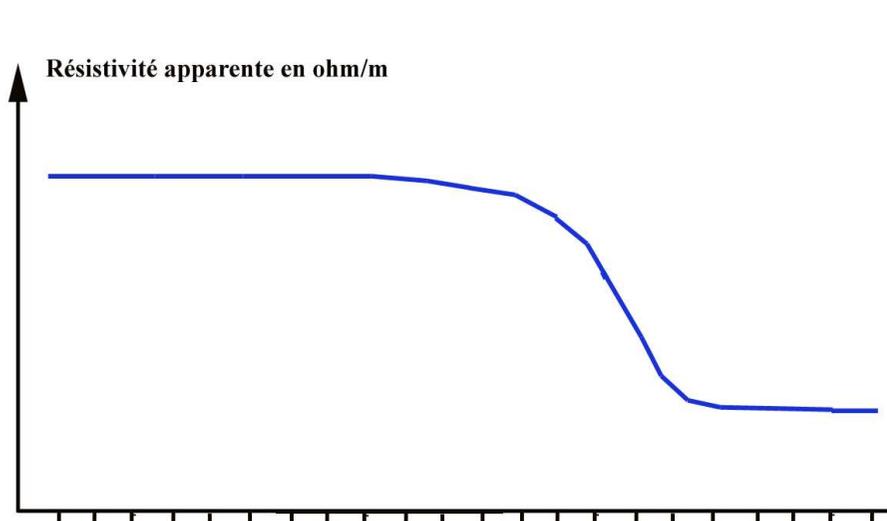
La traînée électrique

Le dispositif, électrodes d'injection du courant et électrodes de mesure, se déplace point par point tout en gardant sa géométrie fixe pour une profondeur d'investigation donnée.

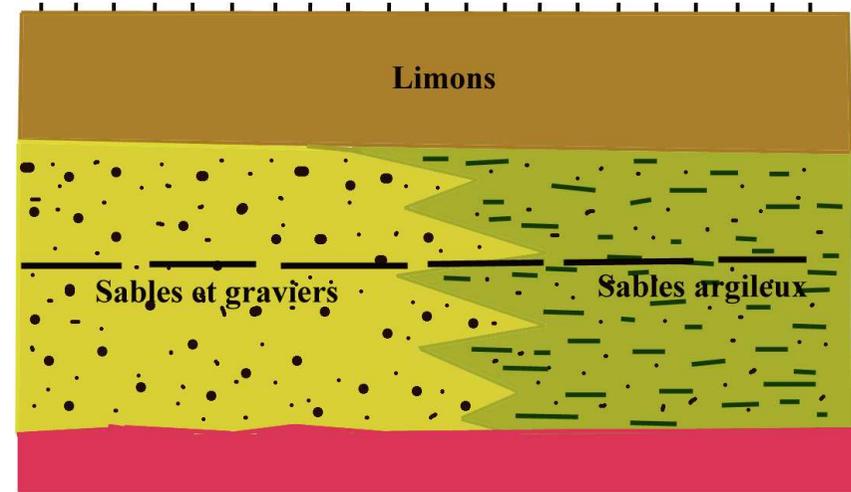
La profondeur d'investigation sera retenue à partir d'un ou de plusieurs sondages électriques

Cette méthode permet de localiser des anomalies géologiques latérales telles que des variations de faciès, des failles, etc

Exemples d'utilisation de traînées électriques



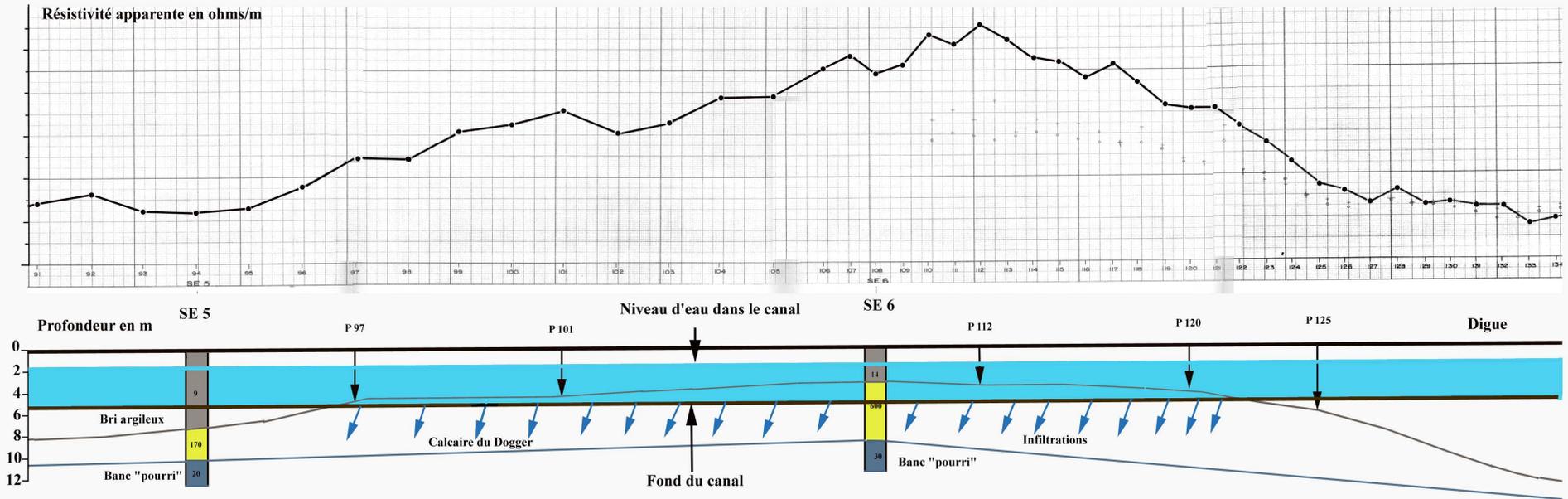
Contact par faille



Variation latérale de faciès

— — — — — Profondeur d'investigation retenue

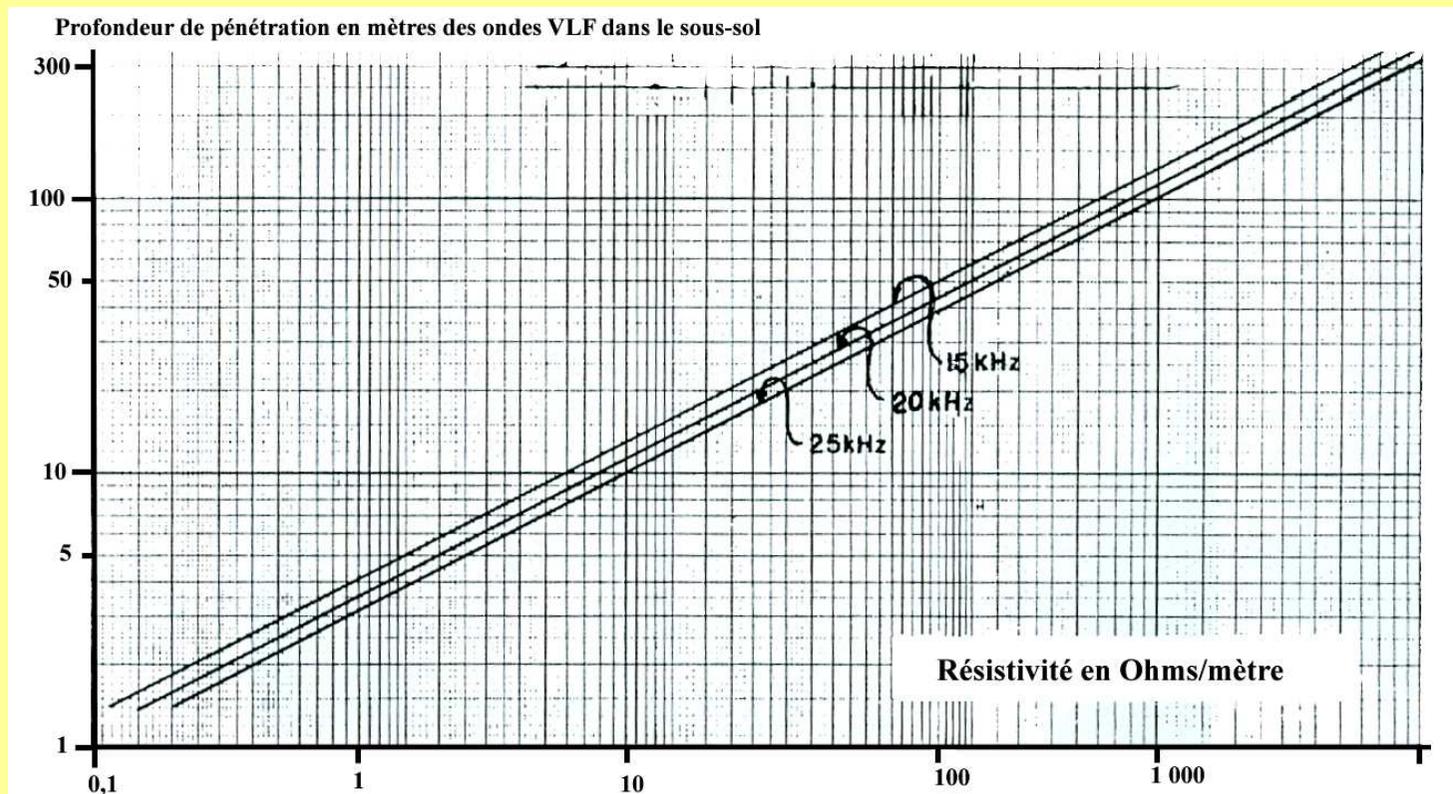
Réalisation d'une traînée électrique le long du canal des Hollandais pour localiser les remontées du calcaire du Dogger entraînant des fuites d'eau dans la nappe aquifère.



La prospection électromagnétique

Utilisation des ondes V.L.F (*Very Low Frequency*)

Les ondes électromagnétiques à basse fréquence (inférieure à 25 kHz) ont la propriété de pénétrer assez profondément dans le sous sol et d'y provoquer des courants électriques induits, inversement proportionnel à la résistivité des couches géologiques traversées.



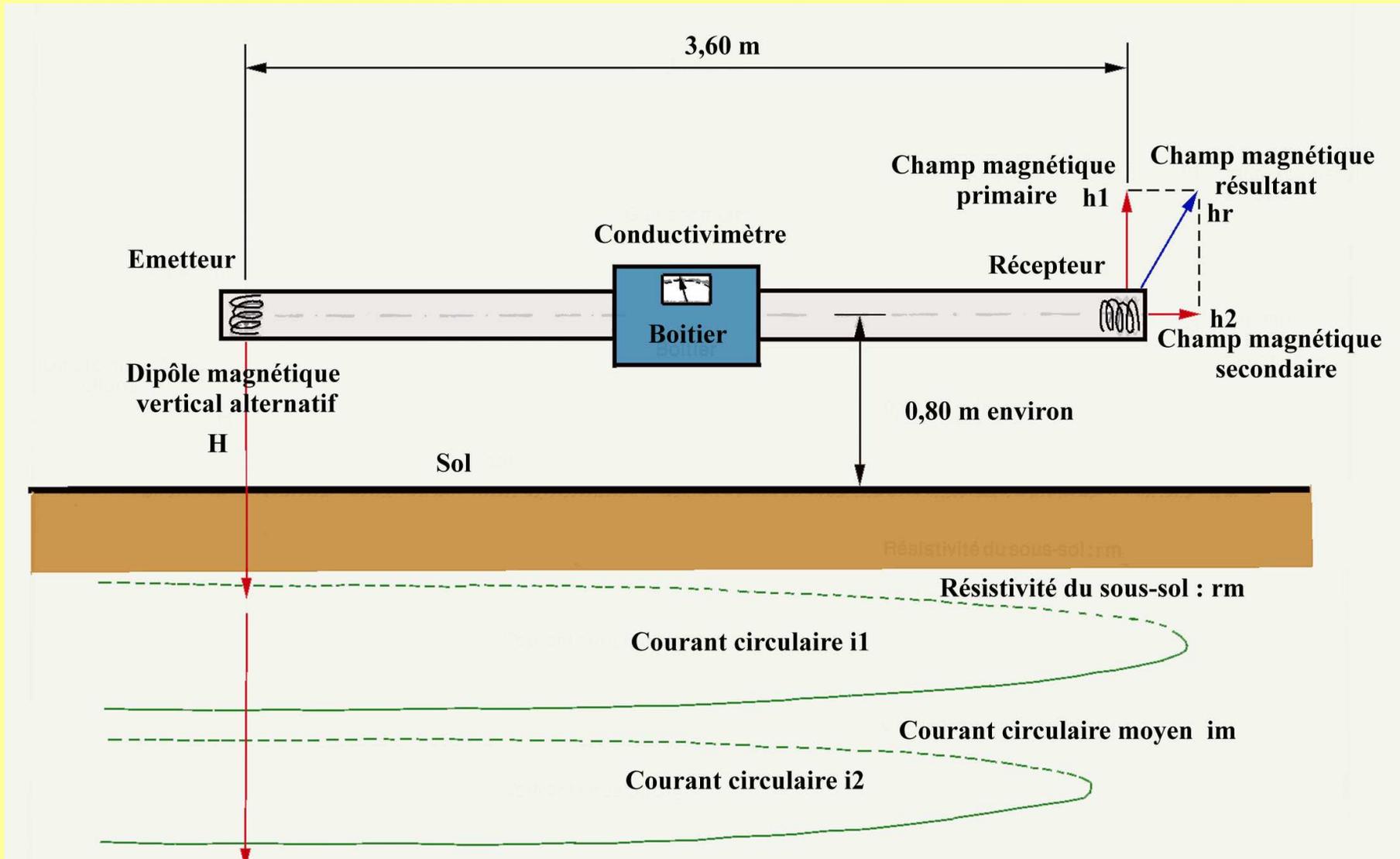
Différents matériels de prospection électromagnétique

Le récepteur - émetteur EM 31 constitué d'une baguette de 3,60 m de longueur avec un émetteur à l'une des extrémités et un récepteur à l'autre extrémité.

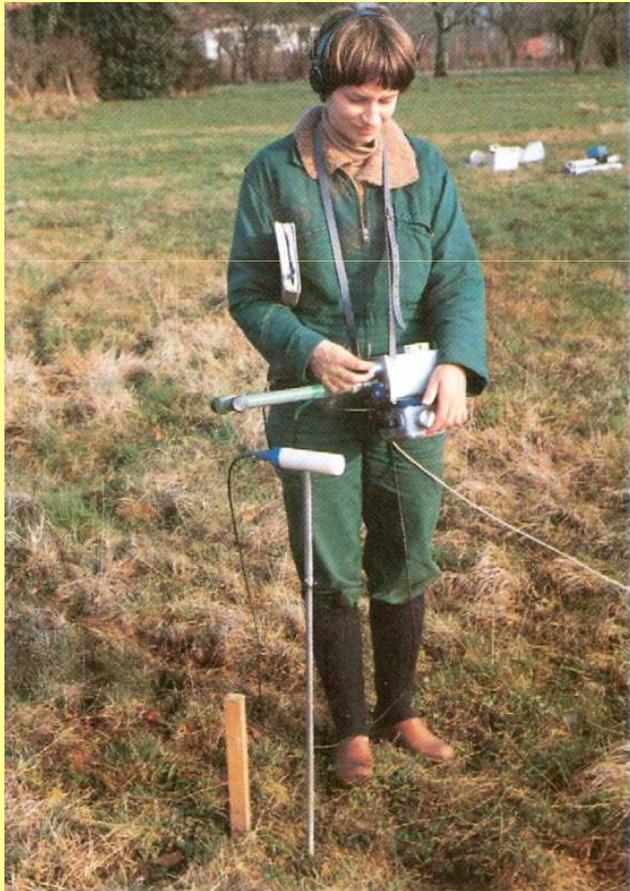


Principe de fonctionnement de l'EM31

Les ondes électromagnétiques (9,8 kHz) émises par l'émetteur engendrent dans le sous-sol des courants électriques circulaires (courants de Foucault) qui induisent à leur tour des ondes électromagnétiques captées au récepteur.



- Récepteur EM 16 R utilisant les ondes à basse fréquence émises par les différentes marines pour communiquer avec les sous marins.
- Il peut être utilisé avec une station VLF fixe installée à quelques kilomètres de la zone étudiée

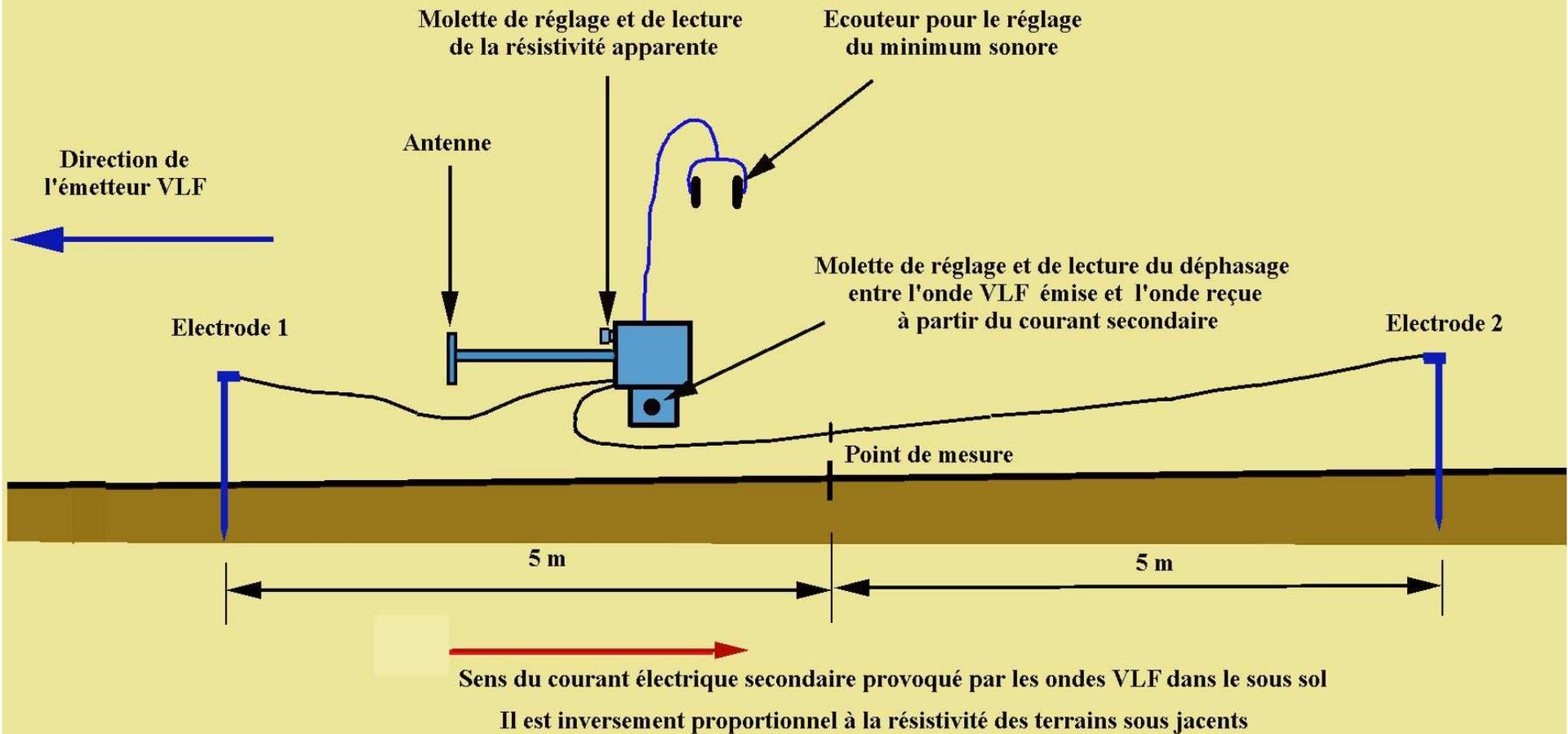


Mesures sur le terrain



Récepteur EM 16R avec ses électrodes

Principe de fonctionnement de l'EM 16R



Processus des mesures avec l'EM 16 R

- Recherche de l'azimut de la station émettrice sans enfoncer les électrodes dans le sol à l'aide d'un quartz adapté à sa fréquence**
- Mise en place des électrodes symétriques au point de mesure en direction de l'émetteur choisi.**
- Recherche des valeurs de résistivité et de déphasage par niveau sonore minimum. Le déphasage mesuré en degrés correspond à l'angle formé par l'onde de l'émetteur et celle de l'onde induite dans le sol par le courant électrique secondaire.**
- Le même processus de mesure sera effectué avec un second émetteur, à l'aide d'un second quartz captant sa fréquence**
- Il est souhaitable d'utiliser deux émetteurs dans des azimuts si possible orthogonaux**

