

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

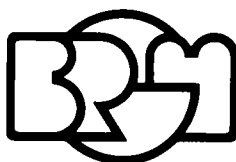
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex - Tél.: (38) 64.34.34

LES DIAGRAPHIES EN FORAGE
INITIATION AUX MÉTHODES ET AUX INTERPRÉTATIONS
APPLICATION EN GÉOTHERMIE

par

Ph. MAGET



SERVICE PUBLIC GÉOTHERMIE

A.F.M.E. - B.R.G.M.

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex - Tél.: (38) 64.34.34

Rapport du B.R.G.M.

85 SGN 034 SPG

RESUME

Dans le cadre d'un cycle de formation "Géothermie" à la faculté des Sciences d'Orsay, ainsi que dans le cadre de la Formation Professionnelle au BRGM ("Forages profonds"), le Service Public Géothermie a établi un aide-mémoire sur les diagraphies utilisées en géothermie.

Ce rapport aborde les diagraphies différées de forage et géologiques ; les autres types de diagraphies (de production, de contrôle de l'état du puits, thermiques) ont été traitées par d'autres services du BRGM (Département GTH, IMRG). Précisons qu'il ne s'agit pas d'une synthèse condensée des ouvrages classiques sur l'interprétation des diagraphies, mais d'un aide-mémoire présentant la finalité des mesures, leur principe et ce, pour les diagraphies utilisées en géothermie de basse énergie seulement.

Les diagraphies de forage sont le diamétreur, le contrôle de déviation et celui de cimentation ; ce dernier contrôle est d'une très grande importance en géothermie.

Dans les diagraphies géologiques, les plus importantes sont les diagraphies dites de porosité (sonique, neutron, densité), parallèlement au "Gamma-Ray" pour tenir compte de l'effet de l'eau liée, c'est-à-dire des argiles.

Sont enfin signalées les nouvelles diagraphies - parfois encore au stade expérimental, telle la diagraphie de perméabilité de l'IFP.

SOMMAIRE

	Page
I - GENERALITES	1
I.1 - Présentation	1
I.2 - Matériel	2
I.3 - Diagraphies et température	4
II - DIAGRAPHIES DE FORAGE	5
II.1 - Diamètreur	5
II.2 - Contrôle de cimentation	9
III - DIAGRAPHIES GEOLOGIQUES	12
III.1 - Généralités	12
III.1.1 - Types de diagraphies	12
III.1.2 - Objectifs des diagraphies géologiques	12
III.1.3 - Présentation des diagraphies	13
III.2 - Diagraphies de base	14
III.2.1 - Polarisation spontanée	14
III.2.2 - Radioactivité naturelle	14
III.3 - Diagraphies "lithologie-porosité"	20
III.3.1 - Résistivité	20
III.3.2 - Soniques	27
III.3.3 - Nucléaires	31
III.3.3.1 - Neutron	33
III.3.3.2 - Densité	36
III.4 - Diagraphies structurales	41
PRINCIPALES REFERENCES	46
RECAPITULATIFS	47

I - GENERALITES

I.1 - PRESENTATION

On appelle "diagraphie" tout enregistrement continu d'une caractéristique du sous-sol, que ce soit des formations géologiques traversées en forage, des matériaux de forage, etc...

On discerne :

- les diagraphies instantanées enregistrées pendant le forage. C'est l'avancement auquel on peut joindre les paramètres de forage (vitesse de rotation, poids sur l'outil, etc...), bref, les diagraphies de contrôle de forage.
- les diagraphies différées enregistrées après le forage et qui ont pour objectif :
 - 1 - Le contrôle technique du trou de forage et de son équipement.
 - 2 - L'exploration géologique du sous-sol et la reconnaissance des fluides en place.
 - 3 - La détermination de la productivité.
 - 4 - Le contrôle de l'état d'un puits, au cours de l'exploitation.
 - 5 - L'étude thermique du sous-sol.

Nous verrons dans ce cours les 2 premiers objectifs qui sont très liés entre eux et interviennent en même temps sur le chantier. Les autres objectifs sont traités dans des cours différents.

Les notes qui suivent ne sont pas un cours d'enseignement. Il s'agit d'un aide-mémoire à l'attention de ceux qui abordent les problèmes généraux de la géothermie, sans avoir à intervenir directement dans cette spécialité (chantier, études). Ce fascicule présente :

- la finalité des diagraphies,
- le principe des différentes mesures,
- les diagraphies actuellement utilisées en France, en géothermie.

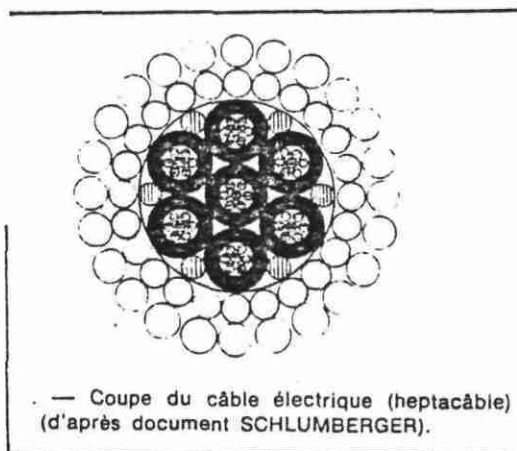
I.2 - MATERIEL

Le matériel mis en oeuvre pour les opérations de diagraphies est présenté en page 3. Les principales parties sont :

- La sonde, qui peut comprendre :
 - . un récepteur qui capte un signal émis spontanément par le terrain (exemple : radioactivité naturelle),
 - . un ensemble émetteur-récepteur, le signal pouvant être une vibration, un rayonnement, ... (exemple : Sonic, Neutron).
- Le câble

Le rôle porteur est assuré par une armure externe.

Le rôle conducteur est assuré par un ou plusieurs câbles dans la gaine porteuse (le nombre de paramètres enregistrés est limité par le nombre de conducteurs). La tension du câble, reportée sur les logs, est mesurée à la poulie.



- Le treuil, dans le camion, avec la mesure des profondeurs. Etant donné l'élasticité du câble et les différentes causes de dilatation, une correction est presque toujours nécessaire. Définie par des repères dans le trou de forage (cote sol/sabot de colonne), cette correction se fait à l'aide d'un signal émis tous les 50 mètres ou automatiquement sur les unités récentes.
- Les enregistreurs et panneaux de contrôle

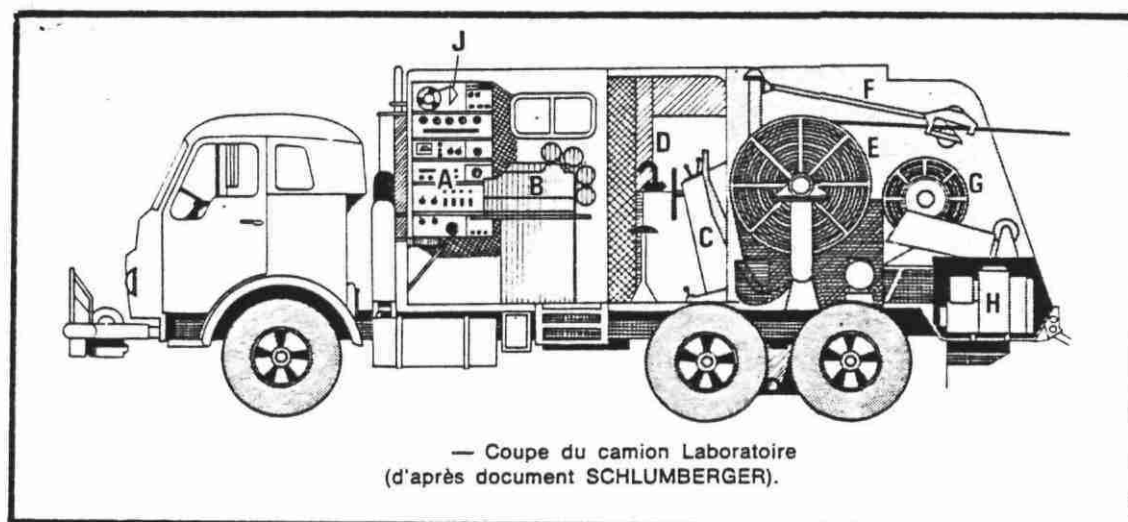
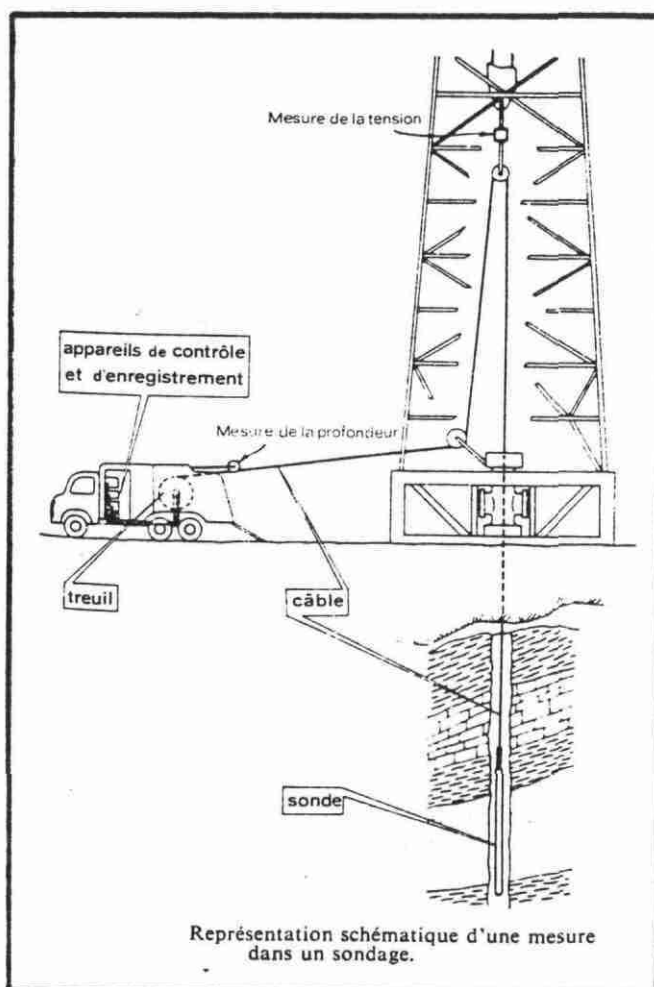
La visualisation des enregistrements se fait :

- . par "spot" galvanométrique sur les unités anciennes,
- . sur écran pour les unités actuelles C.S.U. de la Schlumberger, par exemple (Cyber Service Unit).

Les enregistrements sont effectués sur films qui sont développés dans le camion.

Sur les unités modernes, les enregistrements sont mémorisés ce qui permet n'importe quel traitement ou combinaison sur place, (exemple : changement d'échelle, correction de profondeur, combinaison de plusieurs logs n'appartenant pas à une même descente).

MATERIEL DE MISE EN OEUVRE DES DIAGRAPHIES



I.3 - DIAGRAPHIES ET TEMPERATURE

Toutes les diagraphies sont réalisées dans le trou de forage empli d'un fluide qui est, pour les diagraphies géologiques, la boue de forage.

Dans les forages profonds, le fluide peut être porté à une température élevée : près de 150° mesuré en géothermie "basse énergie" (Alsace), plus de 200° dans les forages pétroliers les plus profonds en France (région de Pau-Tarbes), mais jusqu'à plus de 400° en "haute énergie" (Italie, USA). Or le matériel d'enregistrement (électronique de la sonde, transmission du signal par le câble) ne résiste pas au-delà d'une température qui varie de 170° à 260°, suivant l'opération effectuée.

Cette contrainte n'affecte pas actuellement la géothermie de basse énergie dans les bassins sédimentaires en France ; mais il n'en est plus de même en haute énergie. Les enregistrements ne deviennent alors possibles que juste après l'injection d'un fluide refroidi en surface. On peut également retarder l'échauffement par l'emploi d'isolants. Enfin, des perspectives nouvelles sont ouvertes par l'emploi de fibres optiques pour la transmission.

II - DIAGRAPHIES DE FORAGE

II.1 - DIAMETREUR

Le diamètre du trou de forage ("Caliper") est mesuré selon deux objectifs différents :

- 1 - Seul, pour la géométrie du trou même.
- 2 - Associé à une autre diagraphie pour permettre l'interprétation de celle-ci.

Le diamétreur est composé de plusieurs patins qui s'appliquent contre la paroi du trou de forage et dont les variations de déploiement se traduisent par un signal (cf. schéma A et B, p.6).

Le diamètre du trou varie en fonction de nombreux facteurs propres au forage même, mais surtout en fonction de la lithologie (cf. schéma C, p.6).

II.1.1 - Géométrie du trou

Pour l'ingénieur de forage, c'est une diagraphie essentielle destinée à :

- . connaître le volume du trou en vue de la fabrication d'un volume déterminé de ciment,
- . déceler les niveaux qui pourraient poser des problèmes à la descente des tubes (corniches, étranglements, ...) ce qui impliquerait un "contrôle" du trou (c'est à dire repasser l'outil de forage).

Les outils utilisés sont :

- le diamétreur simple, tel le B.G.T (Borehole Geometry Tool).

Le schéma de la page 7 montre un log avec intégration des volumes (sur la colonne des profondeurs).

Il est recommandé d'associer le "Gamma-Ray" avec le B.G.T., surtout s'il n'est prévu aucune diagraphie dans cette portion du trou.