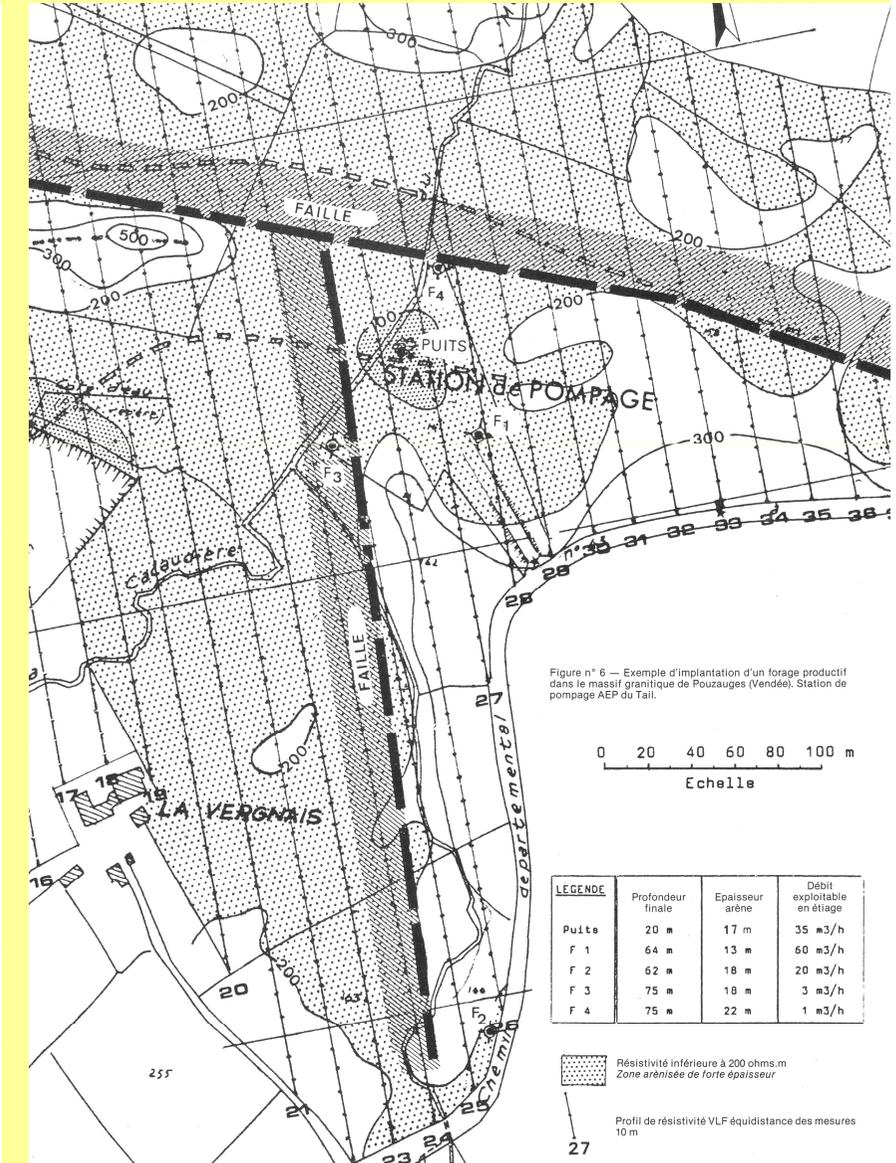
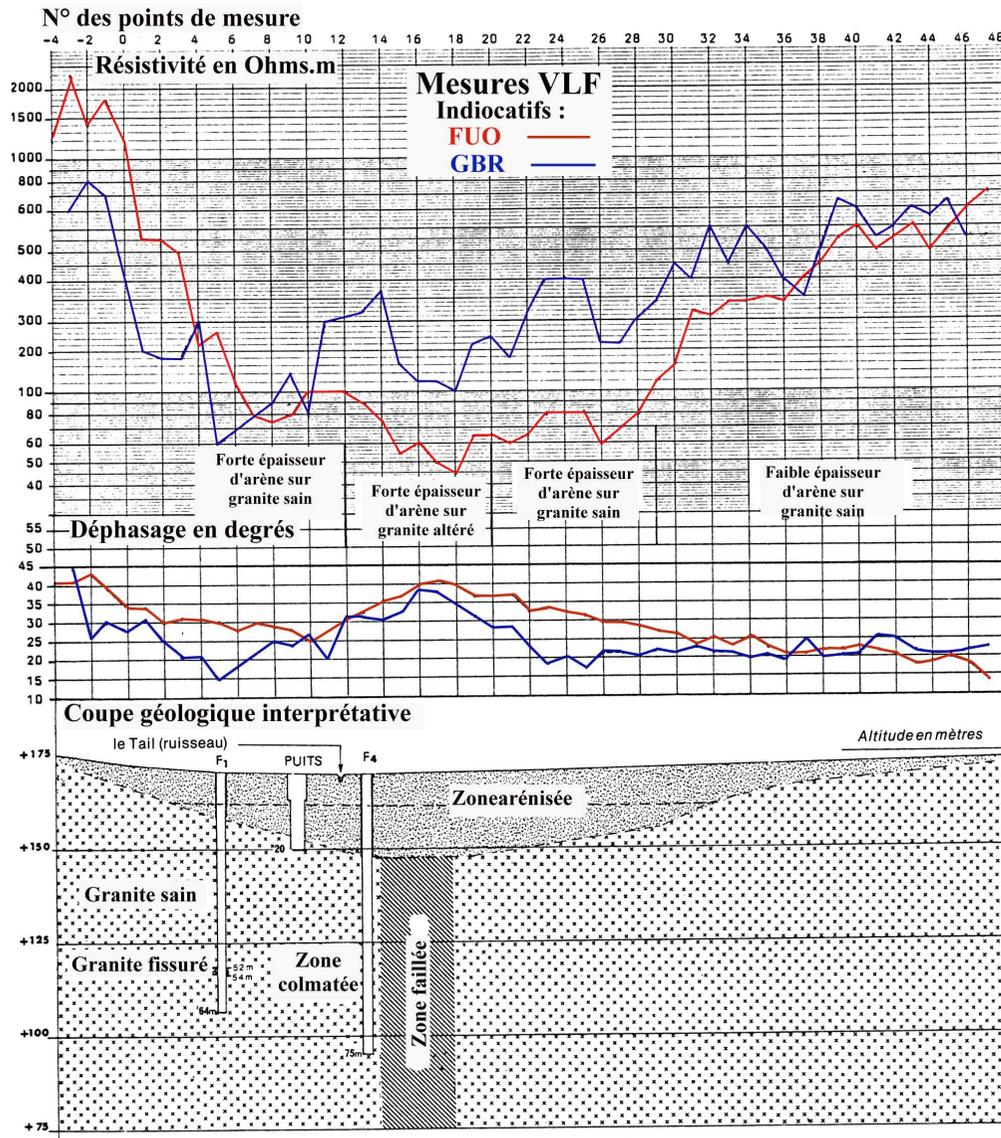
Approche qualitative de la prospection à l'EM 16R

Pour chaque émetteur on dresse une carte des résistivités et une carte des déphasages.

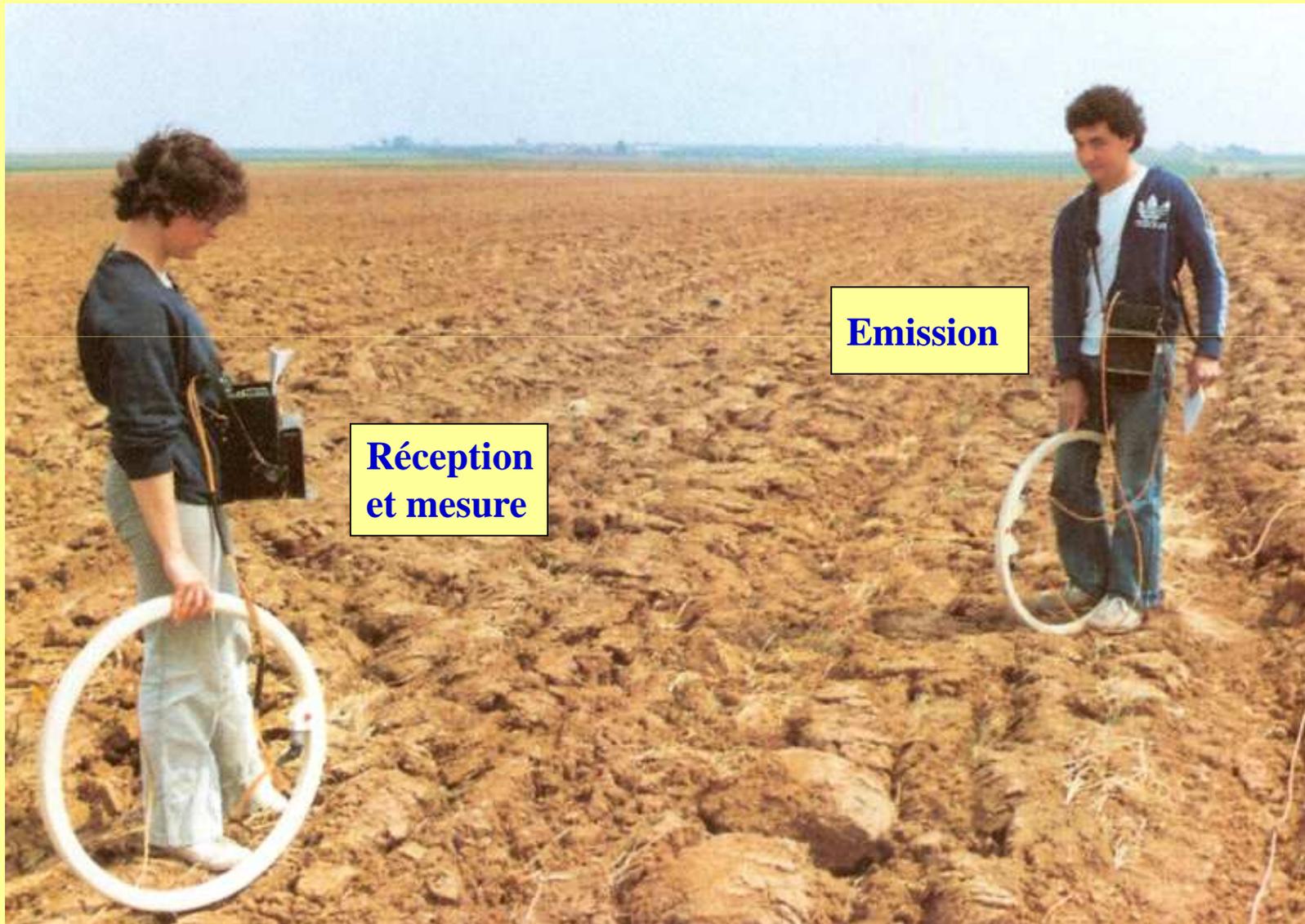
- Lorsque le déphasage est égal à 45° , la résistivité apparente mesurée correspond à un seul terrain dans la tranche d'investigation**
- Si le déphasage est inférieur à 45° , on aura deux terrains superposés, le plus proche du sol étant le plus conducteur.**
- Si le déphasage est supérieur à 45° , on aura toujours deux terrains superposés mais le plus proche du sol étant le plus résistant.**

Remarque : On a donc intérêt à faire précéder la prospection à l'EM 16R par une carte des résistivités superficielles dressée à l'EM31 pour permettre ensuite une étude quantitative.

Prospection à l'EM 16 R autour du forage du Tail à Pouzauges (Vendée)



Le dispositif EM 34 utilisant une bobine émettrice d'ondes VLF et une bobine de réception des ondes induites dans le sous sol.



**Réception
et mesure**

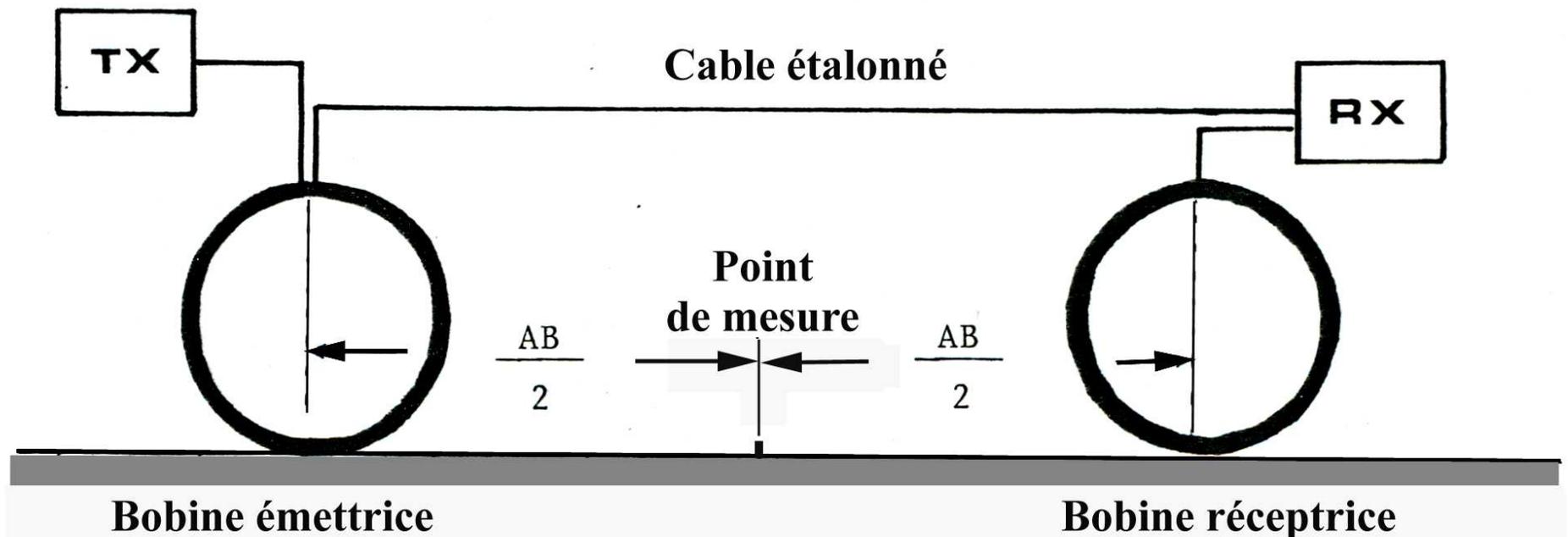
Emission

L'EM 34 s'utilise sur le terrain avec trois écartements possibles entre la bobine d'émission et celle de réception avec des fréquences différentes :

- 10 m avec une fréquence de 6,4 kHz**
- 20 m avec une fréquence de 1,6 kHz**
- 40 m avec une fréquence de 0,4 kHz**

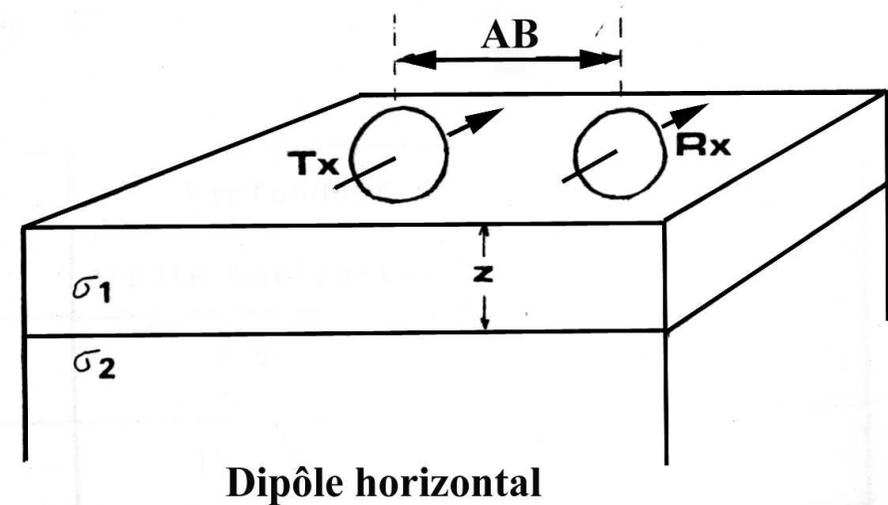
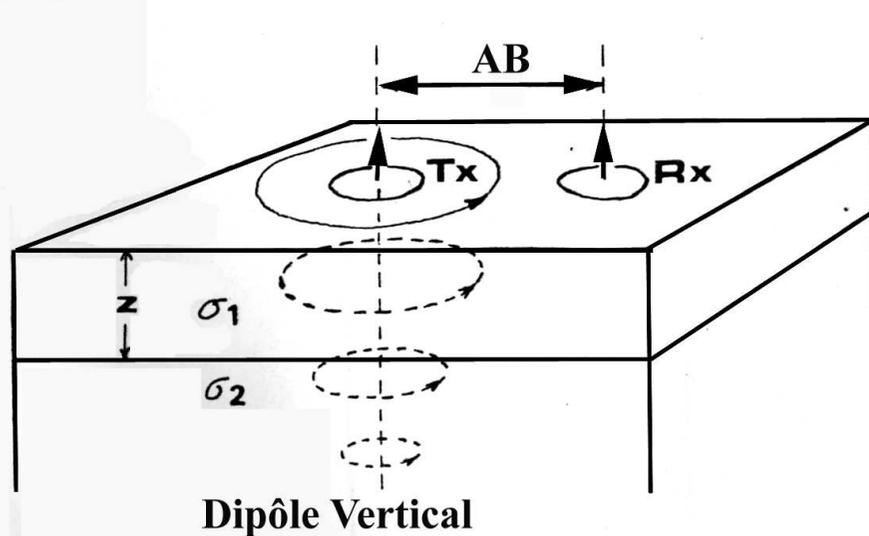
Boitier d'émission

Boitier de mesure



Deux positions possibles des bobines :

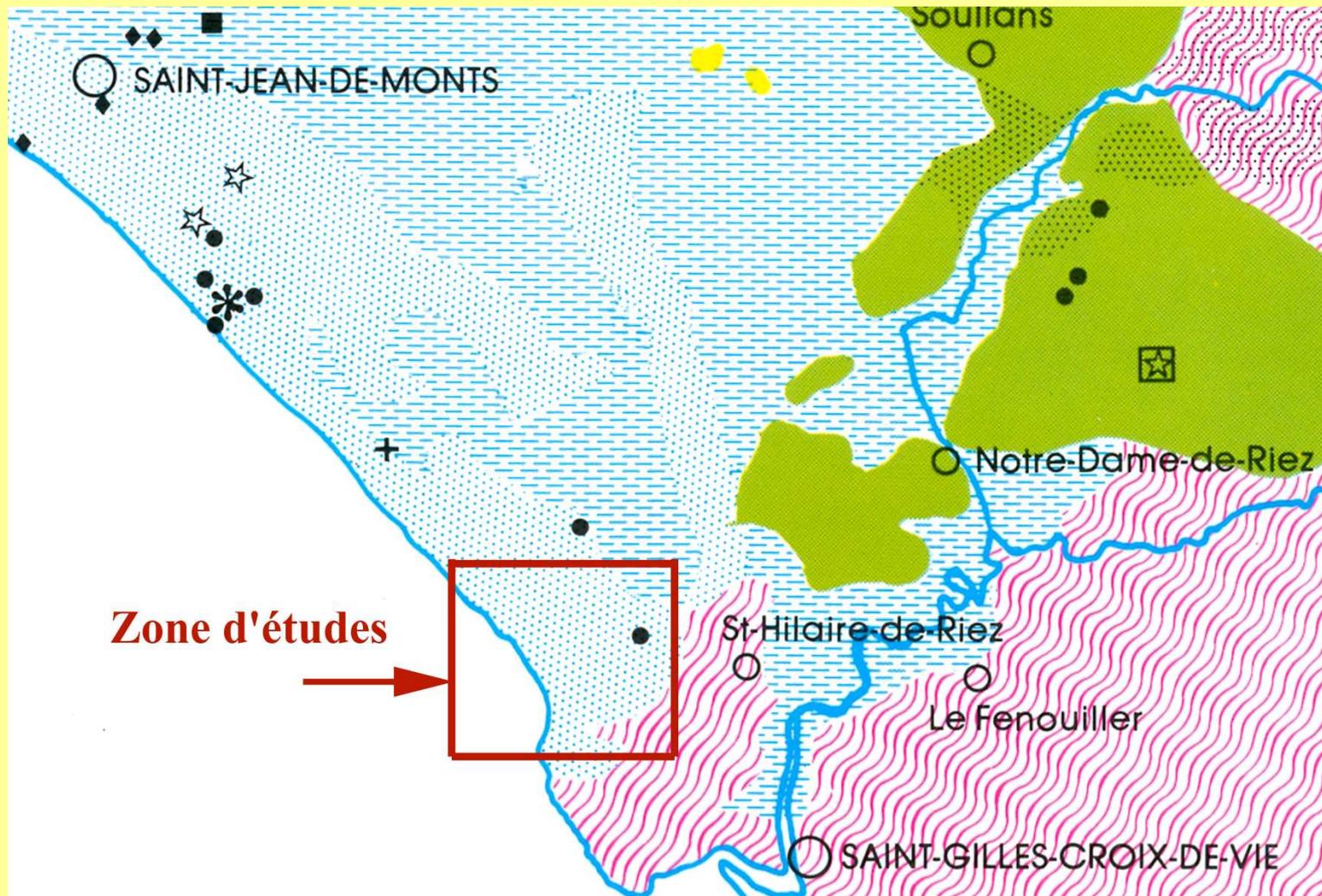
- En mode dipôle vertical (bobines horizontales) l'EM 34 est sensible aux anomalies géologiques verticales.
- En mode dipôle horizontal (bobines verticales), l'EM 34 est sensible aux anomalies géologiques horizontales.



En faisant varier en un point les six combinaisons possibles de l'appareil, on peut obtenir un « sondage électromagnétique » des terrains sur une profondeur d'investigation pouvant atteindre 60 m.