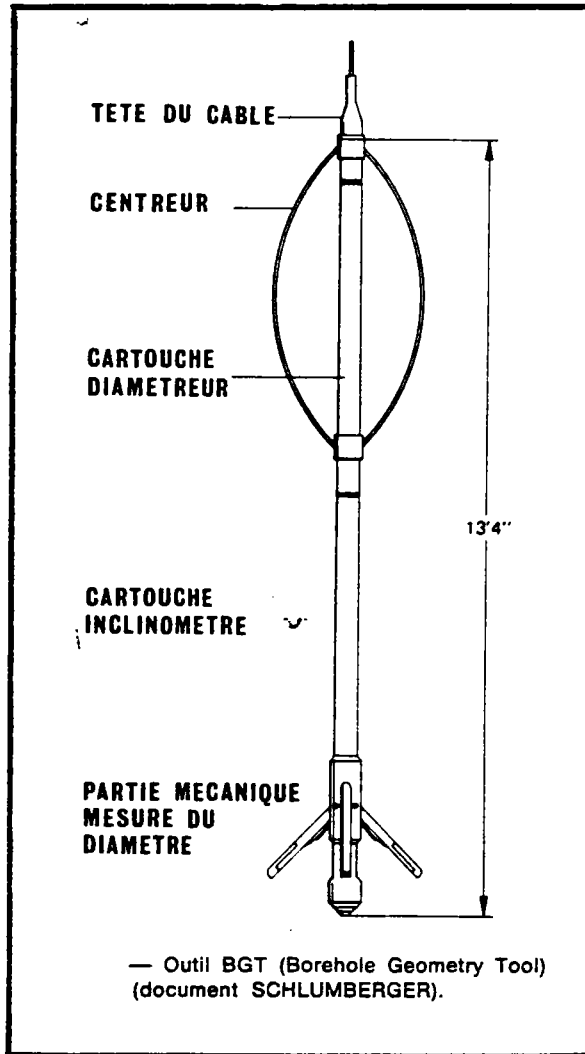
- le diamétreur avec mesure de déviation, tel que le C.D.R. (Caliper Directional Research) employé en forage dévié, cas fréquent en géothermie. En plus du diamètre du trou, cette diagraphie enregistre l'inclinaison et l'azimut du trou (cf. exemple p. 7).

II.1.2 - Diamétreur associé

De nombreuses diagraphies enregistrent les caractéristiques de la colonne de boue d'abord, du terrain ensuite, si la profondeur d'investigation est suffisamment grande ; il est alors nécessaire de faire intervenir le paramètre du diamètre qui doit donc être enregistré (cf.p. 8).

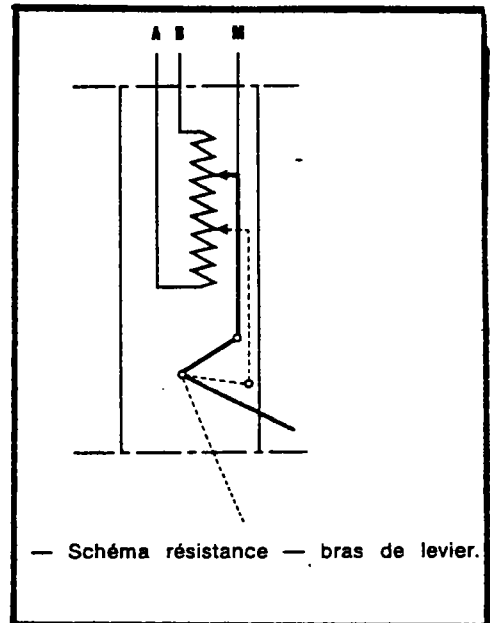
En outre, indépendamment de l'interprétation d'une diagraphie, le diamétreur donne des indications utiles sur la lithologie et sur certaines caractéristiques des roches (cf. p. 6 C).