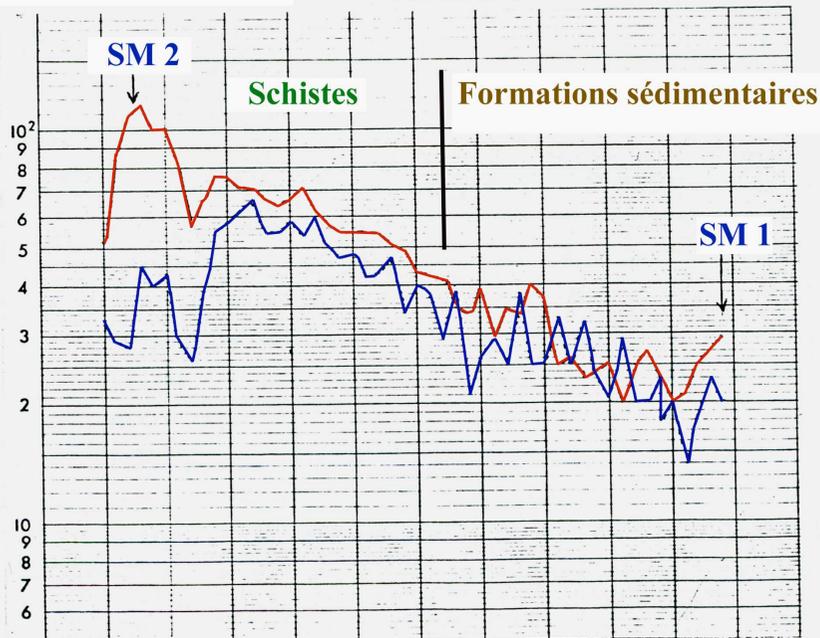
Un exemple :

L'étude du contact des schistes de Saint-Gilles avec le bassin sédimentaire du Marais Breton

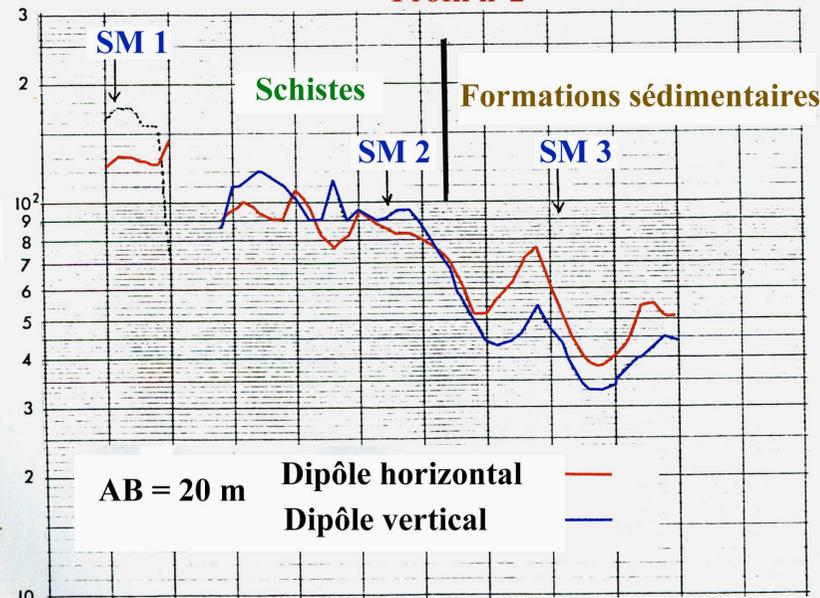


Résistivité en Ohms.m

Profil n°1

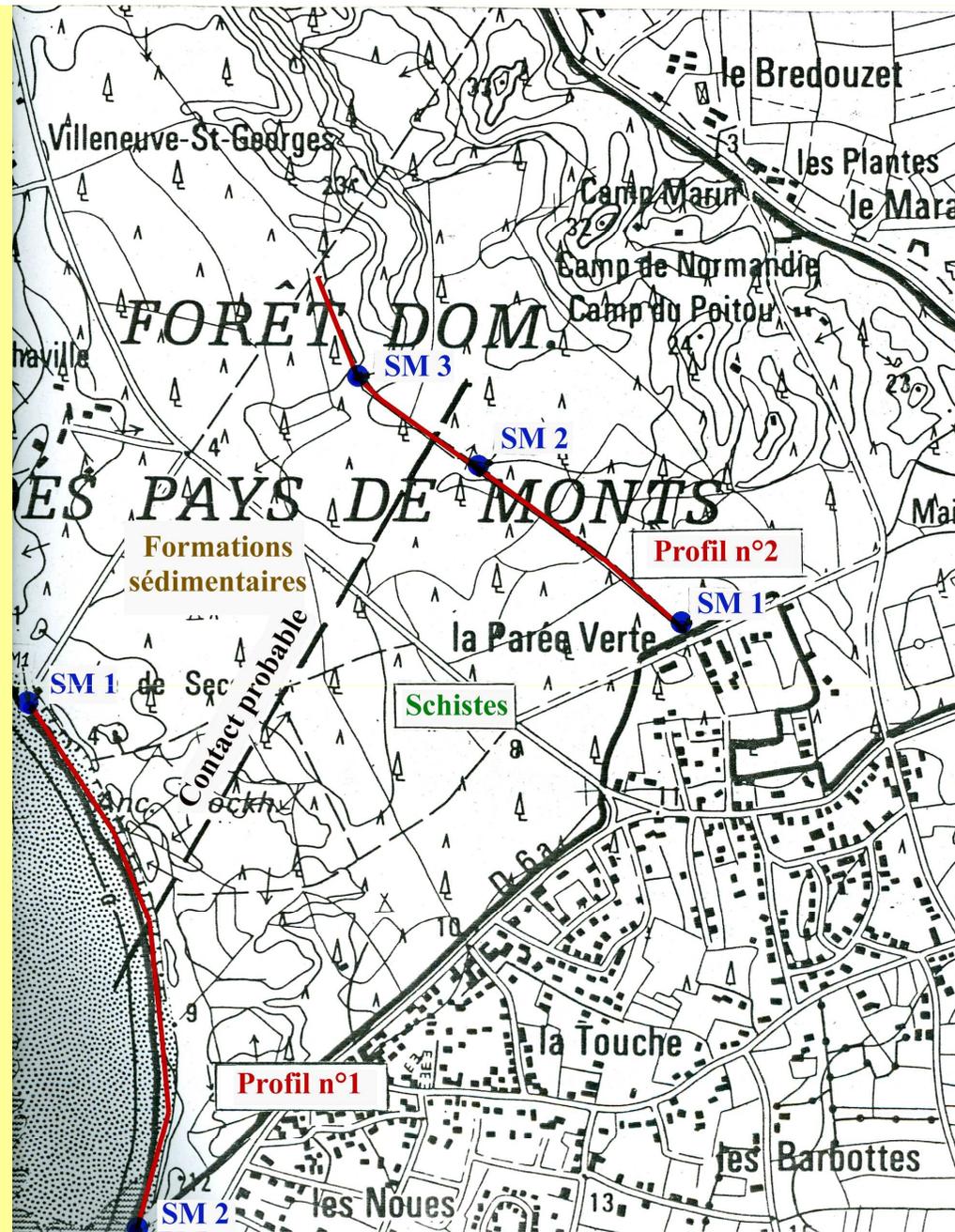


Profil n°2



AB = 20 m Dipôle horizontal ———
 Dipôle vertical ———

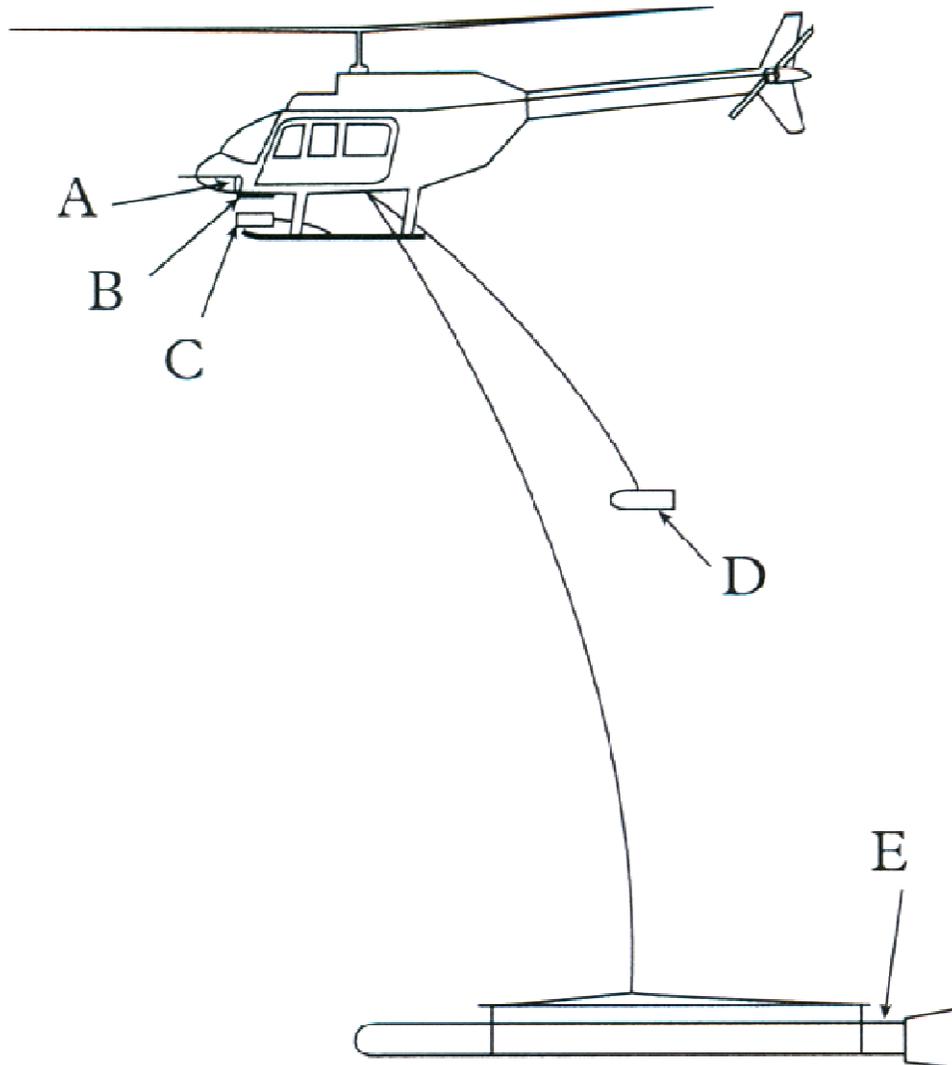
Echelle : 0 100 200 300 400 500 m Points de mesure



LEGENDE :

- Profil de mesure électromagnétique
- Sondage électromagnétique

La prospection électromagnétique peut être héliportée, souvent associée à d'autres moyens de prospection géophysique



A : Caméra

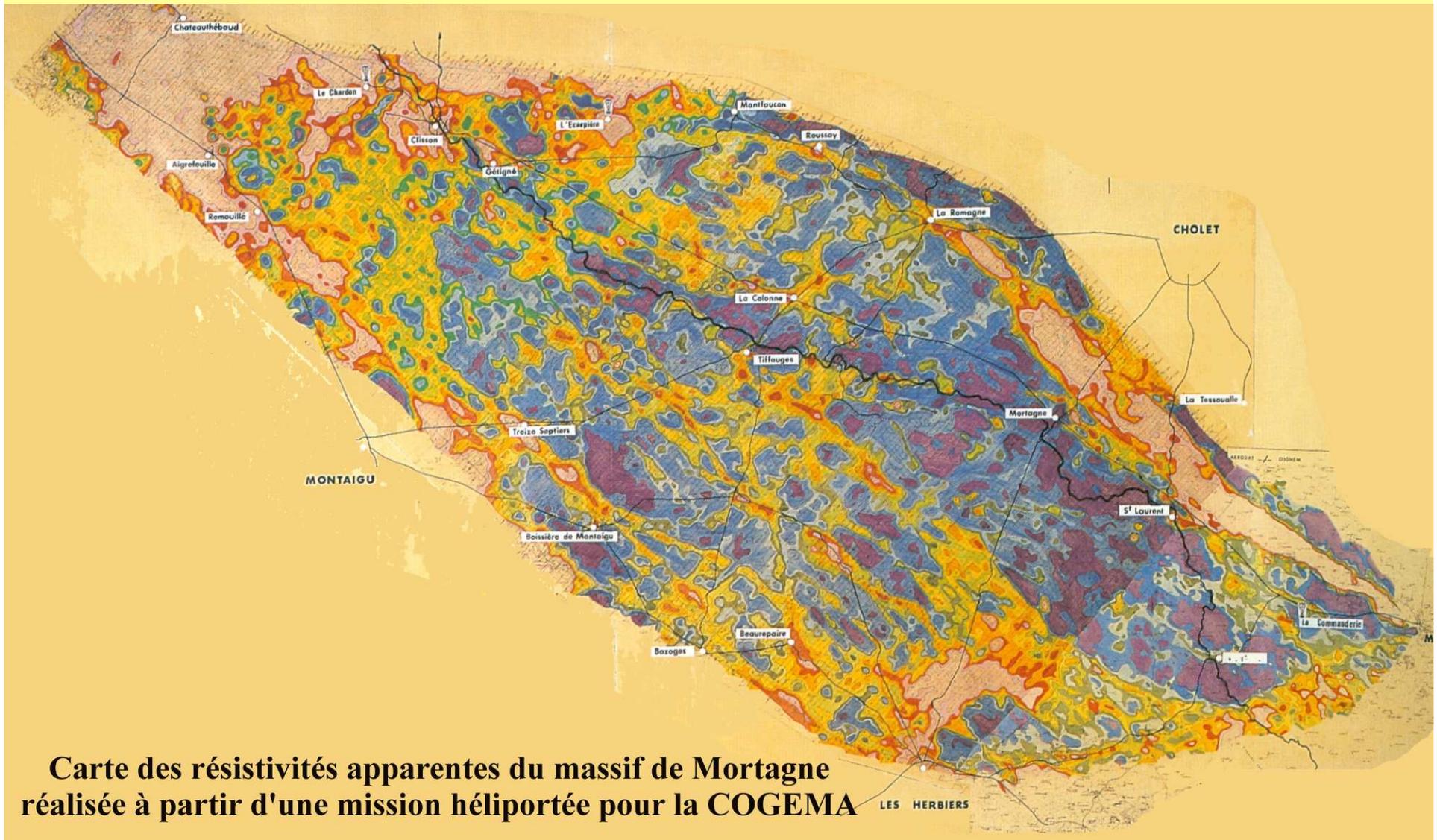
B : Altimètre

C : Appareil VLF

D : Magnétomètre

**E : « Oiseau »
électromagnétique VLF**

Exemple : la prospection héliportée du batholite granitique de Mortagne-Les Herbiers en 1985.



Prospection magnéto-tellurique

Une méthode de prospection électromagnétique de surface basée sur la mesure des champs magnétiques induits par les courants électriques d'origine naturelle ou artificielle et liés à la conductivité des terrains traversés.

Grâce à l'utilisation d'un « tapis » traîné par une motoculteur à chenille, on peut réaliser des mesures en continu de la résistivité du sous-sol suivant des profils plus ou moins rapprochés.

Le « tapis » d'une longueur d'environ 2 m est constitué d'électrodes capacitives (noyaux ferromagnétiques de haute perméabilité) qui forment avec le sol un condensateur entre les armatures duquel la nappe électromagnétique crée une tension inversement proportionnelle à la résistivité du terrain parcouru

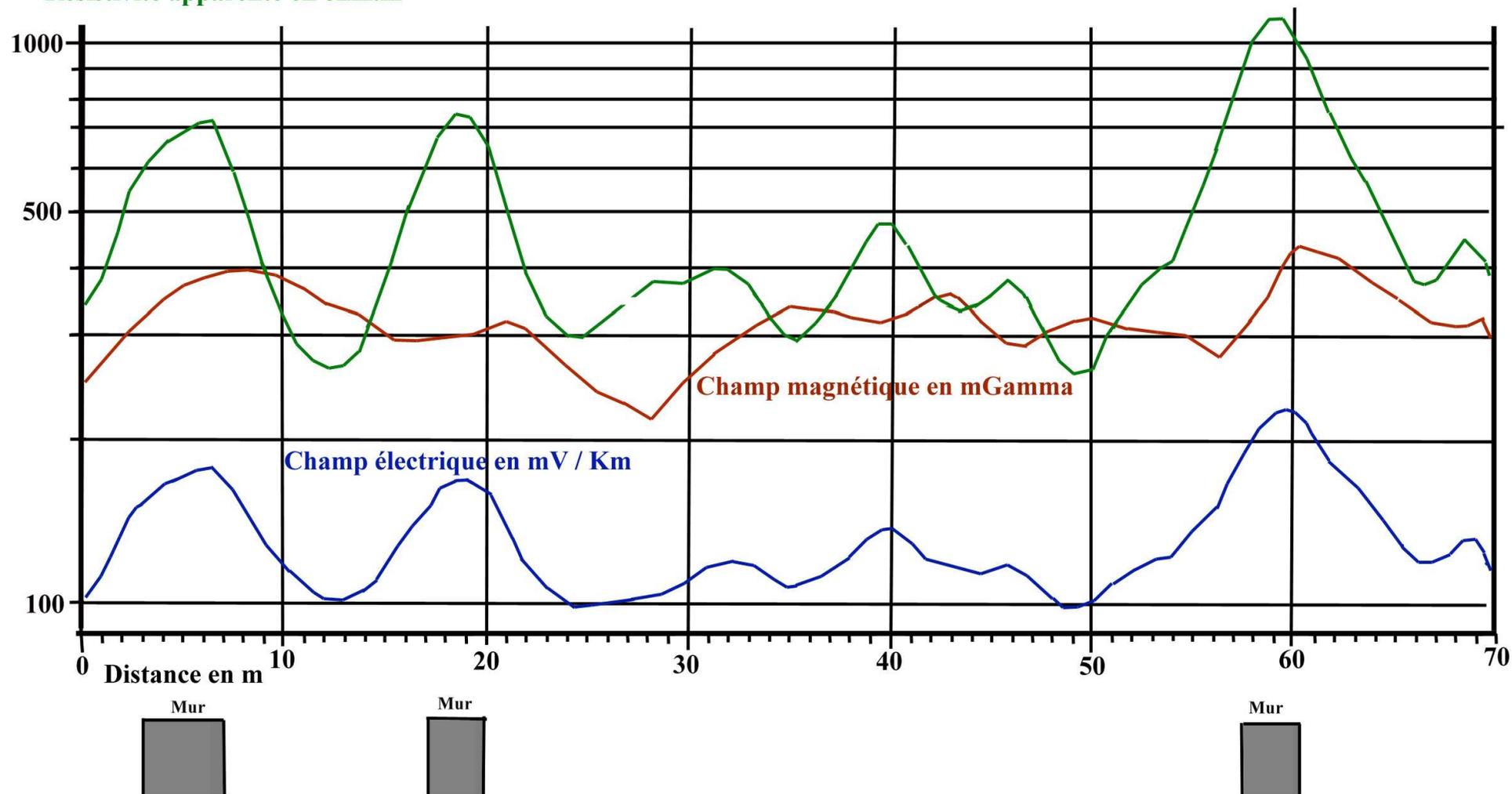
On utilise généralement comme source d'émission électromagnétique l'émetteur de Radio France-Inter (163,84 kHz). On peut également utiliser les émetteurs VLF de 10 à 15 kHz.

Matériel de prospection magnéto-tellurique



Profil de prospection magnéto-tellurique sur le site de l'ancienne abbaye de Grandmont (Haute-Vienne)

Résistivité apparente en ohm.m



Interprétation

La prospection gravimétrique

Elle consiste en la mesure de la composante verticale du vecteur gravité (g) à l'aide d'un gravimètre, appareil de très haute précision (10^{-9} de g).



Le gravimètre est en fait une balance composée d'une masse métallique évoluant dans une bobine supraconductrice: l'intensité du courant qui permet la lévitation de cette masse est corrélée avec l'accélération de la pesanteur.

L'anomalie gravimétrique de Bouguer

En un point considéré, il s'agit de l'écart entre le champ de la pesanteur terrestre mesurée et corrigée et le champ de pesanteur théorique calculé à partir d'un modèle de la Terre .

Sur la Terre g est en moyenne égal à 9,8 Newton variant de 9,83 N aux pôles à 9,78 N à l'équateur

(1 Newton = 1 Kilogramme subissant une accélération de 1 m/s par seconde)

Là où la densité des roches du sous sol est plus grande, l'anomalie de Bouguer est plus forte et s'exprime en valeur positive.

C'est le physicien et mathématicien français Pierre Bouguer (1698-1758) qui a donné son nom à cette anomalie

Pierre BOUGUER

Mathématicien et hydrographe né au Croisic le 10 février 1698. Fils d'un célèbre hydrographe, il entra à l'Académie royale des Sciences en 1713 et obtint un prix en 1727 pour ses travaux sur les mâts des navires.

Professeur d'hydrographie au Havre, il succéda à Maupertuis comme géomètre à l'Académie des Sciences

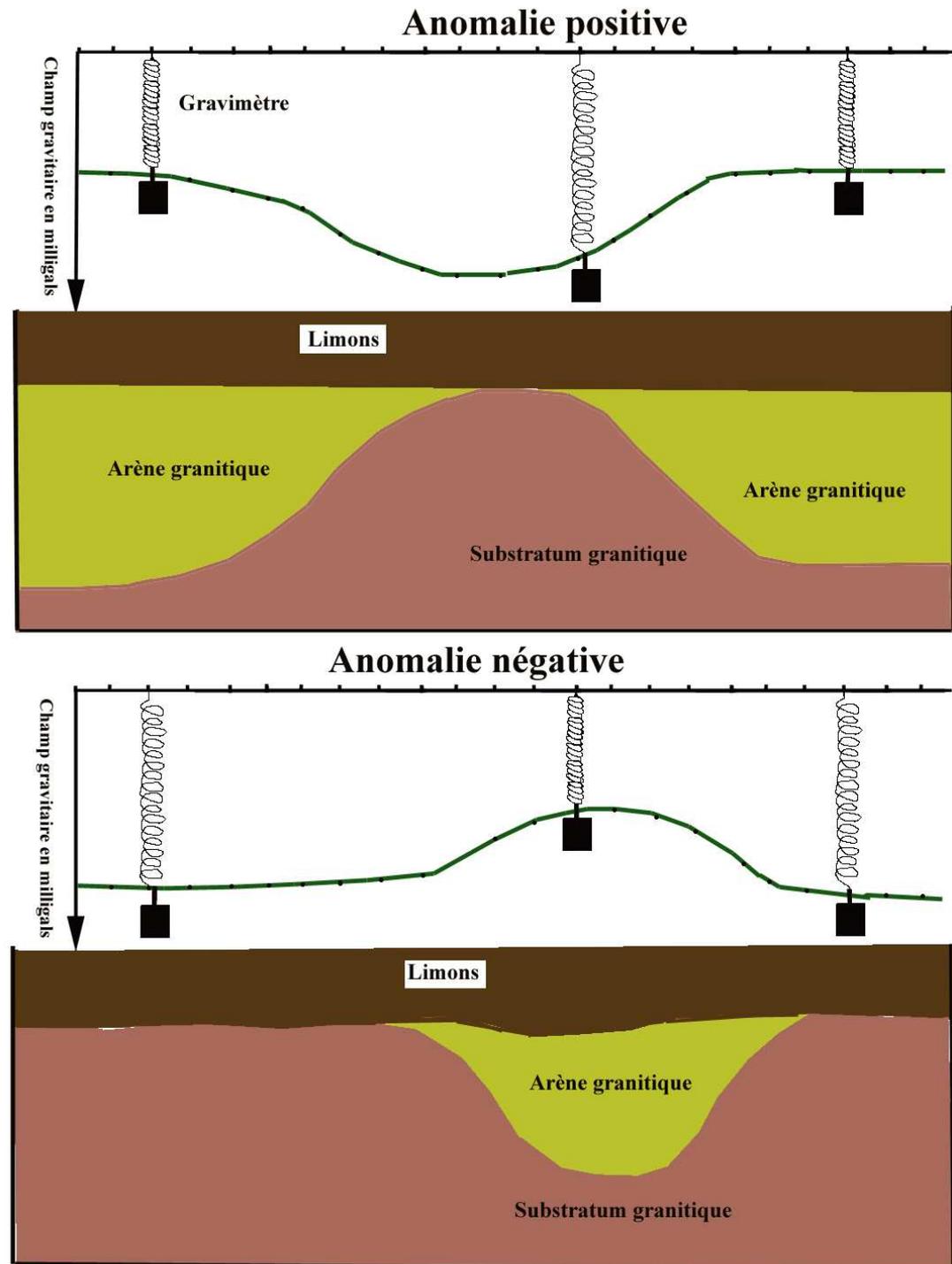
Accompagnant La Condamine au Pérou en 1735 pour mesurer le méridien terrestre près de l'équateur, il fit des découvertes d'ordre gravimétrique en altitude dans les Andes et mit en évidence l'anomalie qui porte son nom.