MESURE DU DIAMÈTRE DU TROU

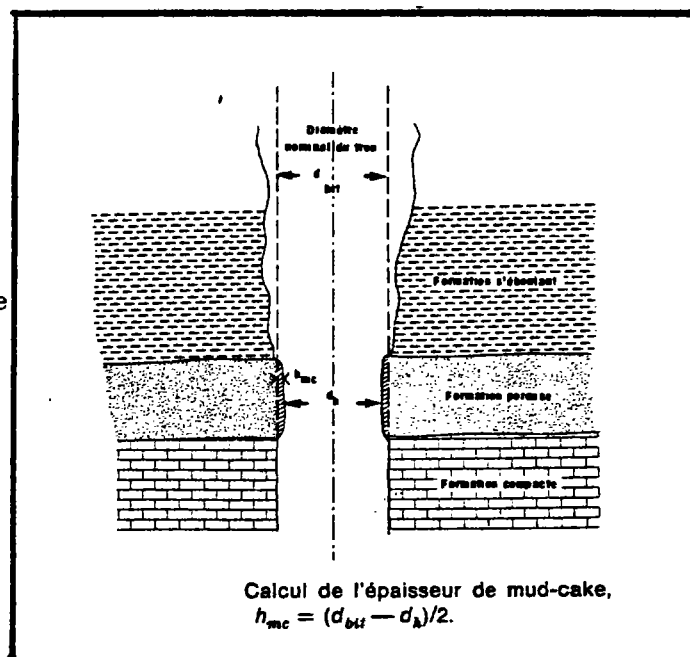


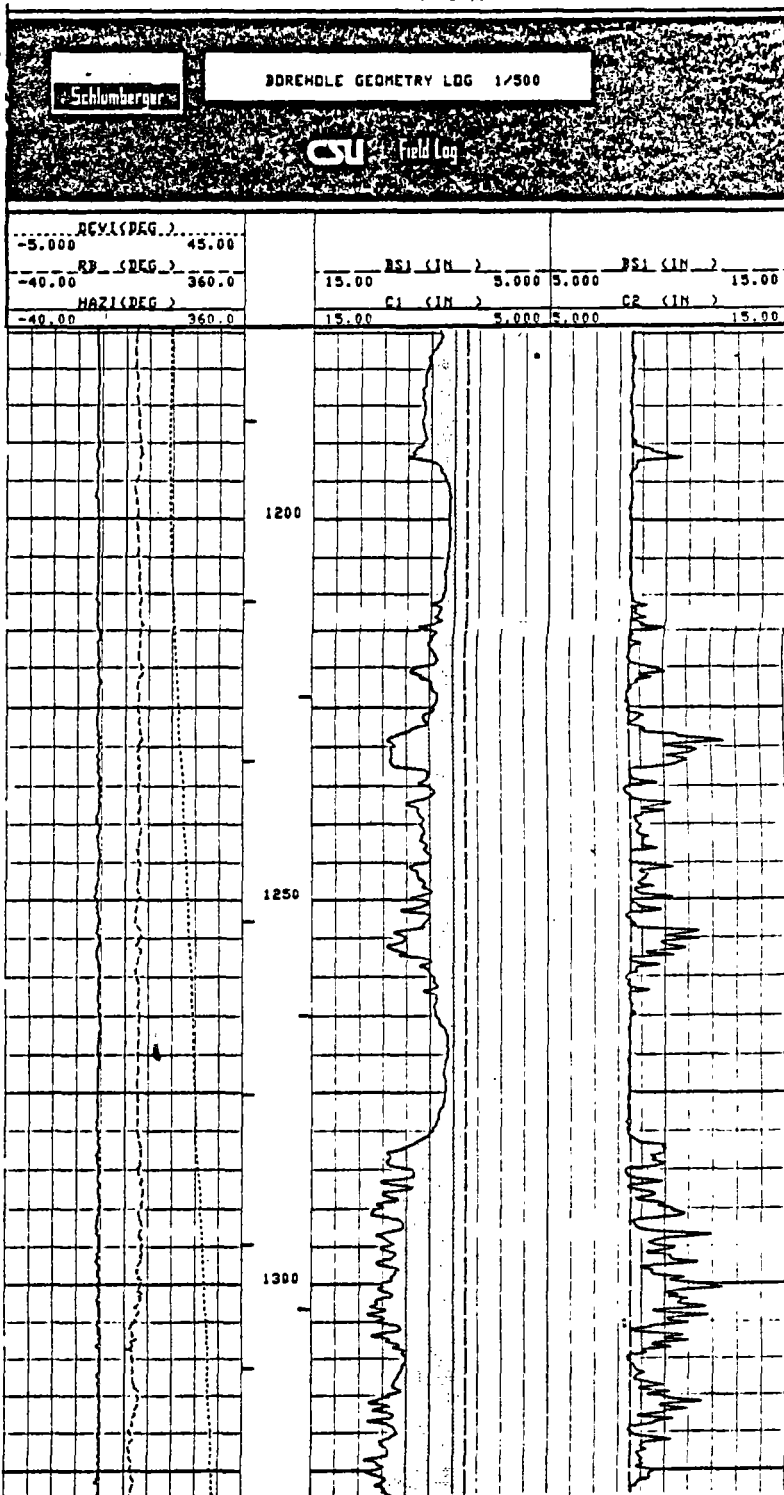
A : Schéma de la sonde

B : Principe de la mesure



C : Variation du diamètre du trou en fonction de la lithologie





DIAMETREUR (à droite)
 AVEC MESURE DE LA DEVIATION
 (à gauche)

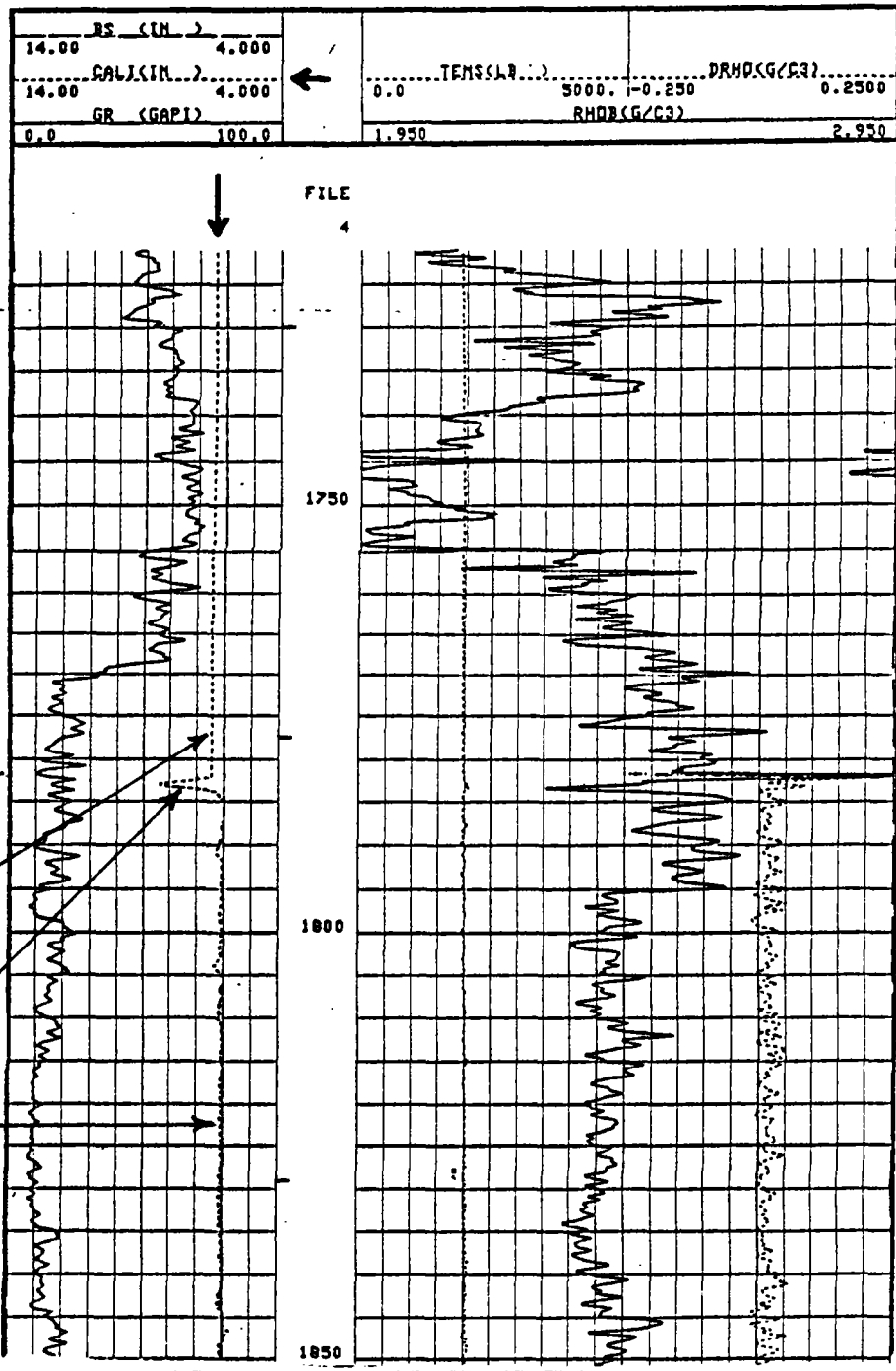
Enregistrement récent

DEVI = Inclinaison par rapport à la verticale)
) en degrés
 HAZI = azimuth)

BS = diamètre de l'outil)
) en pouces
 C = diamètre du trou)

L'intégrateur de volume est dans la colonne centrale, à gauche.

DIAMETREUR ASSOCIE
 AVEC LOG. DE DENSITE



Diamètre interne
de la colonne 7"

Cave sous le sabot
de la colonne

Diamètre de
forage 6"

II.2 - CONTROLE DE CIMENTATION

Le contrôle de la cimentation derrière une colonne est essentiel pour un forage. Une mauvaise cimentation peut en effet provoquer :

- une instabilité de la colonne. Ceci est important dans les forages géothermiques où les vitesses d'écoulement peuvent être très élevées ;
 - une circulation derrière la colonne entre deux aquifères différents, d'où une perturbation de l'hydrodynamisme, un déséquilibre physico-chimique du fluide avec la formation, ou même la pollution d'une nappe d'eau douce.
- Le C.B.L. (Cement Bond Log)

C'est une diagraphie sonore où l'on mesure l'atténuation des ondes sonores dans les tubes et le ciment. Plus exactement, elle consiste en la mesure de l'amplitude de la première arrivée de l'onde de compression (cf. page 10) émise par l'émetteur de la sonde. L'amplitude de l'onde est minimale (donc l'atténuation maximale) si une couche épaisse de ciment (1 pouce, au moins) adhère à la colonne ; elle est maximale si la colonne est libre.

Le CBL est cependant difficile à interpréter : l'expérience a montré qu'un très léger décollement entre le tube et le ciment donne la même réponse qu'une absence totale de ciment.