Statue de Pierre Bouguer sur le port du Croisic

Principe de la prospection gravimétrique

L'anomalie gravitaire locale (anomalie de Bouguer) résulte de l'écart entre la densité plus faible de l'arène et celle plus forte du substratum granitique



Les mesures gravimétriques effectuées sur le terrain nécessitent de nombreuses corrections pour être interprétées valablement:

- Correction instrumentale : pour annuler la dérive de l'appareil qui doit être régulièrement réétalonné.**
- Correction en fonction des marées : pour annuler les déformations des formations géologiques liées au déplacement des fluides lors des marées**
- Correction d'Eötvös : pour contrebalancer l'accélération de Coriolis qui affectent l'accélération gravimétrique**
- Correction isostatique : pour contrebalancer les effets des différences d'épaisseur et de densité de la croûte terrestre souvent très importantes.**
- Correction de latitude : pour tenir compte de l'aplatissement de la Terre aux pôles**
- Correction d'altitude : pour supprimer les effets des grandes masses dépassant la sphère terrestre. Elle nécessite un nivellement précis des points de mesure au cm près.**
- Correction de terrain : pour éliminer les effets des petites masses du relief immédiat**

Interprétation des données gravimétriques

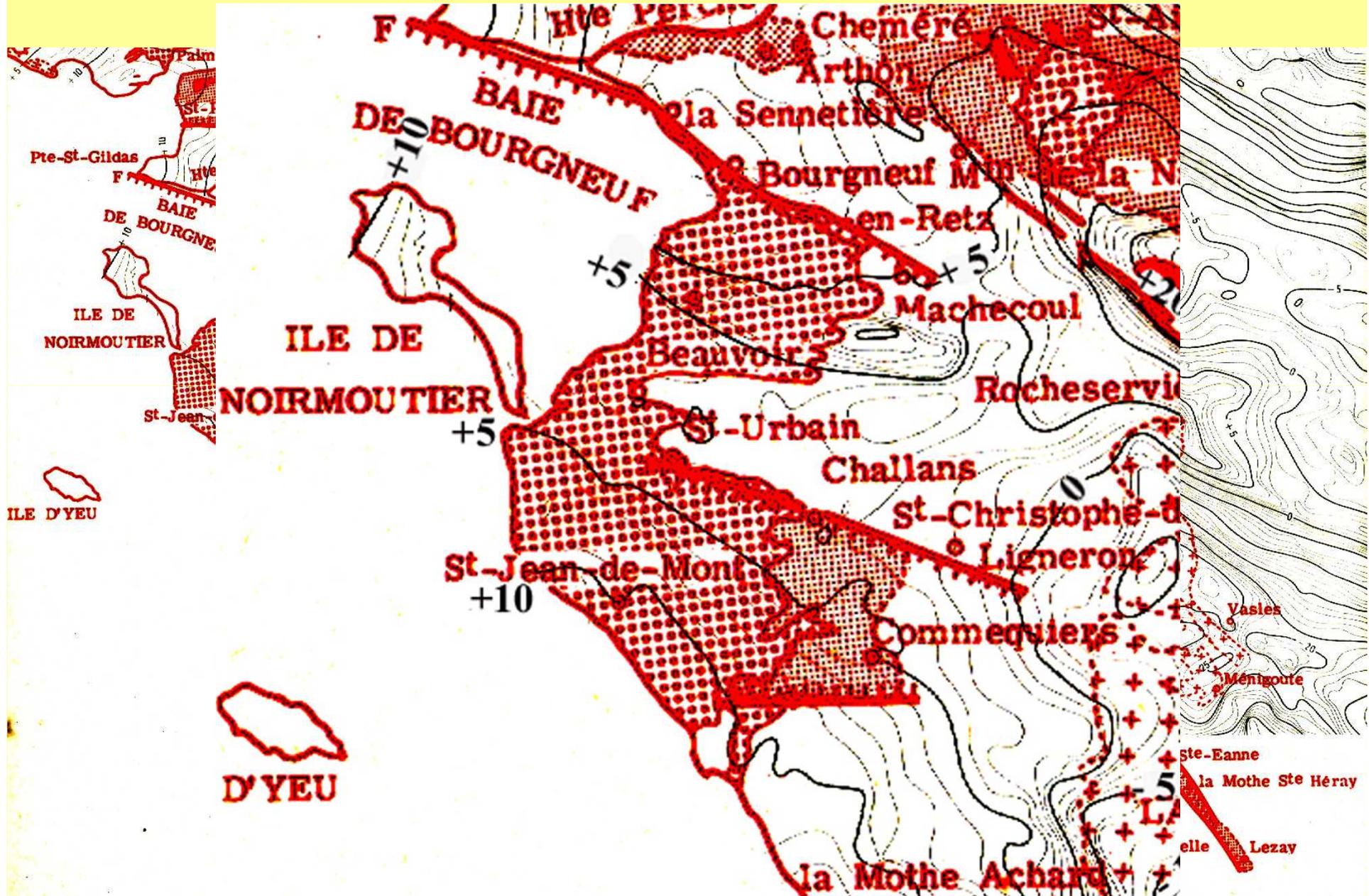
Il s'agit de cartographier l'anomalie de Bouguer au point considéré, c'est à dire l'écart entre le champ de pesanteur terrestre (mesuré et corrigé comme précédemment) et le champ de pesanteur régionale.

La mesure de l'anomalie de Bouguer en chaque point est significatif de la densité du sous-sol et s'exprime en moins ou en plus par rapport au champ de la pesanteur régionale.

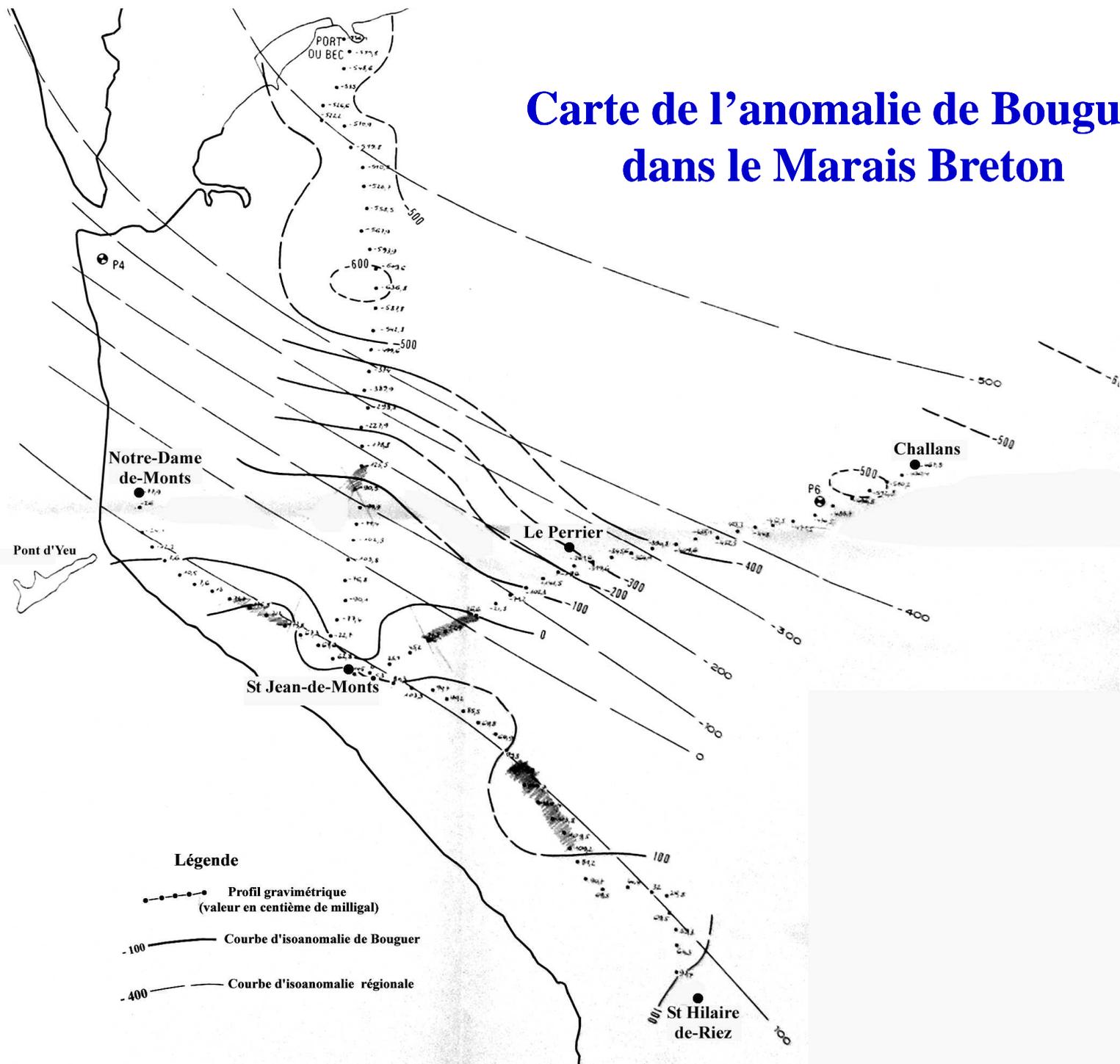
L'unité utilisée est le milligal ou ses fractions.

Le Gal est une unité CGS d'accélération égale à 1cm/s^2

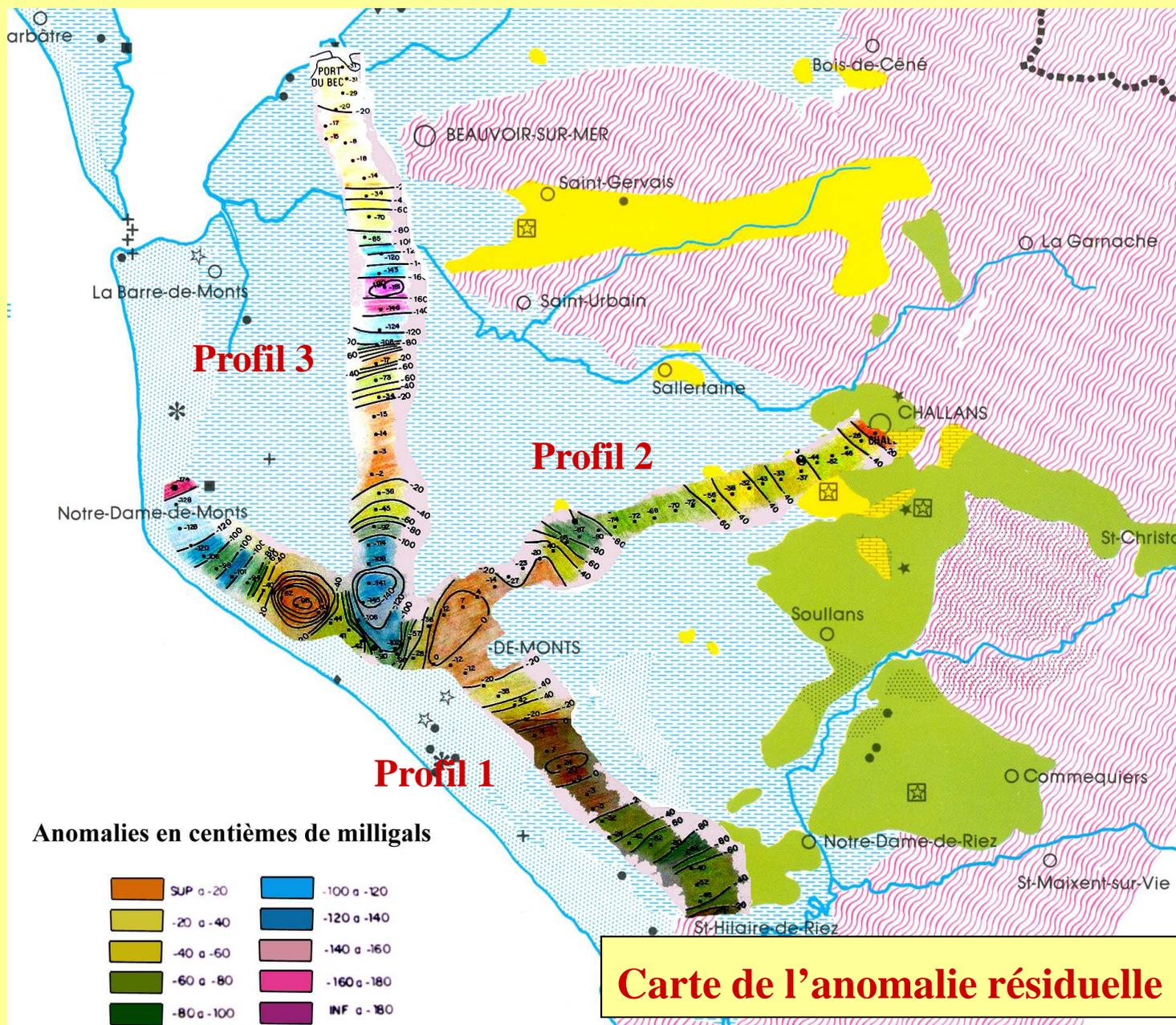
Carte gravimétrique et géologique de la Vendée



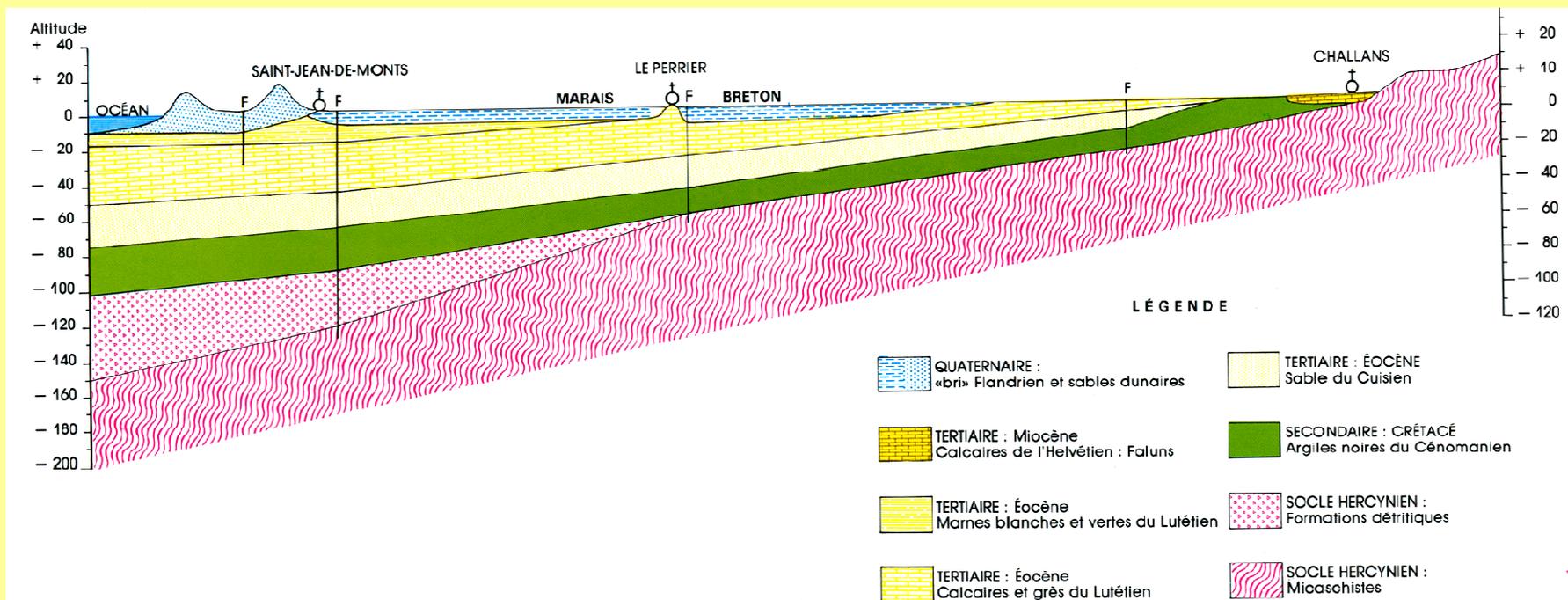
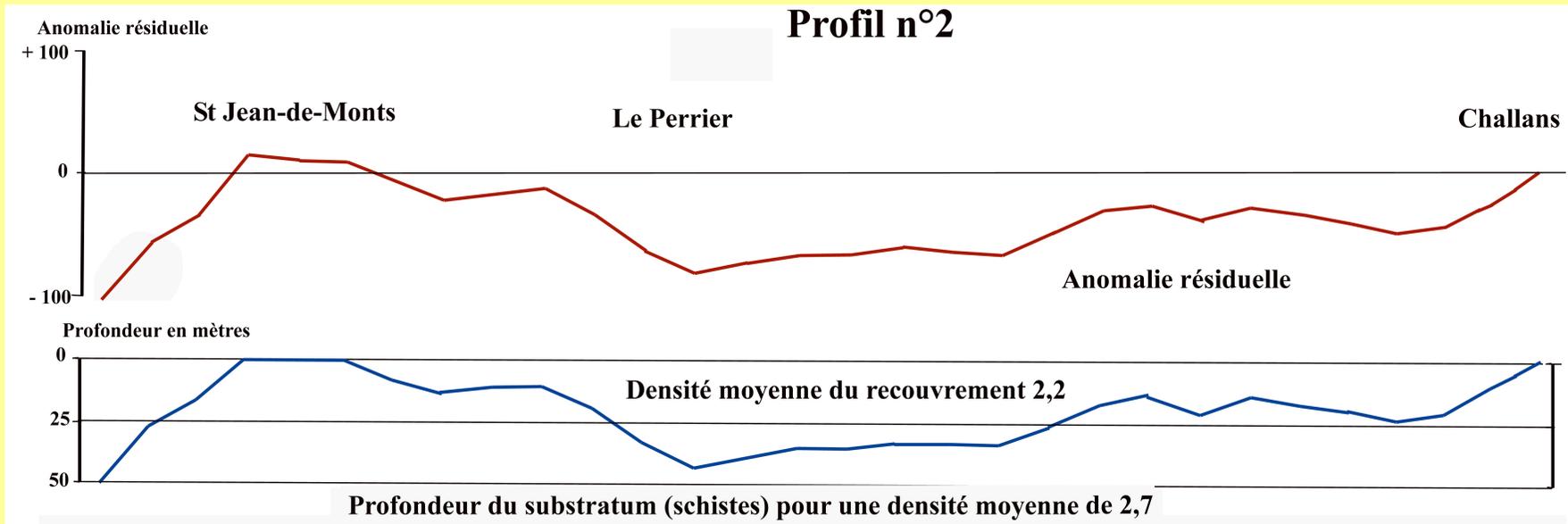
Carte de l'anomalie de Bouguer dans le Marais Breton