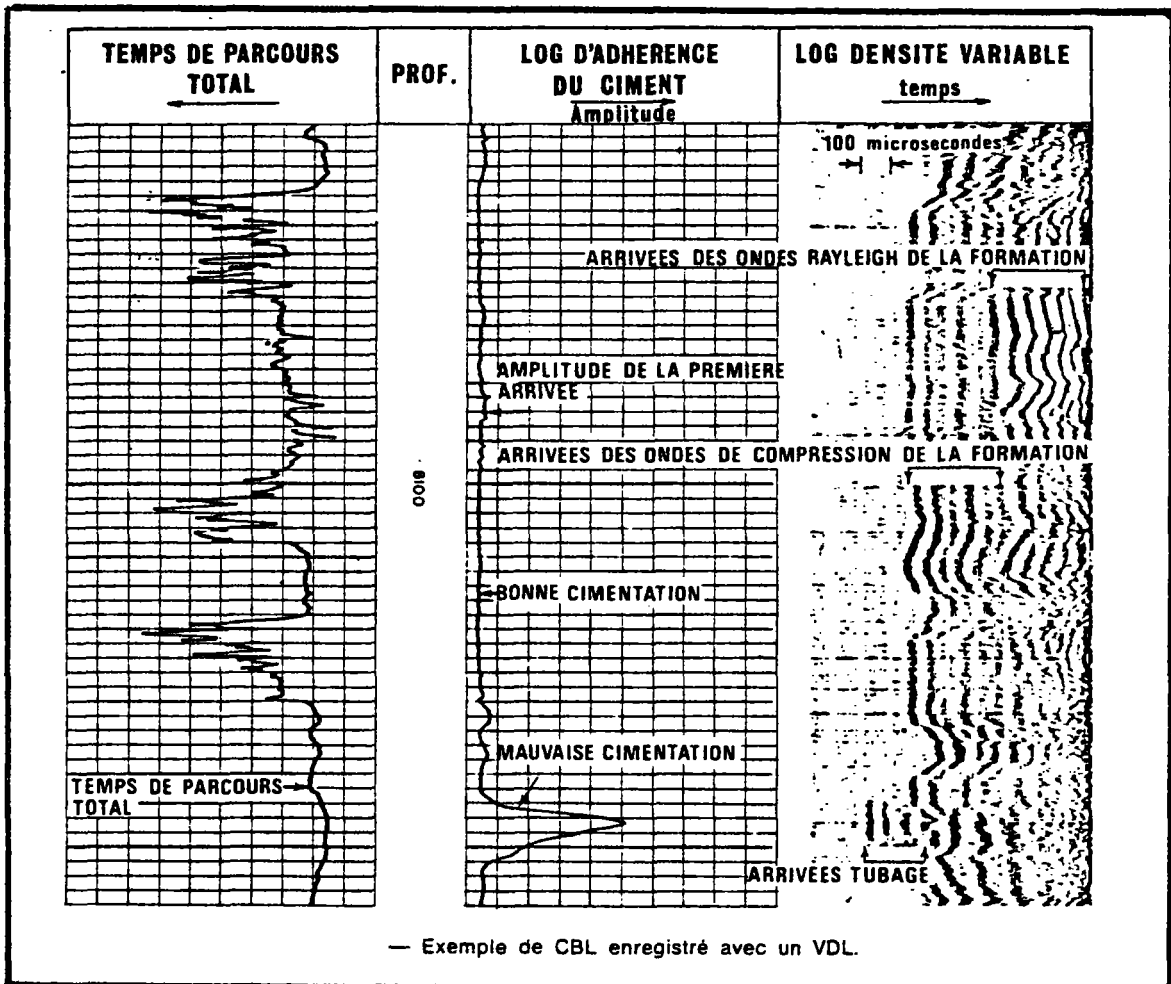
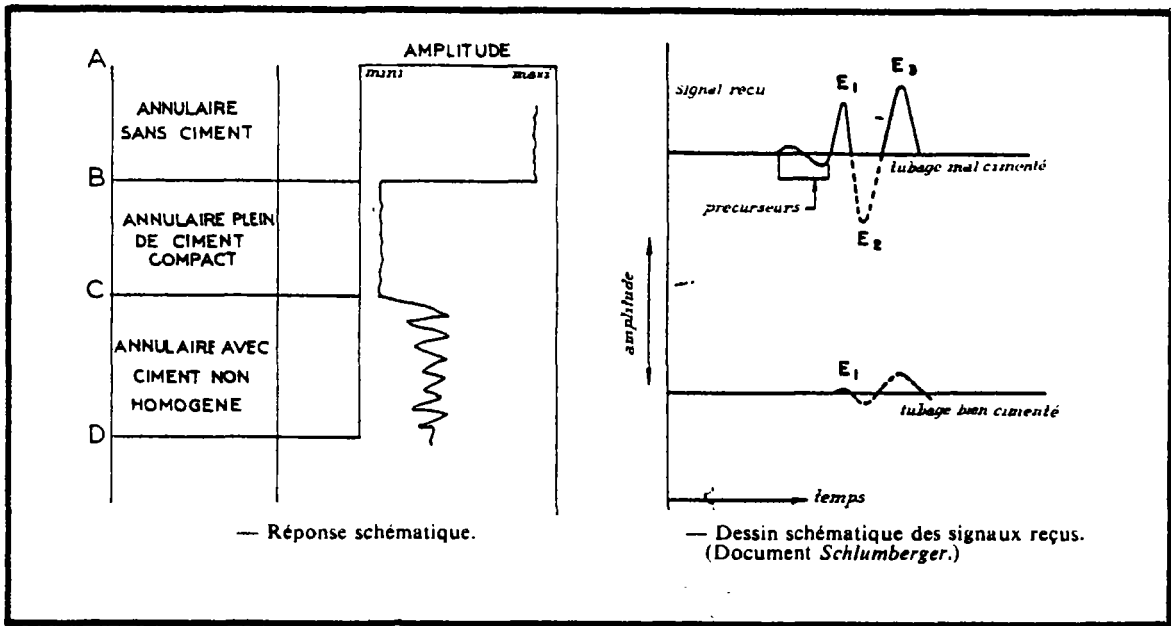
- Thermométrie

Le principe se base sur la réaction exothermique de la prise du ciment. Le "top" du ciment apparaît donc par un brusque décrochement de la courbe (cf. p. 11).