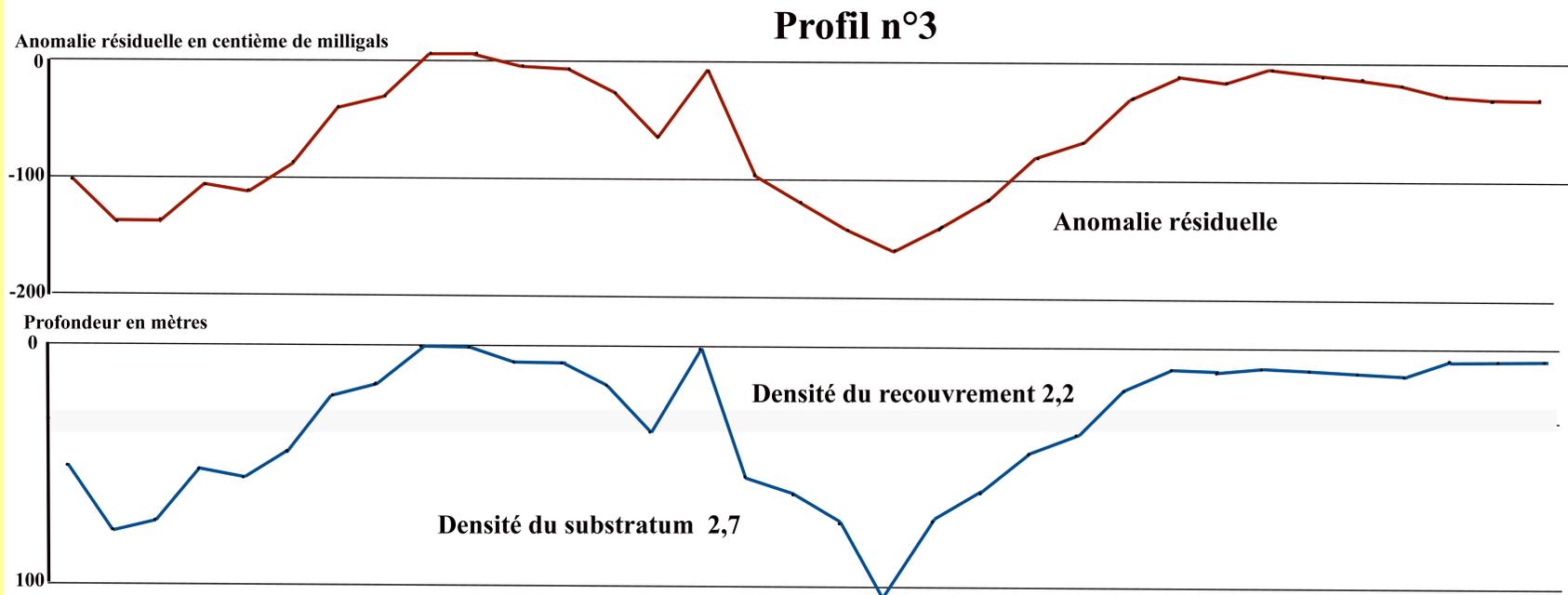
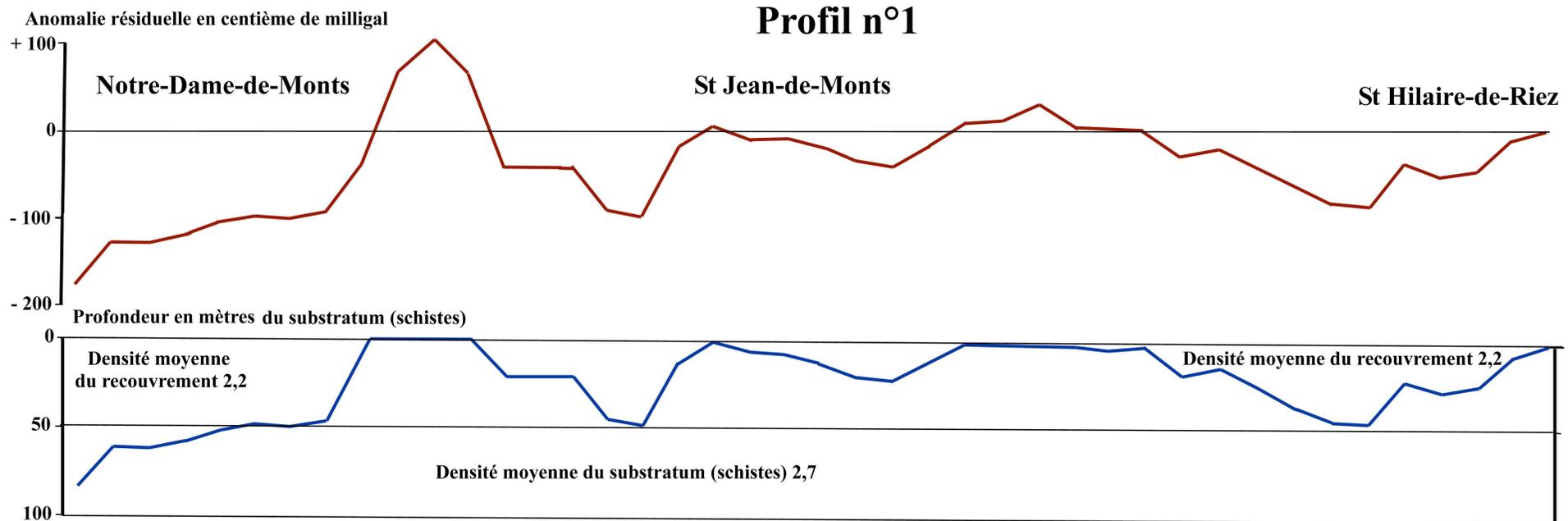
Prospection gravimétrique dans la Marais Breton



Coupes gravimétrique et géologique du Marais Breton



Coupes gravimétriques du Marais Breton



La prospection sismique

Les ondes sismiques obéissent aux mêmes lois que la propagation des ondes lumineuses d'où :

Deux méthodes de prospection :

- La sismique réflexion**
- La sismique réfraction**

A propos des ondes sismiques

Les ondes sismiques sont des ondes élastiques qui traversent un milieu en « poussant » provisoirement les particules élémentaires.

On distingue deux types d'ondes sismiques :

- Les ondes primaires (P) sont des ondes de compression ou ondes longitudinales qui se déplacent en provoquant des dilatations et des compressions successives parallèlement au sens de propagation. Ces ondes se propagent dans tous les milieux avec une vitesse d'autant plus élevée que le milieu est plus dense.**
- Les ondes secondaires (S) sont des ondes de cisaillement ou ondes transversales qui provoquent des mouvements du sol perpendiculairement au sens de propagation. Ces ondes ne se propagent pas dans l'eau.**

A noter que les ondes S se propagent plus lentement que les ondes P

Le « tir » sismique

Plusieurs méthodes sont utilisées pour provoquer un « tir » sismique

- Un explosif du type TNT

1 kg de TNT dégage une énergie de 4Mj avec une vitesse de 10 000 m/s mais avec une majorité de fréquences élevées.

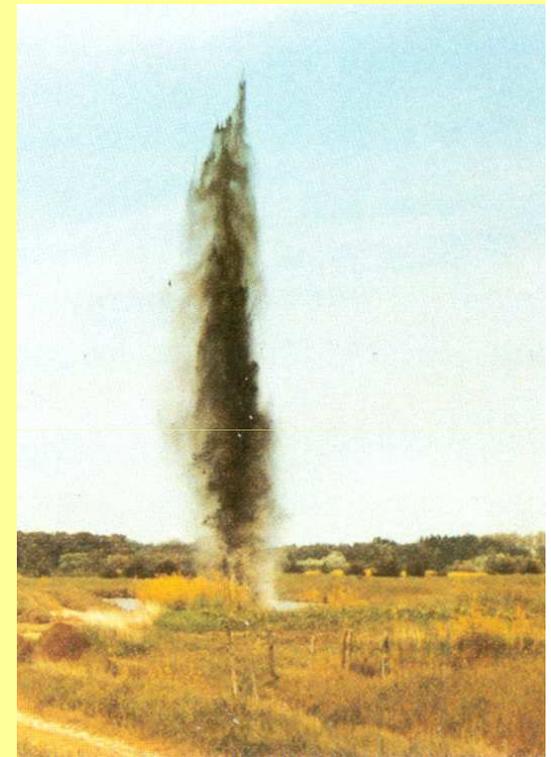
Seules les basses fréquences sont utilisées en sismique.

L'inconvénient est la formation d'un cratère ou d'une cavité en sous sol.

- Une masse de 2 tonnes tombant de 2 à 3 m

La chute sur le sol de cette masse représente une énergie de 6 Kj, soit l'équivalent de 15 g de TNT, mais avec de basses fréquences

- Un « canon à air » pour la prospection marine



« Boum ! »

Pour capter les ondes sismiques : le géophone

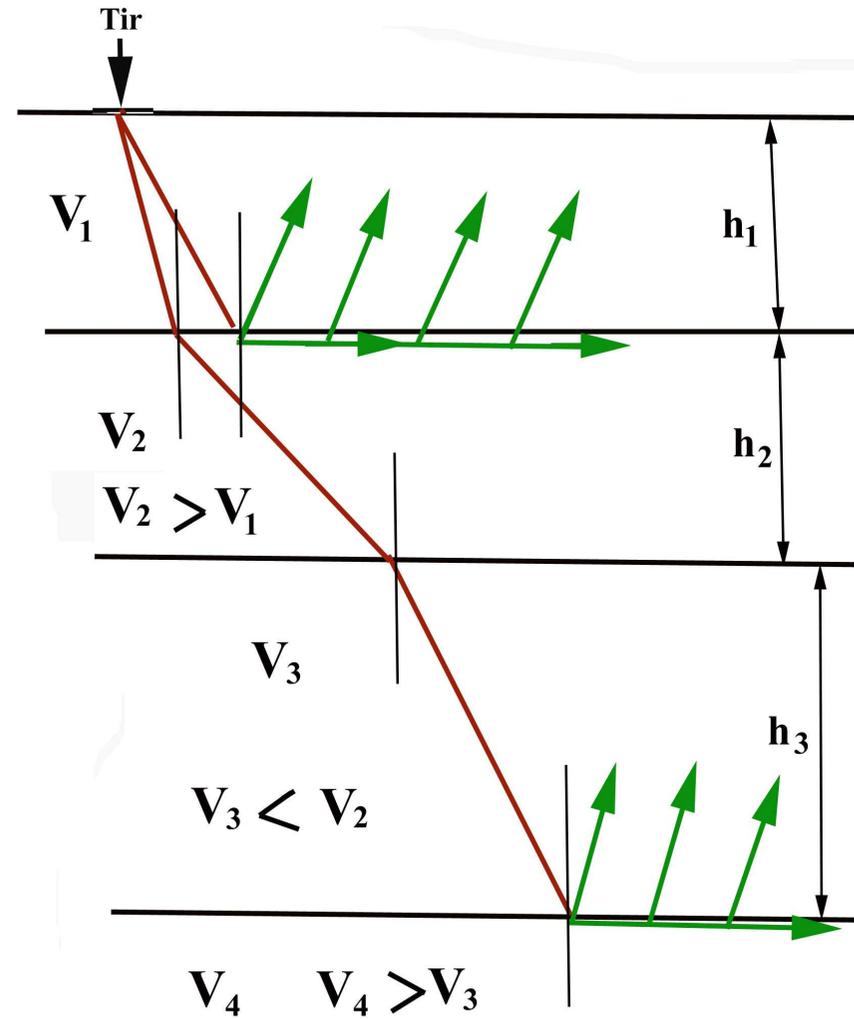
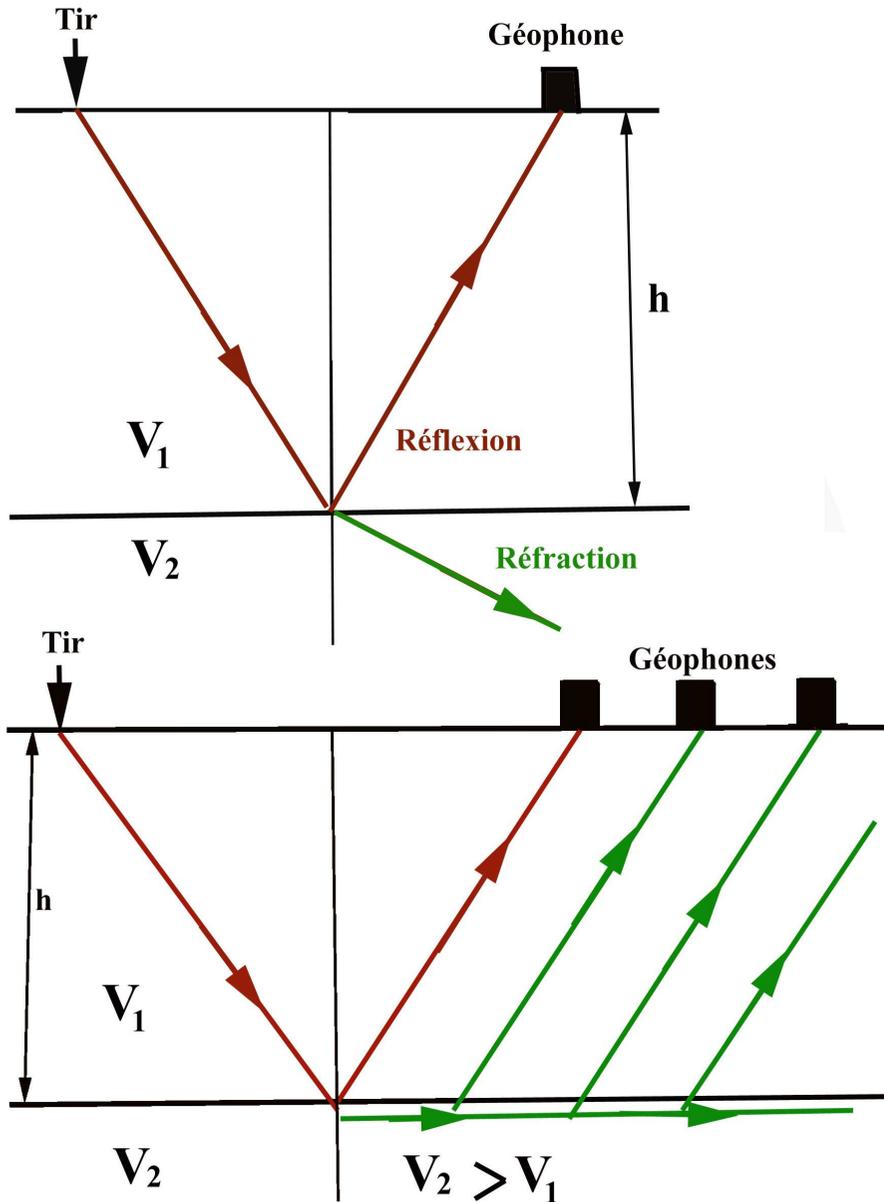
**Il s'agit d'une masse suspendue à un ressort
qui lui transmet les mouvements du sol.**

**Cette masse porte une bobine qui se déplace
dans le champ d'un aimant.**

**Le déplacement produit ainsi un courant
électrique, qui, amplifié, sera enregistré sur
papier ou dans une mémoire.**



Réflexion - réfraction



La sismique réfraction

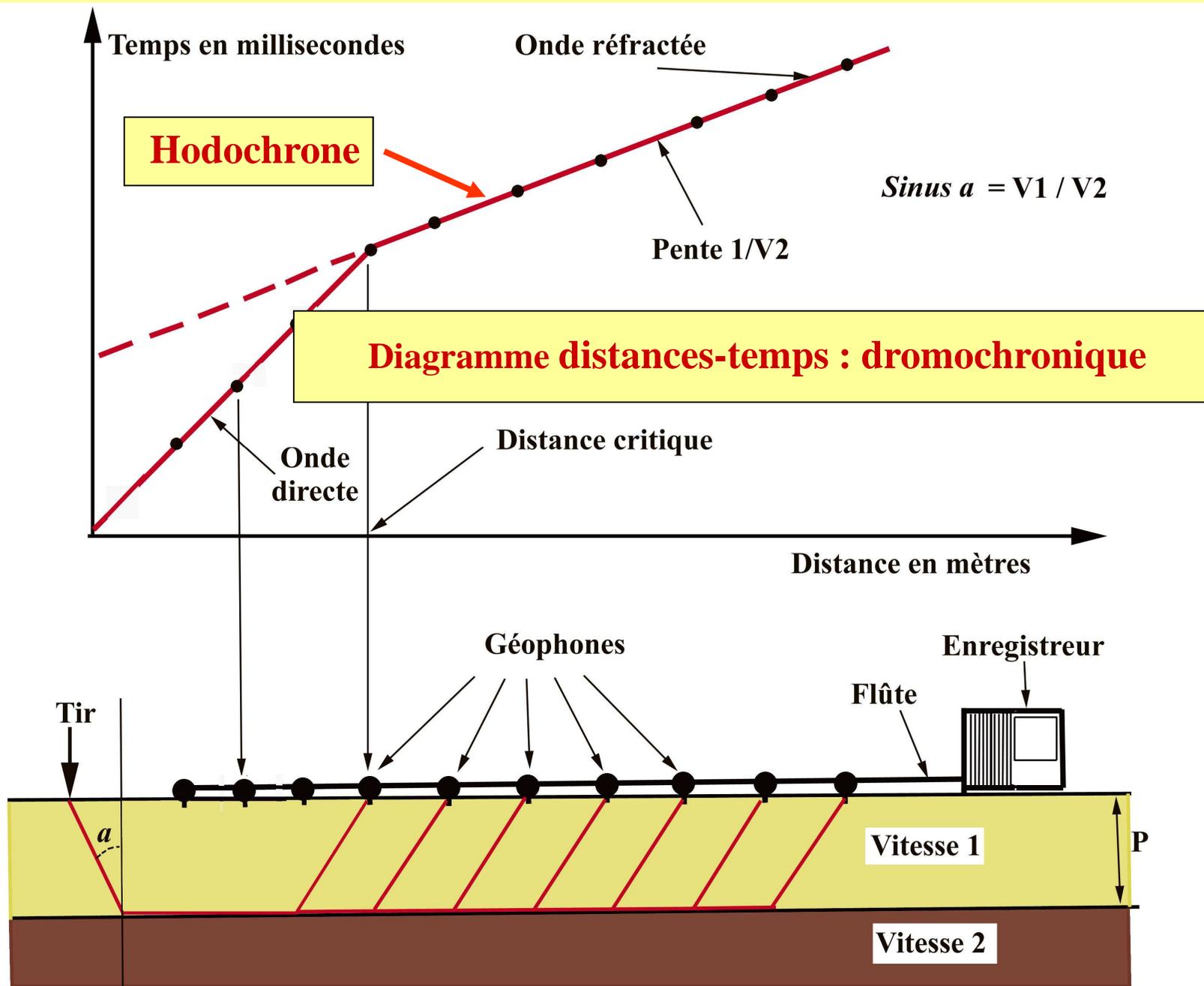
Elle utilise la propagation des ondes sismiques de compression P qui arrivent les premières et qui sont réfractées par les interfaces des niveaux géologiques en profondeur. Cette méthode de prospection est limitée à des profondeurs d'investigation inférieures à 300 m.

Sur le terrain, ces ondes de compression P peuvent être produites par des coups de marteau sur une plaque (peu performant sur des terrains meubles) ou par des charges explosives enterrées.

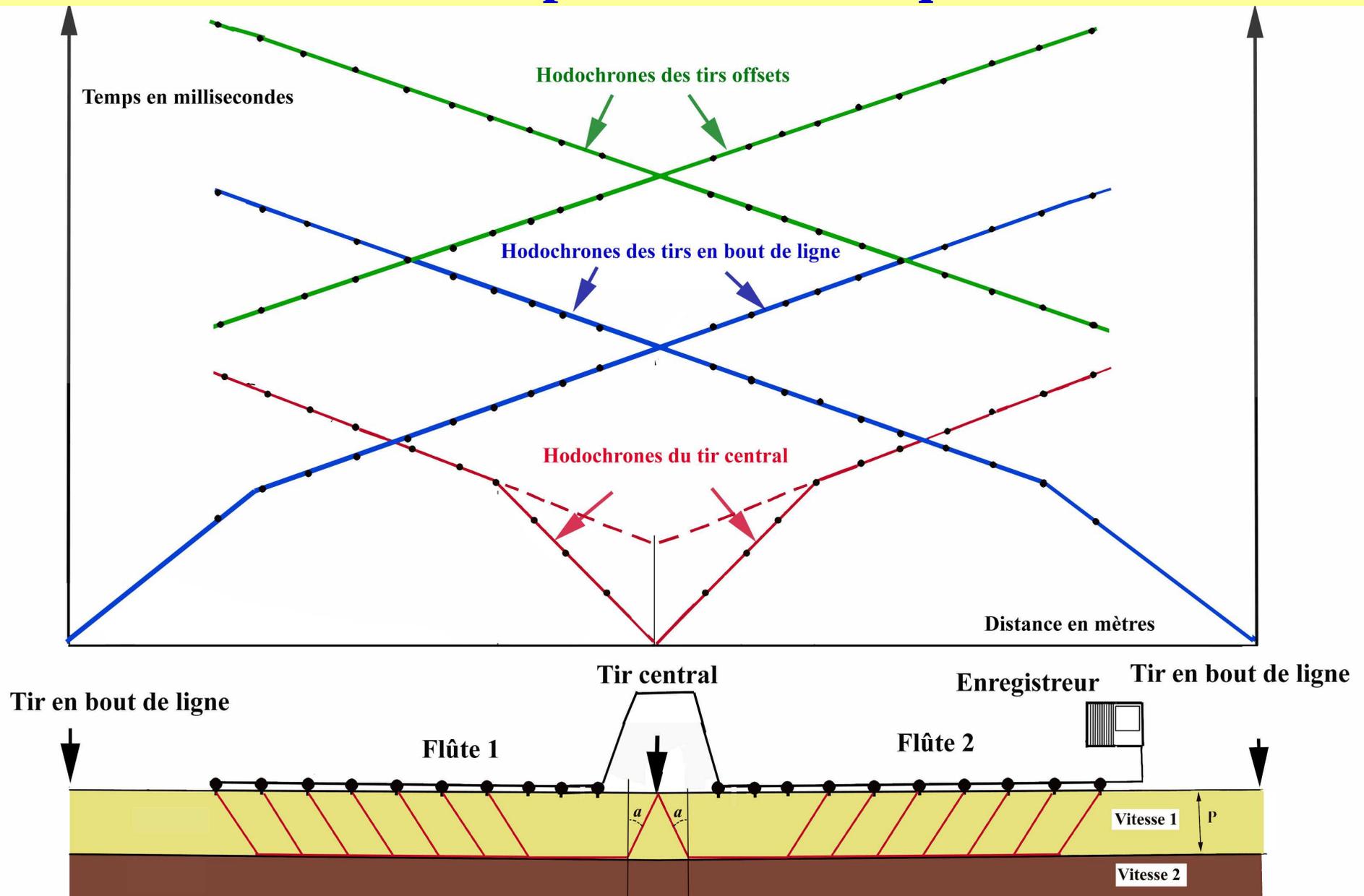
Les enregistrements sont réalisés à l'aide d'un sismographe digital qui accueille les arrivées d'ondes sur les différents géophones disposés sur le terrain.

Un dispositif classique de sismique réfraction comporte une ou deux « flûtes » totalisant 120 à 480 m comprenant chacune 12 ou 24 géophones régulièrement espacés de 5 à 20 m.

Schéma d'un dispositif de sismique réfraction

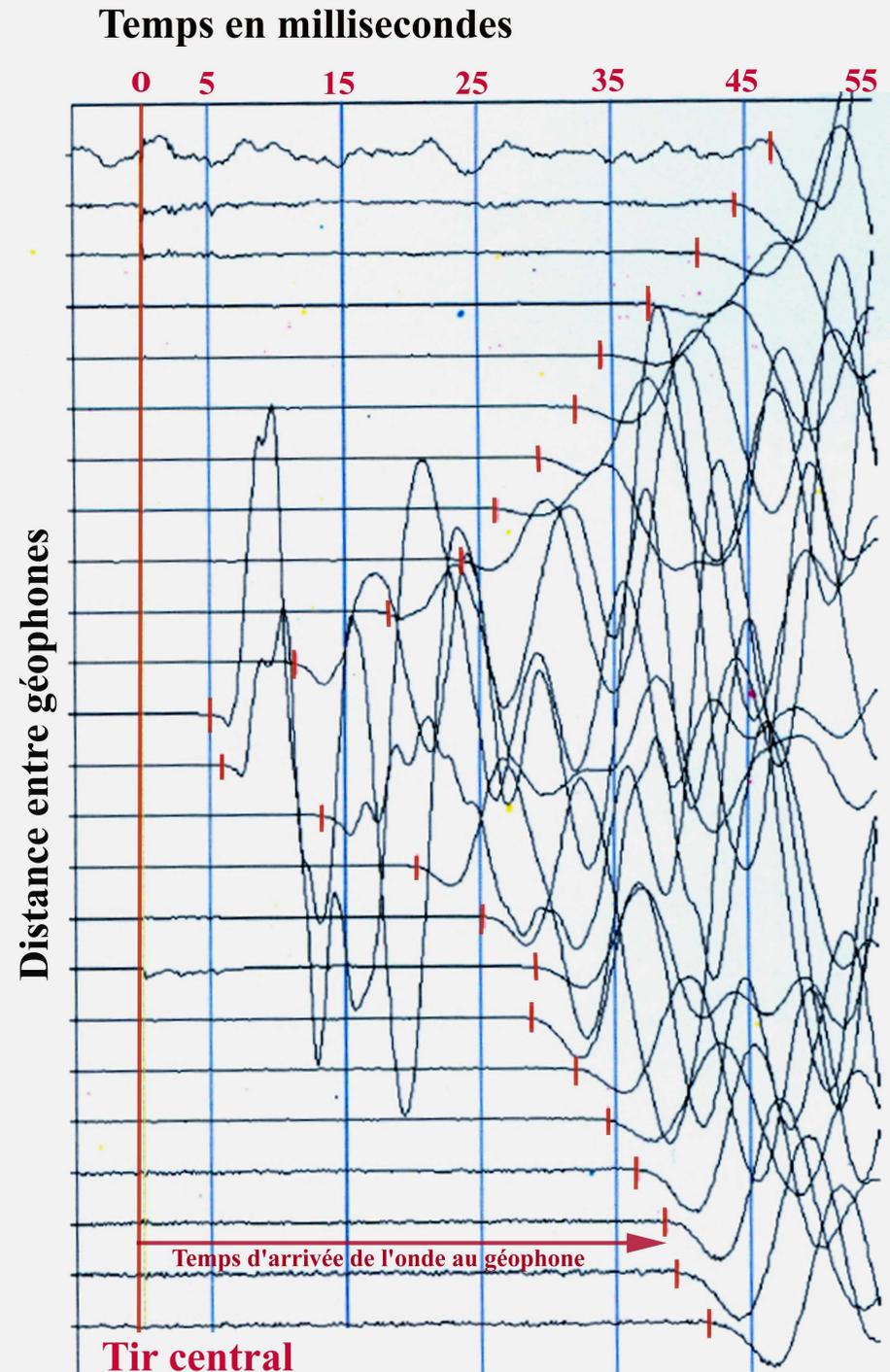


Géométrie des dispositifs de sismique réfraction



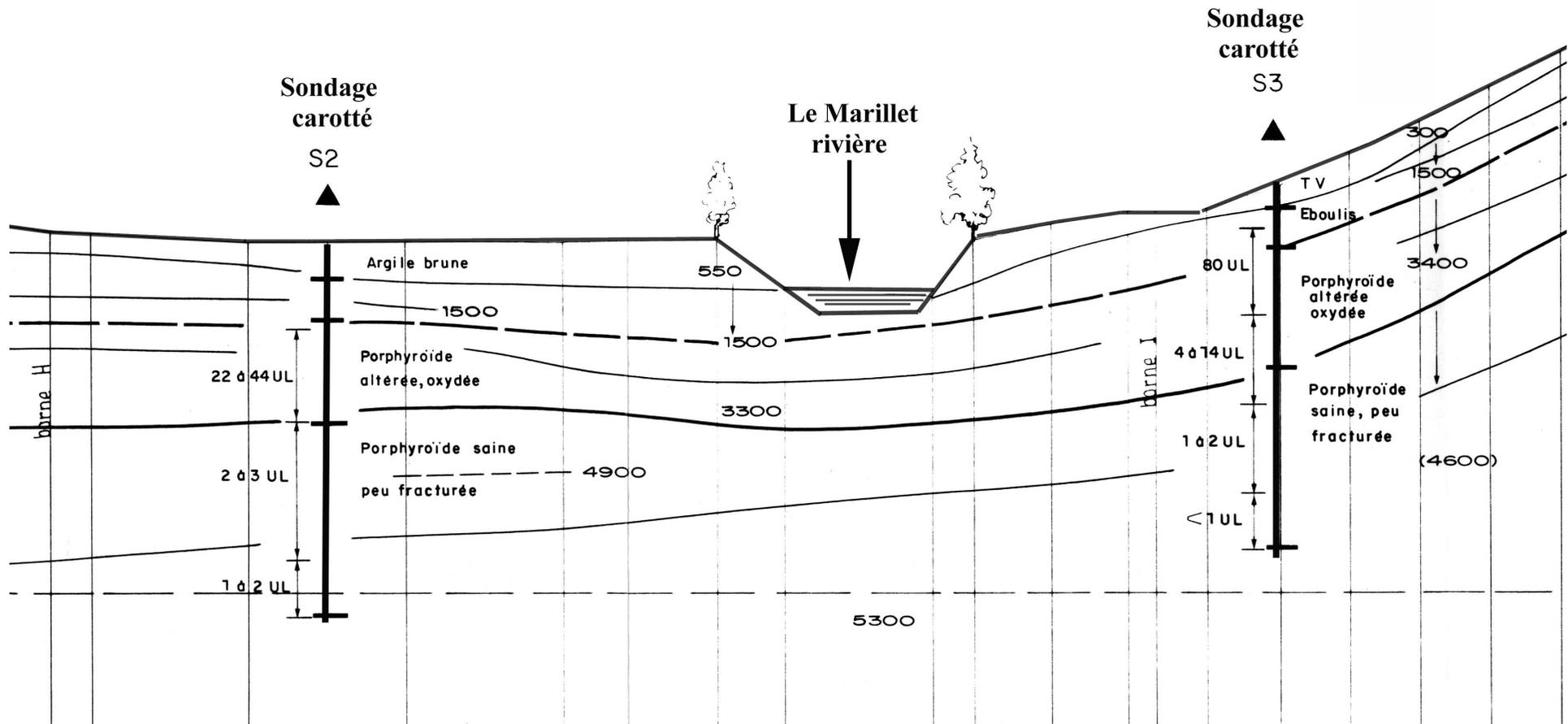
Pointage sur film des temps d'arrivée de l'onde sismique d'un tir central sur chaque géophone pour l'établissement d'une courbe hodochrone

La pente d'une hodochrone correspond à l'inverse de la vitesse du terrain traversé.



Interprétation des résultats d'une prospection par sismique réfraction

Exemple : l'étude du site du barrage de Moulin Martin sur le Marillet à Château-Guibert (Vendée)



Quelques vitesses d'ondes sismiques dans les roches

- Sable : de 300 à 1 800 m/s**
- Alluvions : de 1 000 à 2 700 m/s**
- Argile : de 1 100 à 2500 m/s**
- Marnes : de 2 000 à 2 500 m/s**
- Grès : de 2 000 à 3 500 m/s**
- Calcaire : de 3 200 à 7 000 m/s**
- Gneiss : de 3 500 à 7 500 m/s**
- Granite : de 4 600 à 6 000 m/s**
- Basalte : de 5 000 à 6 000 m/s.**

Remarque: Ces valeurs varient suivant la fracturation ou la teneur en eau du milieu rocheux

La sismique réflexion

Cette méthode étudie la réflexion des ondes sismiques aux interfaces entre plusieurs couches géologiques pour des profondeurs inférieures à 10.000 m. Elle est couramment utilisée pour la recherche des structures pétrolifères tant sur terre que sur mer.

Interprétation des données de la sismique réflexion

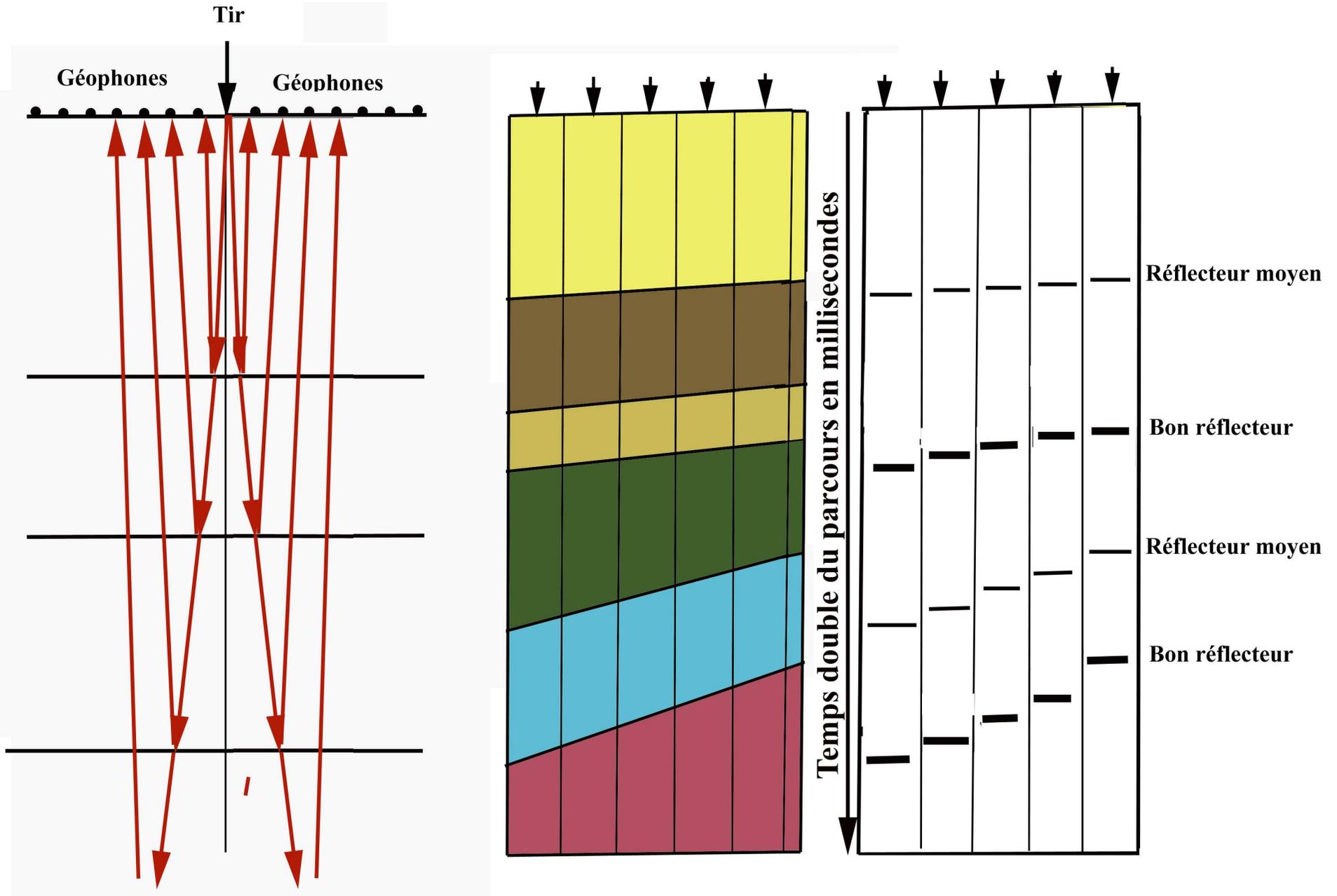
En déplaçant les tirs sismiques suivant un axe on obtiendra un profil sismique du sous sol

L'interprétation d'un profil sismique est rendue délicate par le fait que l'on ne sait pas, à priori, quelle est la nature des surfaces qui réfléchissent les ondes, ni leur profondeur précise.

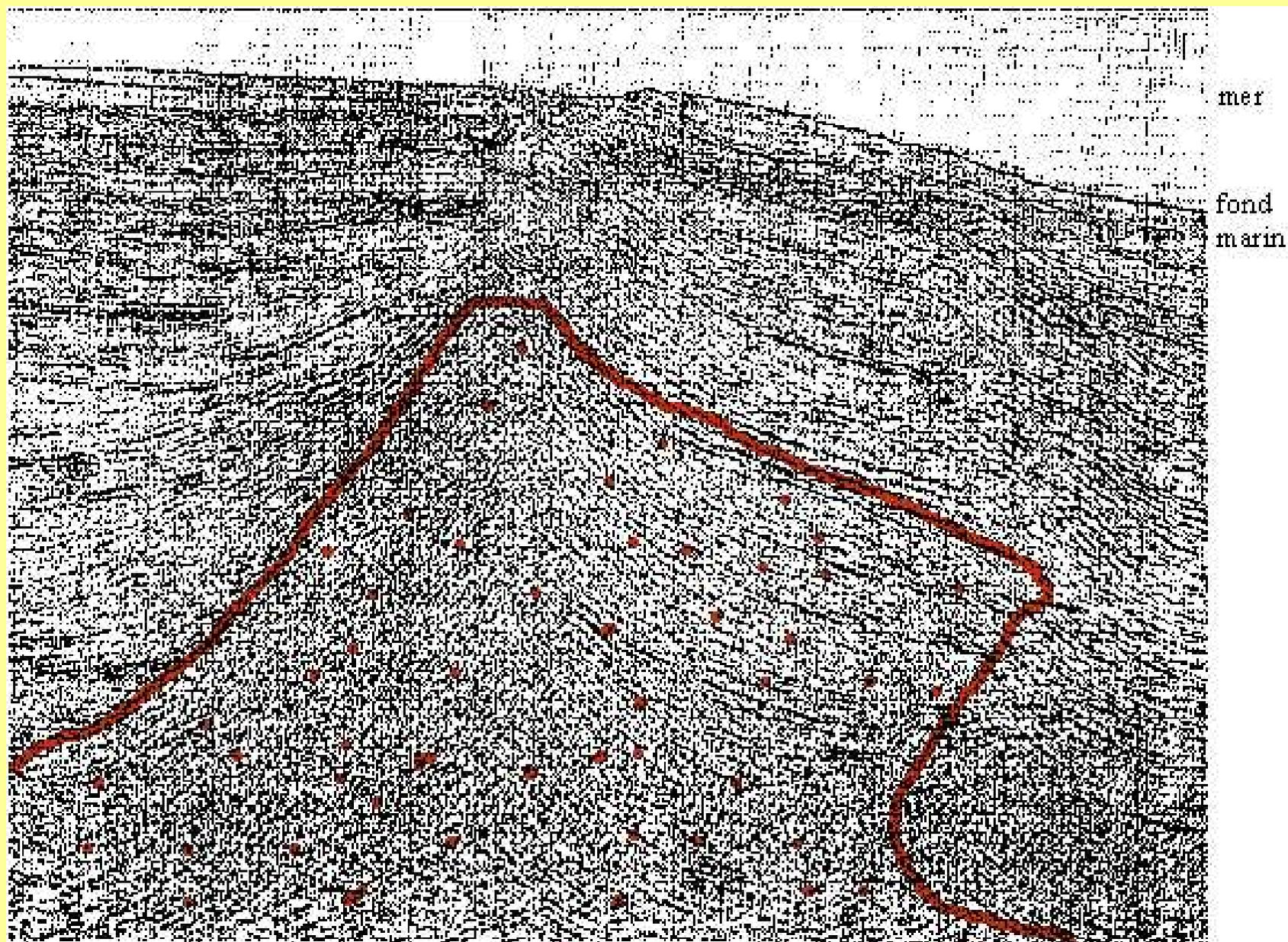
Les données recueillies sont en effet des temps d'aller-retour des ondes qui dépendent de la célérité de celles-ci dans les différentes roches traversées et dont la valeur n'est pas connue.

Il est donc nécessaire d'effectuer un étalonnage à partir d'un forage pour affiner l'interprétation des profils sismiques

Profil en sismique réflexion



Exemple d'un profil en sismique réflexion sous marine



Echelle : 0 1 2 km

Mise en évidence d'un diapir

La prospection magnétométrique

La magnétométrie est la mesure du champ magnétique terrestre permettant de détecter les anomalies et variations locales.

Ces anomalies sont liées à la susceptibilité magnétique des roches (coefficient d'aimantation m)

Un corps soumis à un champ magnétique extérieur « H », subit une aimantation « I » de sorte que celle-ci s'exprime par la relation suivante : $I = m.H$

Les roches éruptives et métamorphiques possèdent une susceptibilité magnétique supérieure à celle des roches sédimentaires, celle-ci étant liée à la présence de minéraux contenant du fer (magnétite ou ilménite) ou du manganèse

Valeurs moyennes : Calcaires $m = 8.10^{-6}$, Argiles $m = 25.10^{-6}$, Schistes $m = 350.10^{-6}$, Gneiss $m = 500.10^{-6}$ Granite $m = 650.10^{-6}$, Basalte $m = 2600.10^{-6}$ Amphibolite $m = 5000.10^{-6}$,

Le magnétomètre

Il en existe plusieurs types mais le plus utilisé en prospection est le magnétomètre à protons

Principe de fonctionnement :

Cet appareil utilise le fait qu'une charge électrique en rotation comme un proton se comporte comme un petit aimant qui va s'orienter dans le champ magnétique terrestre comme le ferait l'aiguille d'une boussole

On va orienter les protons en utilisant le champ magnétique d'une bobine parcourue par un courant, puis on va couper le courant et observer les protons qui vont se réaligner selon le champ magnétique terrestre

Mais les protons sont de petites toupies qui, en changeant de direction pour se réaligner vont subir un mouvement de précession (changement graduel de l'axe de rotation) qui va produire un champ alternatif dont la fréquence est proportionnelle au champ magnétique terrestre.

La prospection magnétométrique

Les mesures effectuées au magnétomètre sur le terrain sont exprimées en nano Tesla (nT, soit 10^{-9} T)

Le Tesla est l'unité d'induction magnétique sur 1 m^2 de 1Wéber (1W est une force électromotrice de 1 Volt par seconde)

La profondeur d'investigation de la prospection magnétométrique peut atteindre 20 000 m

Interprétation des mesures

Ayant réalisé des mesures simultanées dans les deux stations pour chacune des positions du magnétomètre mobile, la différence entre la valeur mesurée à la station fixe et celle mesurée à la station mobile donnera une valeur affranchie des variations temporelles du champ magnétique terrestre.

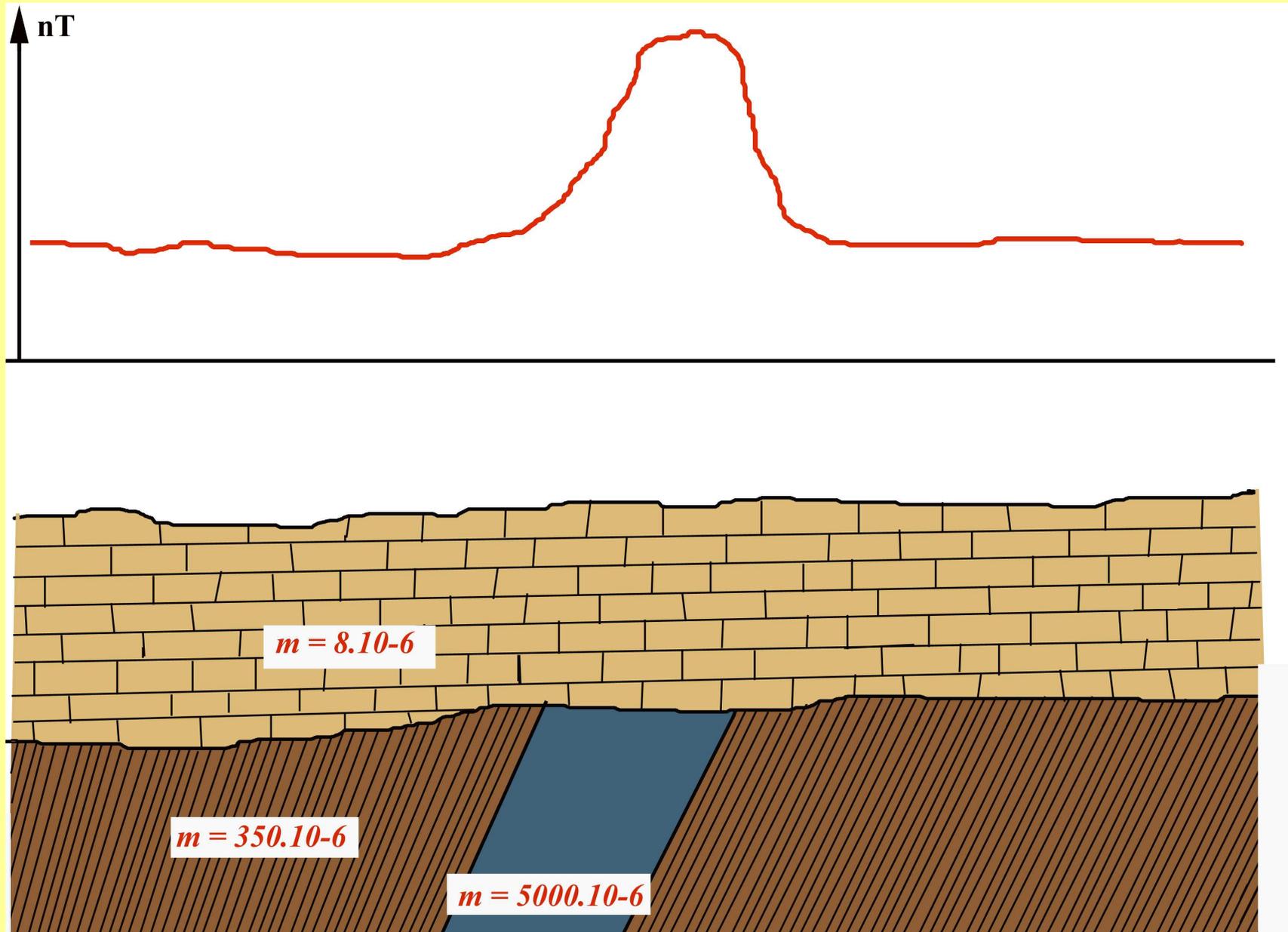
Utilisation de la prospection magnétométrique

Outre la détection en surface des masses métalliques enfouies dans le sous sol ou la prospection des gisements ferreux du type magnétite, l'utilisation de la magnétométrie permet la mise en évidence de masses rocheuses ou de failles insoupçonnées.