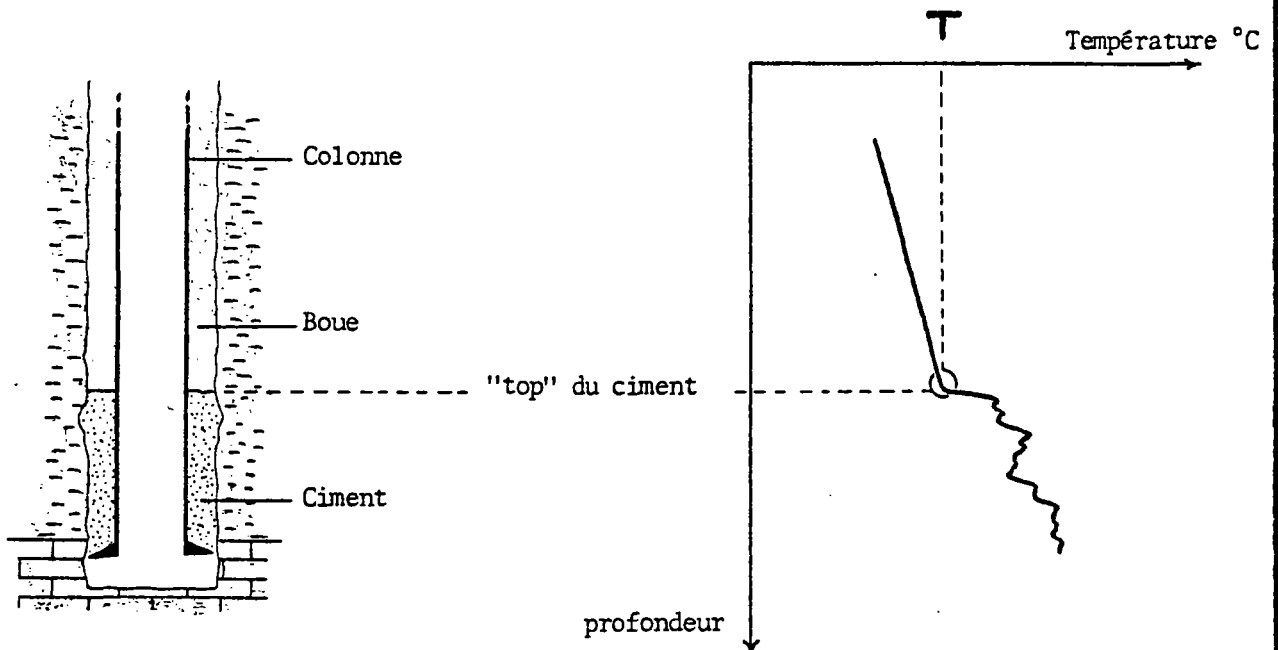
Cette diagraphie doit être réalisée entre 10 et 24 h. après l'injection de ciment, ce qui constitue une contrainte. Elle est encore parfois employée en raison de son coût beaucoup plus réduit que le C.B.L.

- D'autres diagraphies plus performantes sont en cours de préparation, telle le CET-X (Cement Evaluation Tool) de Schlumberger, dérivé du CBL.

C. B. L. Cement Bond Log



THERMOMETRIE DE CIMENTATION



III - DIAGRAPHIES GEOLOGIQUES

III.1 - GENERALITES

III.1.1 - Types de diagraphies

On peut discerner 3 grands groupes de diagraphies :

- électriques et électromagnétiques,
- soniques,
- nucléaires.

Enfin, pour des utilisations très particulières, citons les diagraphies "visuelles" : prise d'empreintes, caméra.

III.1.2 - Objectifs des diagraphies géologiques

- Etablissement de corrélations entre forages, dans des études, à partir de diagraphies faisant ressortir le plus clairement possible les contrastes lithologiques. Purement qualitative, cette utilisation ne sera pas développée ici.
- Détermination des limites lithologiques dans un forage. La coupe géologique d'un forage - qui commande tout l'équipement du puits (pose des colonnes et des éléments de captages) ne peut se baser uniquement sur l'analyse des déblais ("cuttings") en raison des nombreux facteurs qui perturbent leur remontée dans la boue de forage ; l'imprécision peut dépasser 10 m. Les diagraphies sont alors utilisées à la fin de chaque phase de forage et avant toute pose d'équipement pour déterminer exactement les cotes à respecter. Pour ceci, on choisira les diagraphies à haut pouvoir de résolution.
- Caractérisation des formations géologiques

Une formation géologique comprend :

roche + eau

La lithologie peut être connue par l'analyse des déblais ou carottes ou par l'interprétation de plusieurs diagraphies combinées au niveau de formations compactes, exemptes d'eau.

Les diagraphies peuvent alors ensuite être utilisées pour le calcul de la porosité. C'est notre objectif principal en géothermie.

Cependant, ces diagraphies indiquent d'une façon générale la présence d'eau, qu'elle soit libre (formations poreuses) ou qu'elle soit liée (argile), indistinctement. Cette ambiguïté est levée à l'aide de certaines diagraphies dites "d'argilosité".

Donc, dans nos interprétations pour la recherche des aquifères, il y aura double opération :

1° : détermination de l'argilosité

2° : calcul de la porosité

Notons qu'en géothermie, la porosité intervient :

- . sur le plan thermique (capacité calorifique de la ressource et calcul des transferts thermiques dans un "doublet"),
- . sur le plan hydrogéologique.

En fait, en hydrogéologie, la caractéristique fondamentale n'est pas la porosité, mais la perméabilité. Or ce paramètre n'est pas directement approchable et sa détermination reste encore un mythe. Les énormes progrès réalisés depuis peu (digitalisation, traitements informatiques...) laissent espérer toutefois une amélioration dans ce sens*.

- Caractérisation du fluide

Les différentes diagraphies, parmi les 3 grands types, réagissent différemment suivant la nature du fluide. Essentiel dans la recherche d'hydrocarbures (différenciation eau/huile/gaz), cet objectif ne sera pas considéré ici, où les "réservoirs" sont déjà reconnus comme aquifères.

La salinité est cependant un paramètre important. On utilisera pour cela les diagraphies électriques dites de résistivité. Cette recherche intervient cependant peu en géothermie, aussi bien pour les études régionales que pour les opérations, où l'on se base sur les analyses effectuées sur des échantillons prélevés dans les forages.

- Etude structurale des formations (pendage, fracturation), à partir des 3 grands types de diagraphies pré-cités et, plus exceptionnellement, à partir des opérations "visuelles".

III.1.3 - Présentation des diagraphies

Les chapitres qui suivent présentent les principales diagraphies utilisées en géothermie, en tenant compte de la double démarche décrite précédemment :

- 1) pour l'argilosité : - la polarisation spontanée
- la radioactivité naturelle

ce sont les diagraphies de base, dites passives : elles enregistrent un signal naturel du terrain.

- 2) pour la lithologie et la porosité, les diagraphies : - électriques,
- soniques,
- nucléaires.

Ici, il y a émission d'un signal et l'on enregistre la réaction du terrain.

- 3) pour l'étude structurale des formations (pendage, fractures) : on utilise une des caractéristiques des diagraphies précédentes ou des méthodes visuelles.

* tel le "darcy-log" dont on parlera plus loin (cf. ch. III.3.2)

III.2 - DIAGRAPHIES DE BASE

III.2.1 - Polarisation spontanée (P.S.)

- Principe

La polarisation spontanée est la différence de potentiel électrique continu entre une électrode fixe en surface et une électrode dans la sonde qui se déplace dans le trou de forage. Elle est mesurée en millivolts (cf. p. 16).

Ce potentiel est dû à la différence de salinité entre l'eau interstitielle et le filtrat de la boue. Il apparaît naturellement au droit de couches poreuses et perméables.

- Utilisation

Les principales utilisations de la P.S. sont :

- la détection des zones perméables: au droit des couches poreuses et perméables, on observe généralement une déflexion qui est mesurée à partir de la "ligne de base des argiles" (cf. exemple p. 17).

Cependant plusieurs facteurs perturbent cet enregistrement (salinité relative de la boue de forage, ...); dans de trop nombreux cas, cette diagraphe est peu fiable, voire inutilisable.

- Détermination de l'argilosité :

$$= 1 - \frac{\text{PSP (lu)}}{\text{SSP (max)}}$$

La P.S. n'est cependant plus guère utilisée, de nombreuses autres diagraphies étant plus performantes et moins trompeuses. En particulier, l'argilosité se calculera à partir du "Gamma-Ray".