On utilisera deux magnétomètres, l'un statique servant de station de base pour enregistrer les variations naturelles du champ magnétique terrestre, l'autre mobile comme station de mesure des variations locales lors de son déplacement.

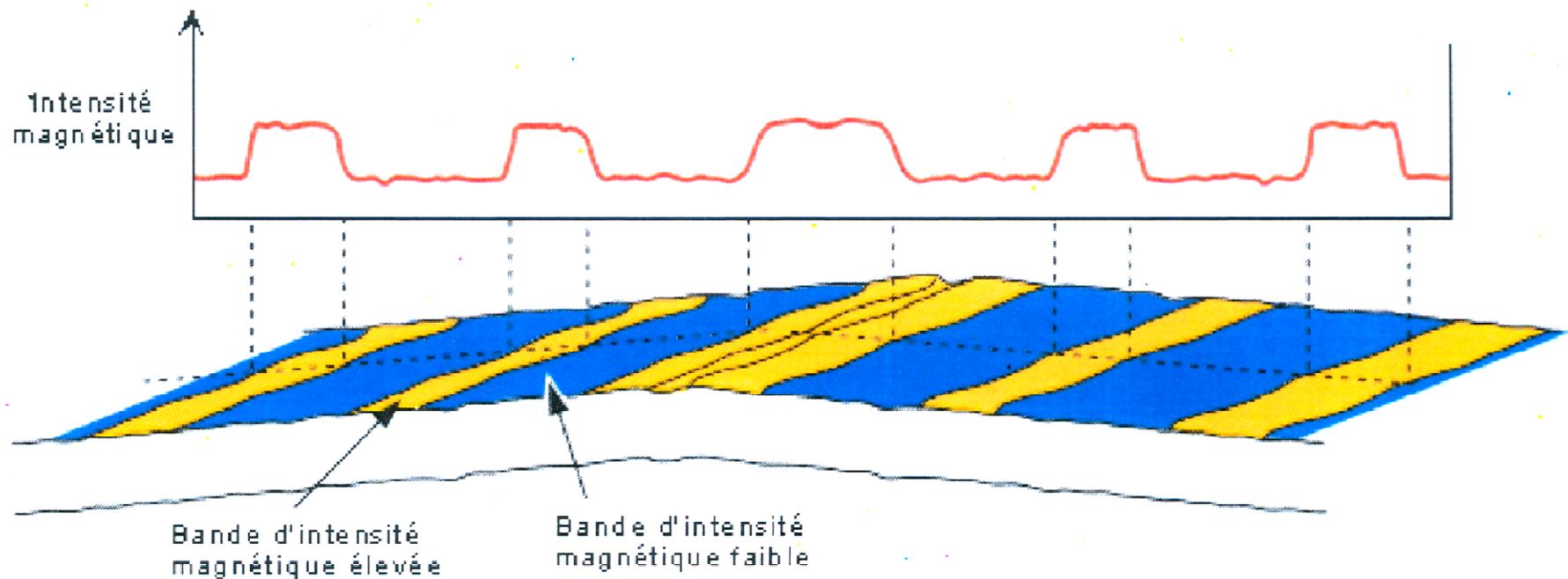
En se déplaçant le long d'un profil à faible vitesse (marche lente), l'opérateur en portant l'appareil, enregistre une à deux mesures par seconde. La portée de l'appareil étant d'environ 1,5 m de part et d'autre de l'opérateur (perpendiculairement à sa trajectoire), l'espacement des profils sera de 3 m pour couvrir la zone prospectée

Exemple de prospection magnétométrique



Mise en évidence des anomalies magnétiques des planchers océaniques

Les relevés de l'intensité du champ magnétique à l'aide d'un magnétomètre tiré par un bateau a montré l'existence de bandes parallèles de magnétisme faible et de magnétisme élevé. Ces mesures sont à l'origine de l'explication en 1960 de la dérive des continents imaginée par Alfred Wegener en 1912.



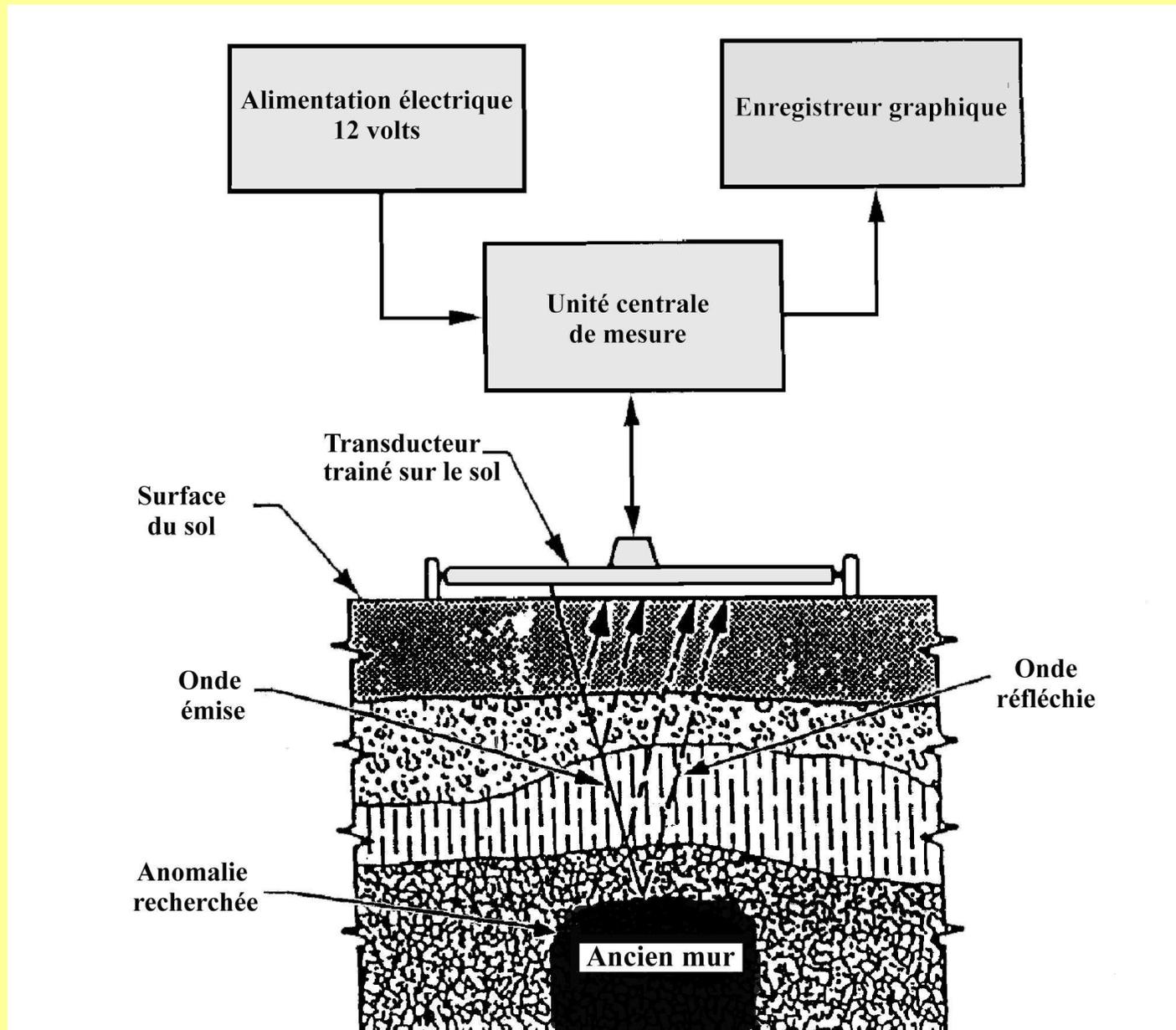
La prospection par le Géoradar

Le Géoradar est basé sur la permittivité diélectrique, propriété physique qui décrit la réponse d'un milieu donné à un champ électrique appliqué dans l'étude de la propagation des ondes électromagnétiques

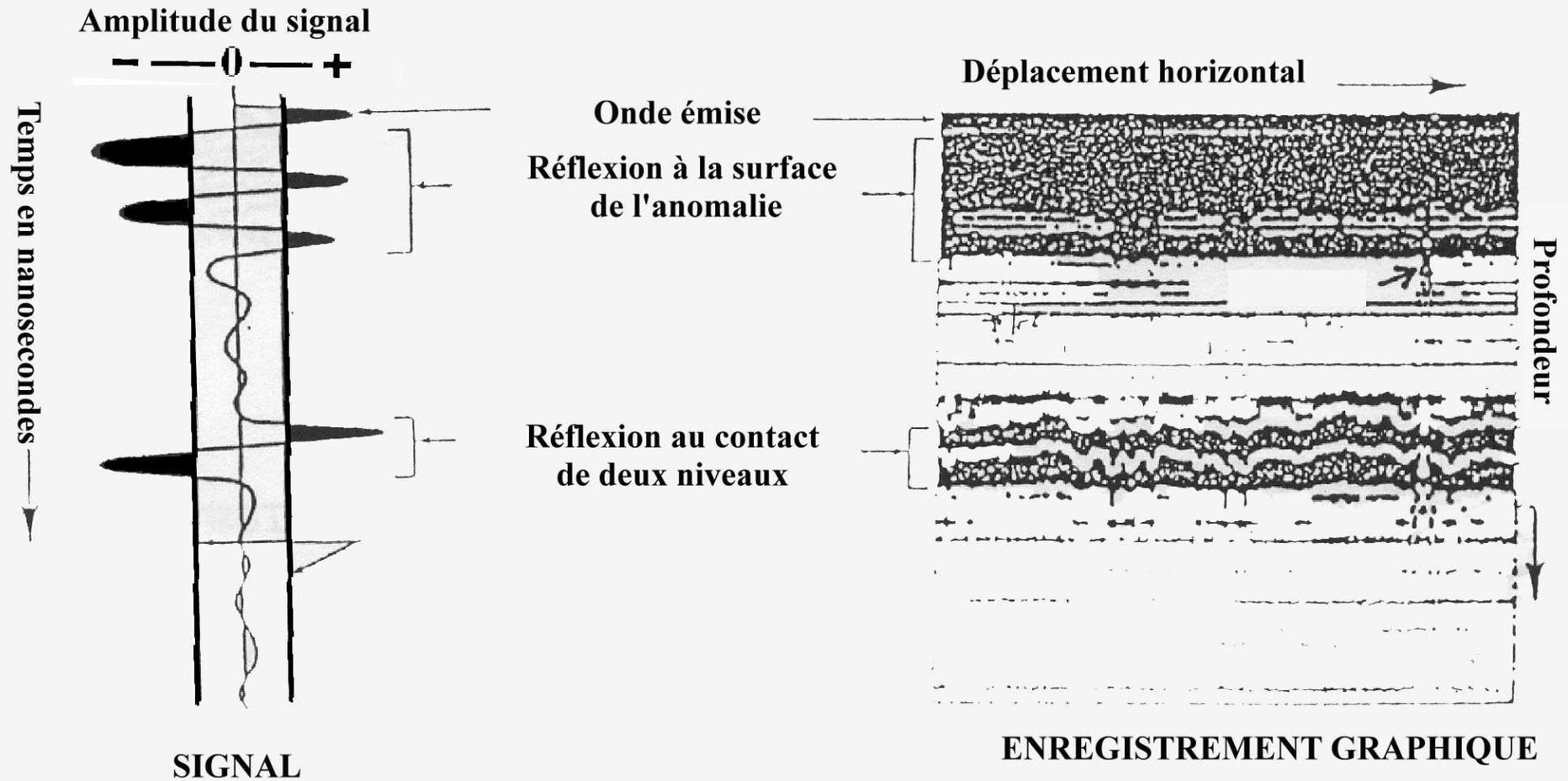
Les différentes couches géologiques possèdent chacune une vitesse de propagation des ondes radio qui dépend de leur constante diélectrique et de leur perméabilité magnétique.

Les ondes émises par le Géoradar s'enfoncent dans le sous-sol où elles peuvent se réfléchir à l'interface entre deux milieux de vitesses de propagation différentes. Plus le contraste des vitesses est important et plus la quantité d'énergie réfléchie renvoyée au récepteur sera importante

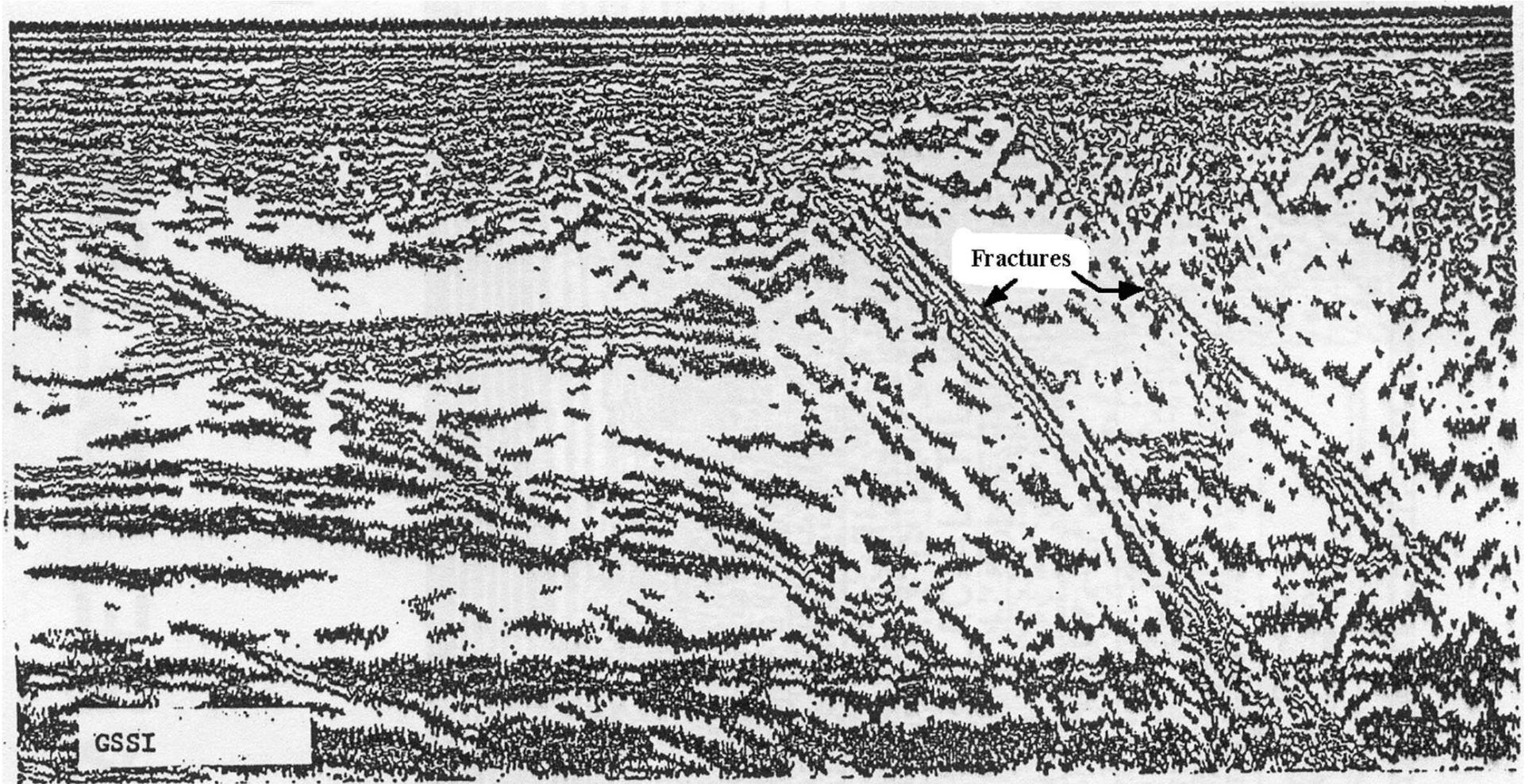
Matériel de mesure au Géoradar



Principe du Géoradar



Exemples de Radargrammes

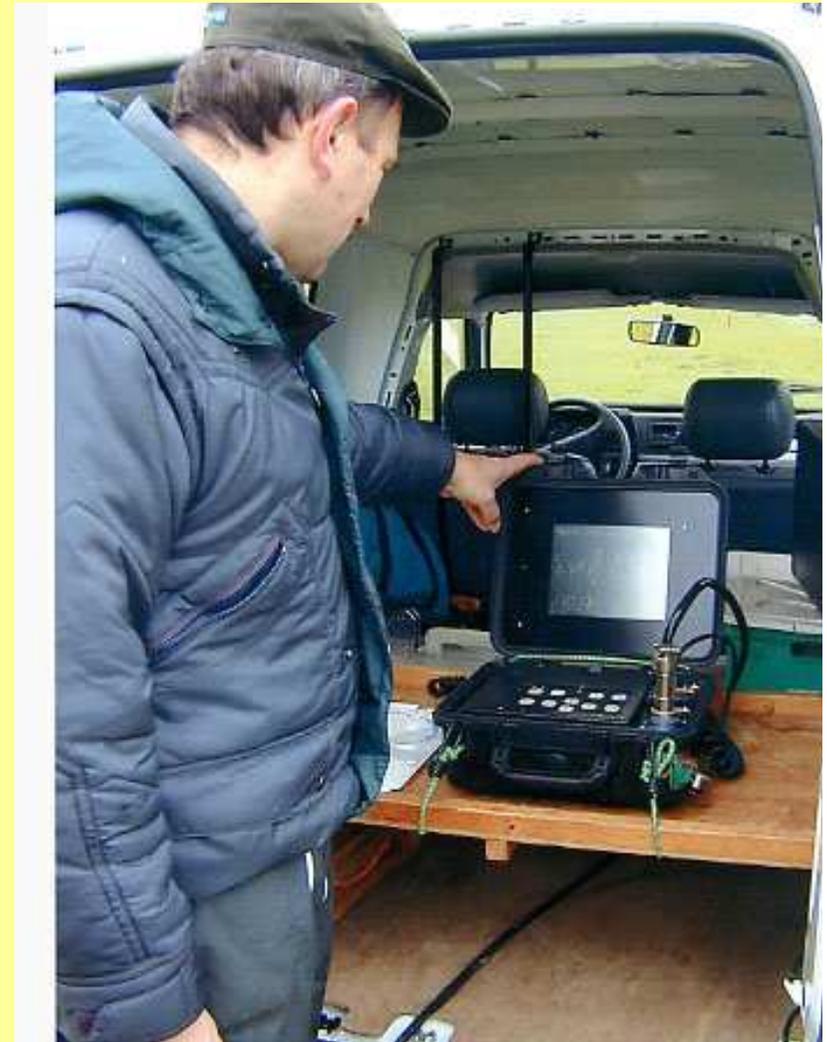


Détermination de fractures dans le granite compact

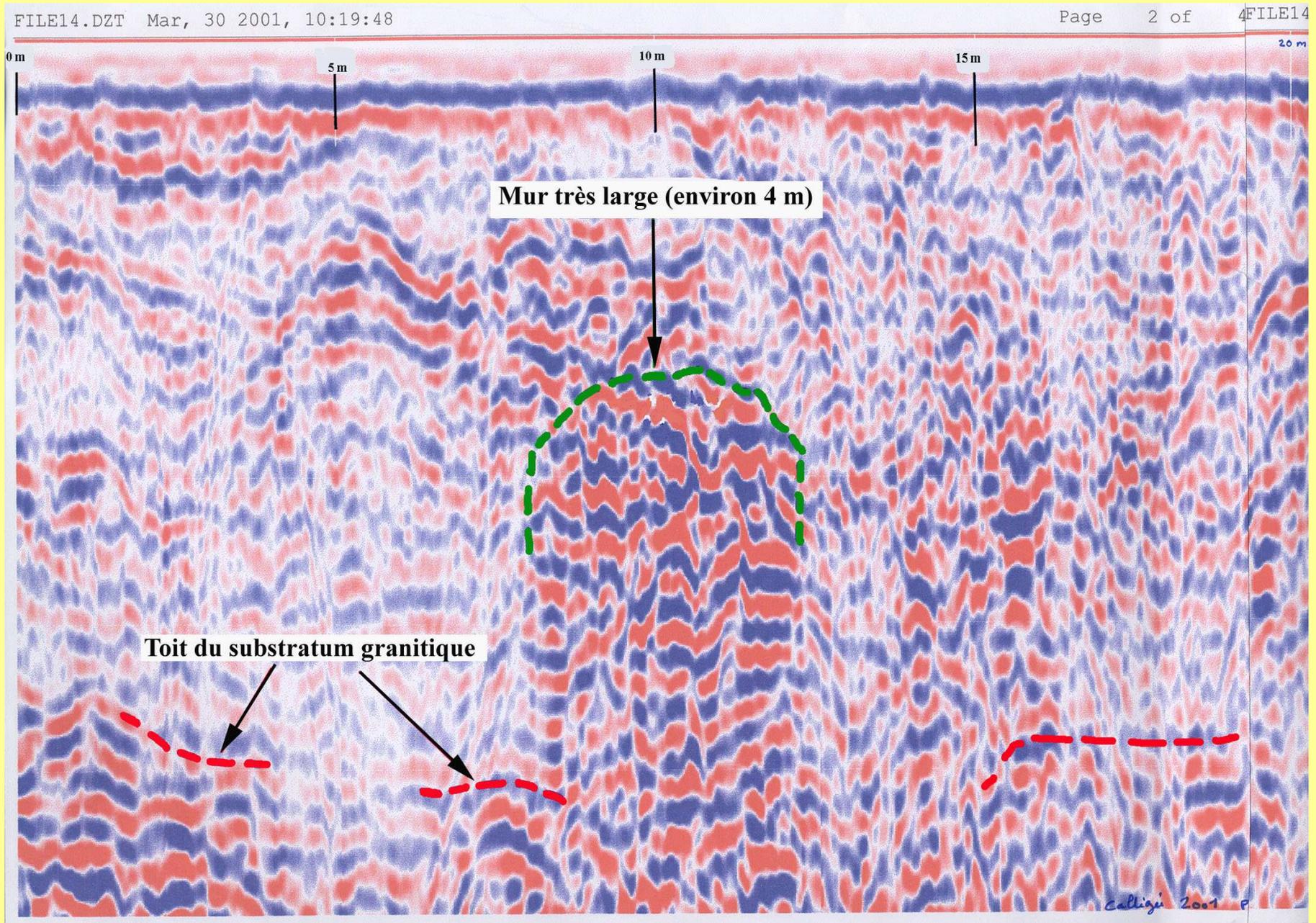
Prospection au Géoradar pour la recherches des fondations des anciennes abbayes de Grandmont



Radar géologique : transducteur

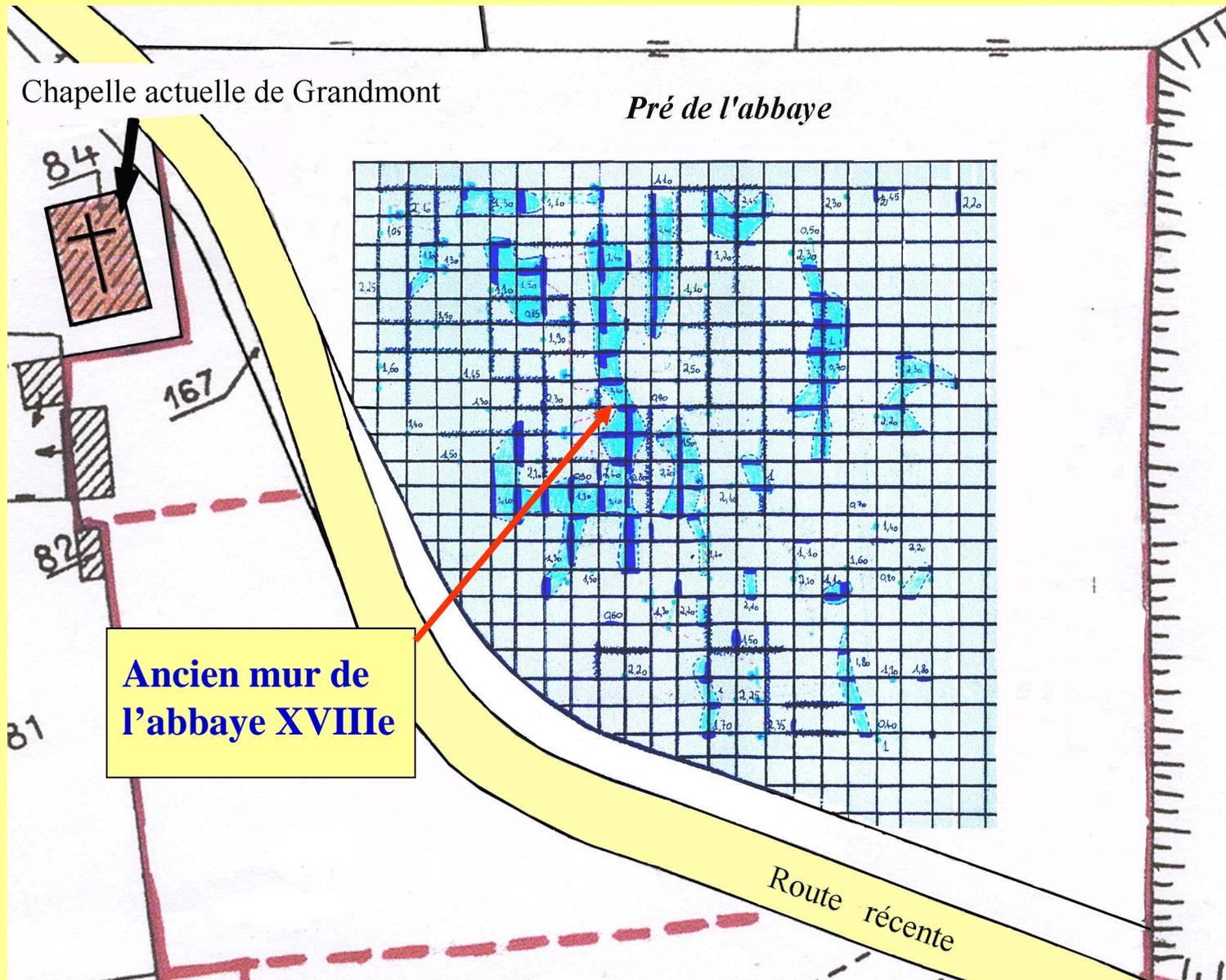


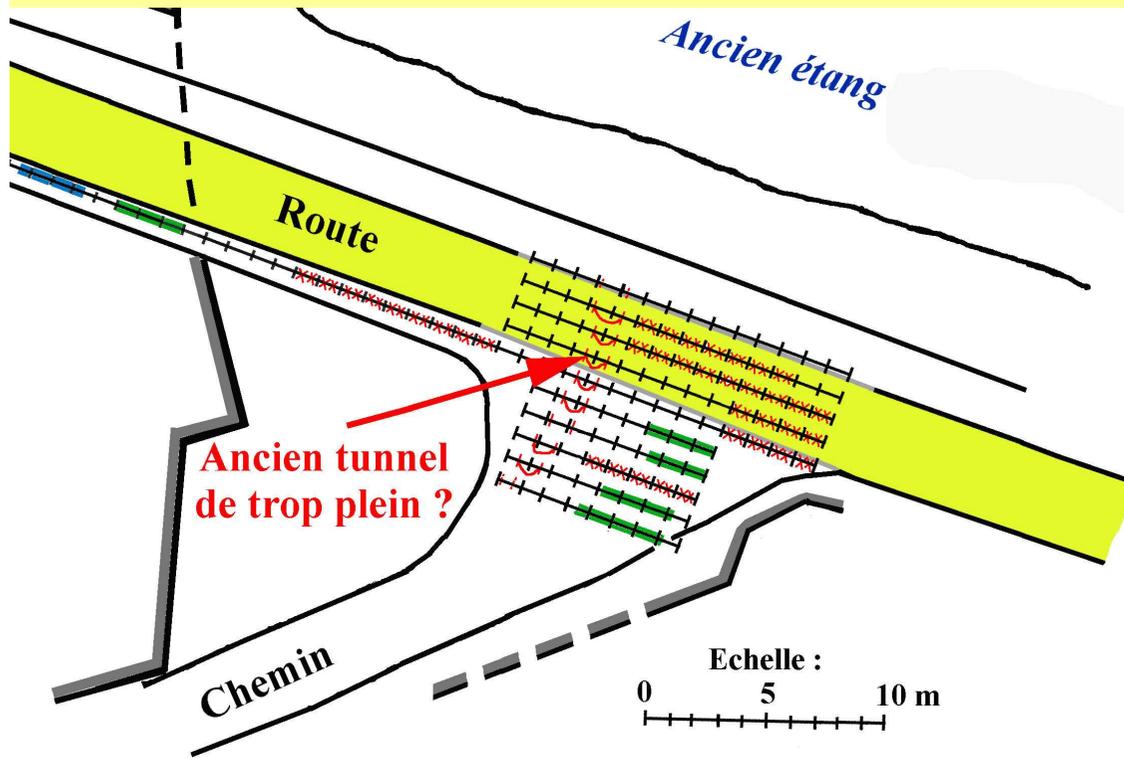
Exemple de radargramme obtenu sur le site de Grandmont



Carte des anomalies détectées au Géoradar à Grandmont

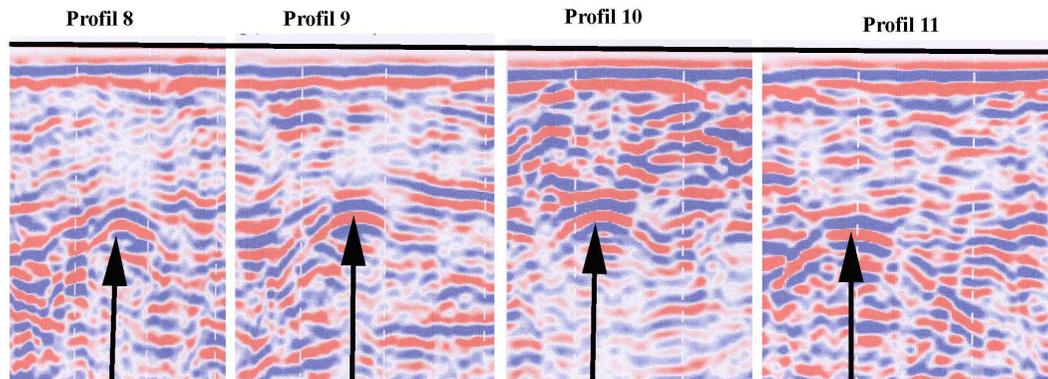
Profondeur des anomalies de 0 à 2,70 m





Détection au Géoradar d'un ancien tunnel de vidange à Grandmont

Extraits des radargrammes



Réflecteurs hyperboliques
Présence probable d'un tunnel

La diagraphie géophysique

- Inventée par les frères Schlumberger, il ne s'agit pas d'une méthode de prospection, mais d'une méthode d'investigation dans un forage pour en tirer les meilleures informations géologiques liées aux caractéristiques physiques des roches traversées.
- On descend dans le forage sonde équipée pour mesurer telle ou telle caractéristique physique: résistivité, sonique, gamma ray, neutronique etc. Le câble porteur sert à la fois de support de la sonde et de liaison électrique avec l'enregistreur de surface.
- La pratique de la diagraphie est largement utilisée dans les forages pétroliers pour la recherche des niveaux géologiques producteurs en hydrocarbures gazeux ou liquides

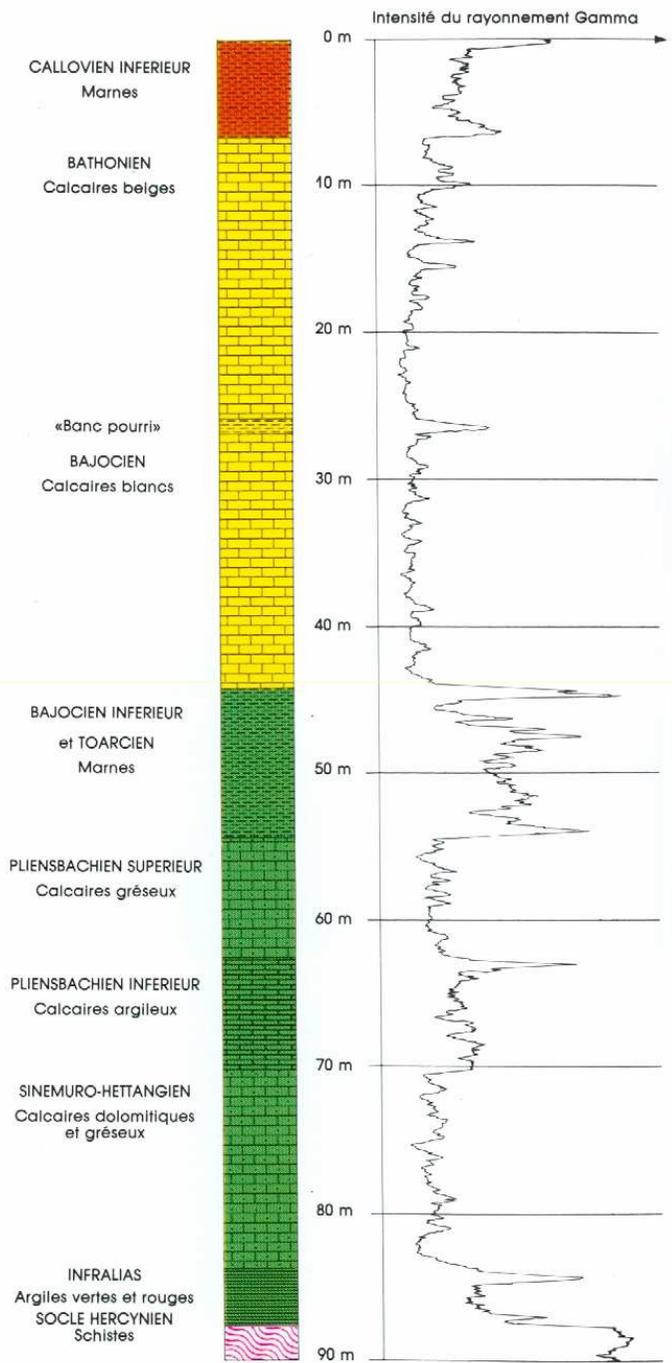
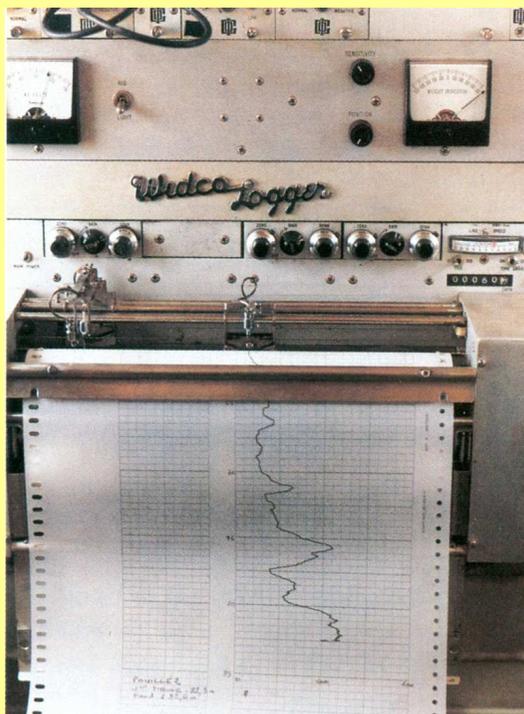
Utilisation des diagraphies dans la plaine de Luçon-Fontenay

La réalisation des forages au marteau fond de trou ne permettait pas l'obtention d'une coupe géologique précise des terrains traversés.

Une fois l'ouvrage terminé, il fut procédé à la réalisation systématique d'une diagraphie gamma ray pour le calage précis des différents horizons géologiques.

En effet l'utilisation de la sonde gamma ray s'est révélée parfaite pour distinguer les niveaux argileux « plus radioactifs » (avec en particulier du potassium ^{39}K et ^{41}K) que les horizons calcaires.

Quant au socle hercynien atteint dans la plupart des forages de la plaine, il s'est révélé particulièrement radioactif.



La prospection radiométrique

Il s'agit d'une prospection spécifique pour la recherche des minerais uranifères comme la pechblende.

La méthode consiste en une cartographie en surface (plan compteur) des anomalies établie à l'aide d'un compteur Geiger Muller, d'un scintillomètre ou spectromètre gamma.

Il sera dressé une carte d'iso valeur de la radio activité permettant de localiser en surface des filons uranifères. Toutefois pour être détectés efficacement ceux-ci ne devront pas être situés à une profondeur supérieure à 50 m.

La prospection radiométrique sera bien entendu couplée avec une carte des résistivités apparentes établie à l'aide d'une prospection électromagnétique par exemple, pour localiser les anomalies structurales (zones faillées susceptibles d'être minéralisées)

Le matériel de prospection

Gammamètre GMT, SRAT

Détecteur de rayonnement gamma,
type Geiger-Muller



Cet appareil est basé sur le principe d'ionisation d'un gaz par le rayonnement gamma.

Les valeurs mesurées s'expriment en chocs par seconde

La mesure en surface d'une valeur de 2 000 c/s correspond à une teneur de l'ordre de 1kg d'uranium à la tonne.

La valeur de 15 c/s, soit 7,5 g d'U par tonne correspond à la radioactivité ambiante suivant la nature du sous-sol.

L'appareil le plus utilisé en prospection sur le terrain :
le scintillomètre



Scintillomètre SPP2

Il utilise l'émission de photons lumineux dans un cristal d'iodure de sodium sous l'effet des radiations gamma reçues.

Un système photomultiplicateur amplifie les signaux reçus

Cet appareil peut être utilisé en prospection hélicoptérée à 75 m du sol

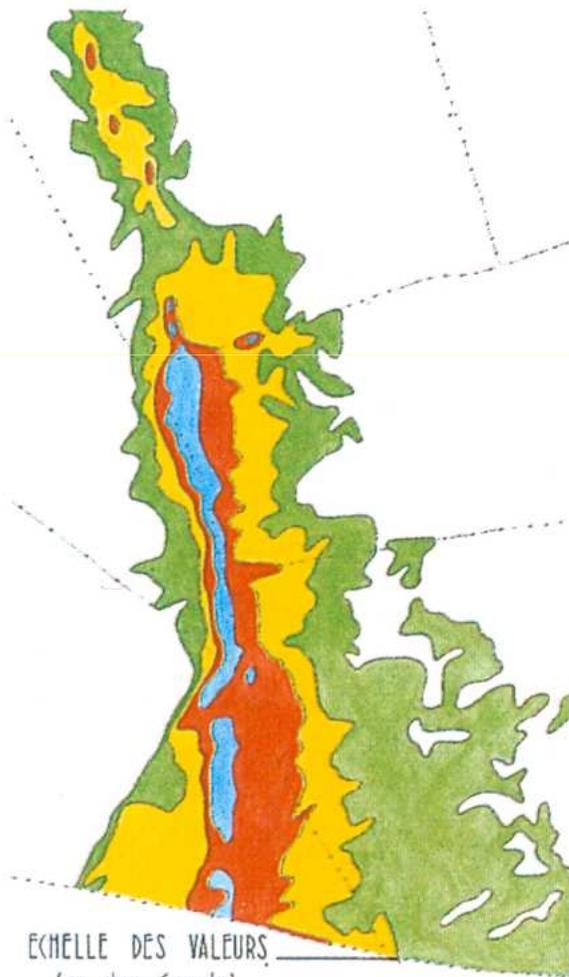


Mesure au scintillomètre

**La sensibilité au
rayonnement gamma du
scintillomètre est 10 fois
supérieure à celle du
gammamètre Geiger-
Muller.**

La prospection radiométrique est toujours associée avec une autre prospection géophysique en particulier la carte des résistivités apparentes à petite ou grande échelle

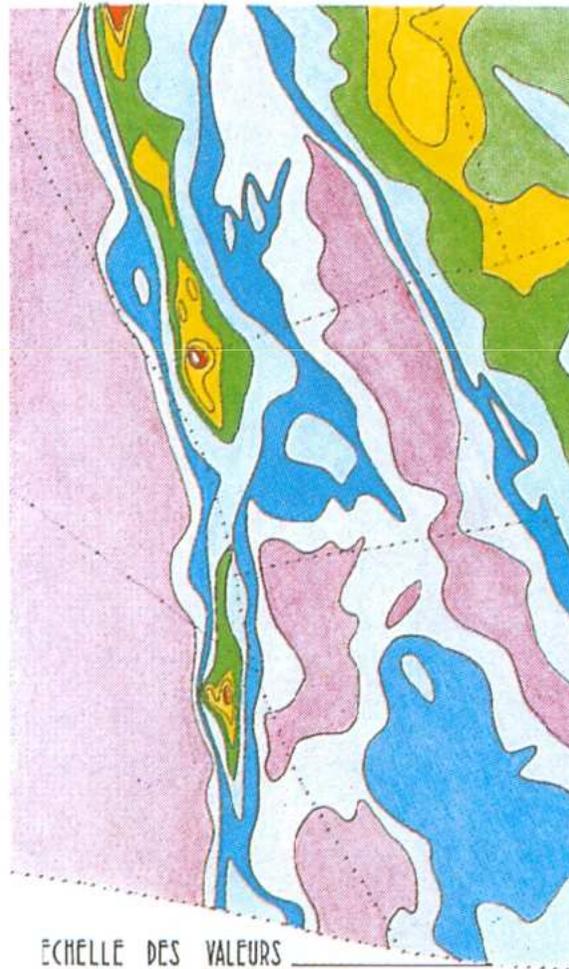
— RADIOACTIVITE —



ECHELLE DES VALEURS
(en chocs/seconde)



— GEOPHYSIQUE —



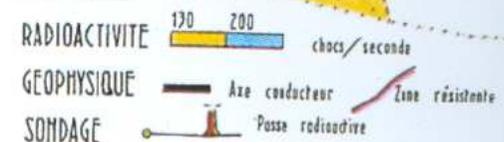
ECHELLE DES VALEURS



— SYNTHESE —



LEGENDE



Conclusions sur la prospection géophysique

Elle est de plus en plus utilisée non seulement par la recherche pétrolière, la prospection minière ou l'hydrogéologie, mais aussi dans les domaines des travaux publics, de l'archéologie et même de l'agriculture pour la reconnaissance des sols.

Grâce à l'informatique d'une part et au développement de la télédétection par satellite d'autre part, la prospection géophysique du sous-sol est en perpétuelle évolution.

Sans cesse de nouvelles méthodes apparaissent et sont expérimentées pour en déterminer l'efficacité réelle tandis que les anciennes sont constamment améliorées

**Je vous remercie
de votre attention**