III.2.2 - Radioactivité naturelle ("Gamma-Ray")

- Principe

Les rayons Gamma sont des photons de haute énergie de rayonnement électromagnétique. Ils ont donc un caractère ondulatoire comme les radiations lumineuses ou les rayons X.

Les rayons Gamma sont émis spontanément par les éléments radioactifs des roches. Dans les formations sédimentaires les plus courantes, ces éléments sont le Potassium 40, lequel est fixé par les argiles, les éléments de la famille de l'Uranium et ceux du Thorium que l'on trouve dans le granite ou dans les gisements sédimentaires (grès).

Le rayonnement "Gamma" (ou "Gamma-Ray", abrégé en G.R.) se mesure à l'aide d'un compteur à scintillation placé dans la sonde (cf. schéma A, p. 18). La mesure n'est pas stable, sachant que le phénomène d'émission est variable dans le temps ; on ne mesure qu'une intensité moyenne sur un temps "assez long" ; le schéma B montre ce que serait un enregistrement infiniment lent. De ce fait, la diagraphie du "Gamma-Ray" est une opération assez longue et l'enregistrement présente des fluctuations statistiques (cf. p. 19).

L'unité utilisée est l'unité API qui correspond à 1/200 de la déflexion d'une sonde entre deux formations étalons d'un puits artificiel à Houston (U.S.A). Les correspondances avec les autres unités classiques sont reportées sur le tableau C, p. 18.

- Utilisation

Le G.R. est essentiellement utilisé pour la détermination des bancs argileux et pour le calcul de l'argilosité d'un réservoir. Il est associé à toute diagraphie de porosité.

Un exemple d'enregistrement figure p. 19.

Le calcul de l'argilosité se base sur les lignes de base "0 % d'argile" (G.R. min.) et de l'argilite (G.R. max.) :

$$= \frac{\text{G.R.}_{lu} - \text{G.R.}_{min.}}{\text{G.R.}_{max} - \text{G.R.}_{min}}$$

Cette diagraphie est maintenant d'un emploi systématique et a pris un rôle "fondamental" ; elle est utilisée pour :

- le calage des profondeurs lors d'une opération,
- les études de corrélations.

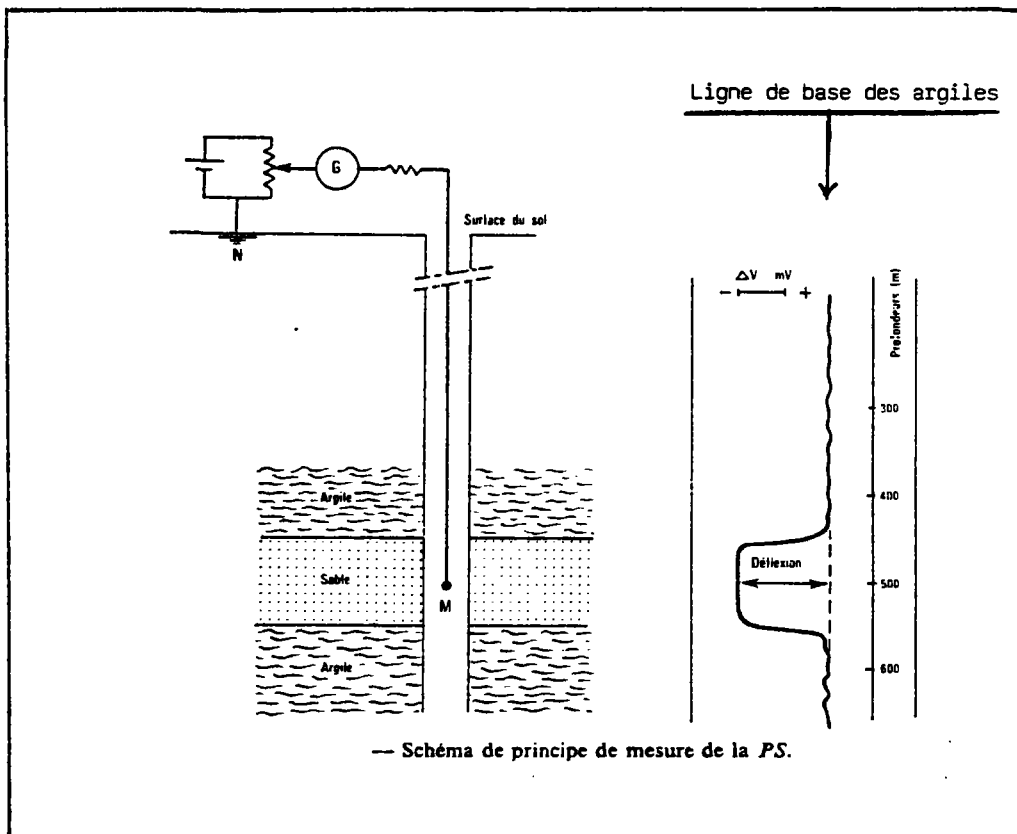
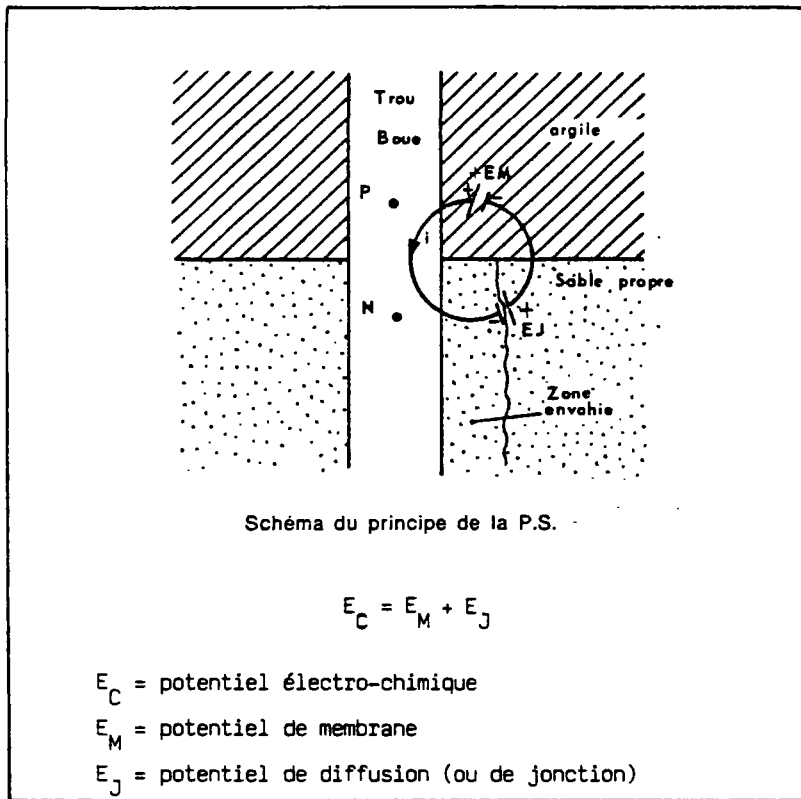
Remarque :

- . comme toute diagraphie nucléaire, le G.R. peut être effectué en trou tubé,
- . le G.R. ne marque plus au-delà d'un diamètre de 13 à 17".

Dans cette catégorie de diagraphies, citons la "Spectrométrie du rayonnement gamma naturel"(NGT).

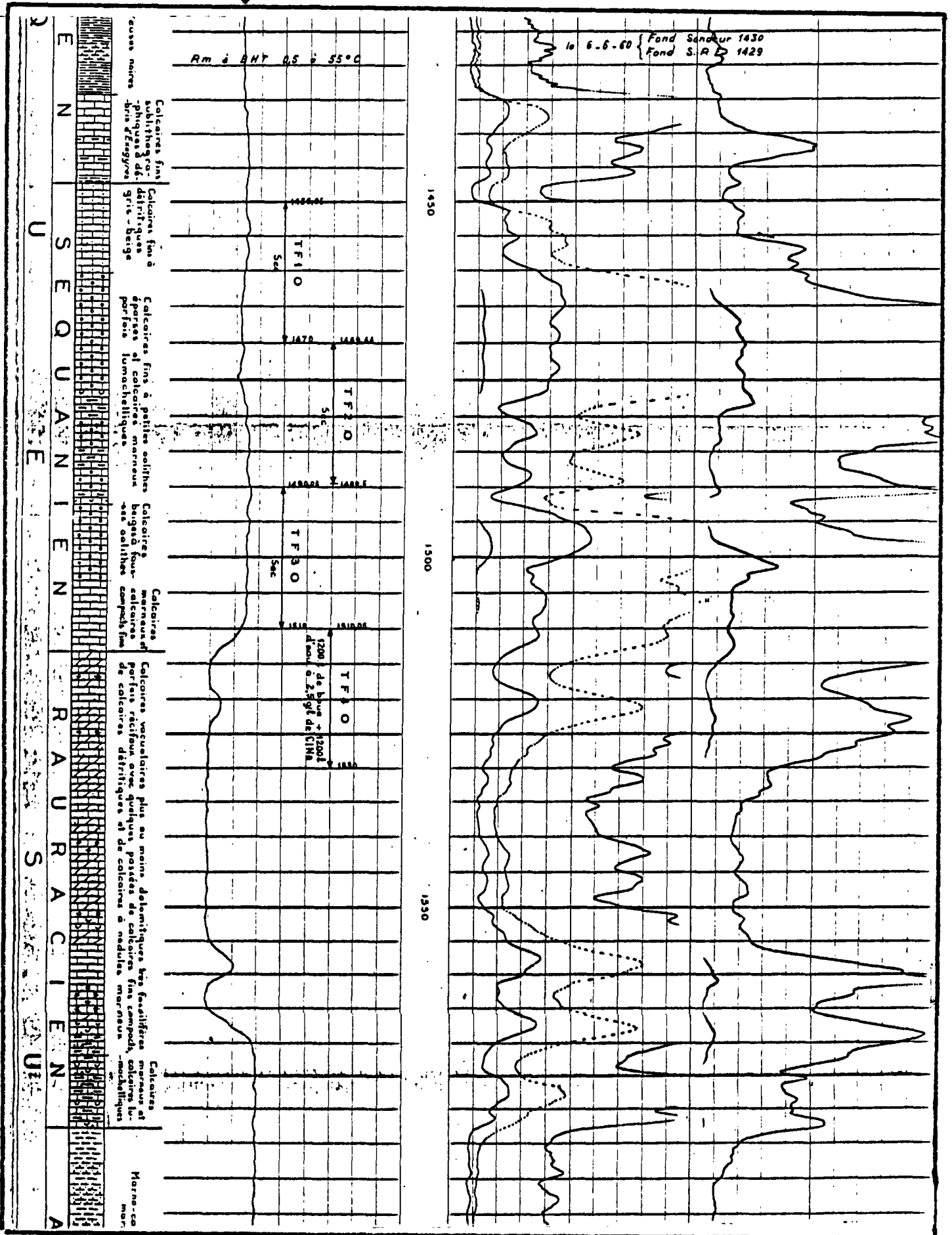
Alors que le G.R. enregistre la radioactivité globale des formations, cette diagraphie fait apparaître le spectre d'énergie des rayons des éléments radioactifs. En utilisant des "fenêtres d'énergie", on identifie et on calcule les concentrations de chacun de ces éléments.

POTENTIEL SPONTANÉ – P.S.

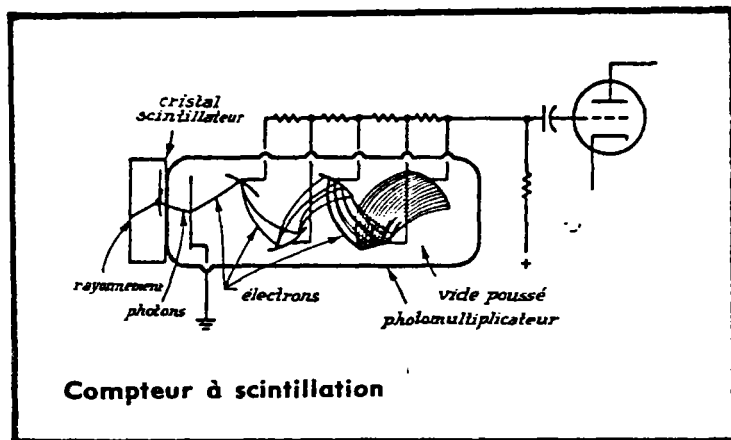


P.S. marquant les couches poreuses
(Lusitanien - Bassin Parisien)

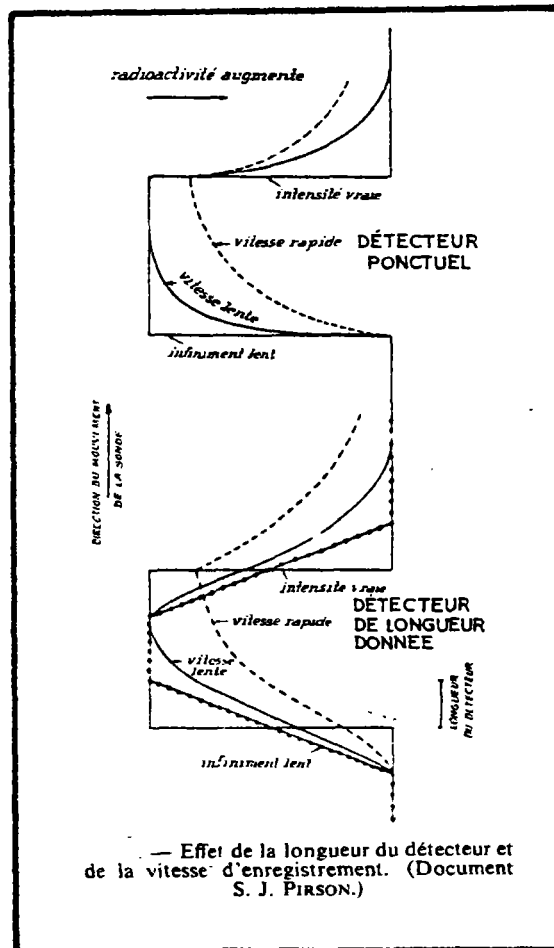
P.S.
↓



DIAGRAPHIE DE RAYONS GAMMA NATURELS



A



C

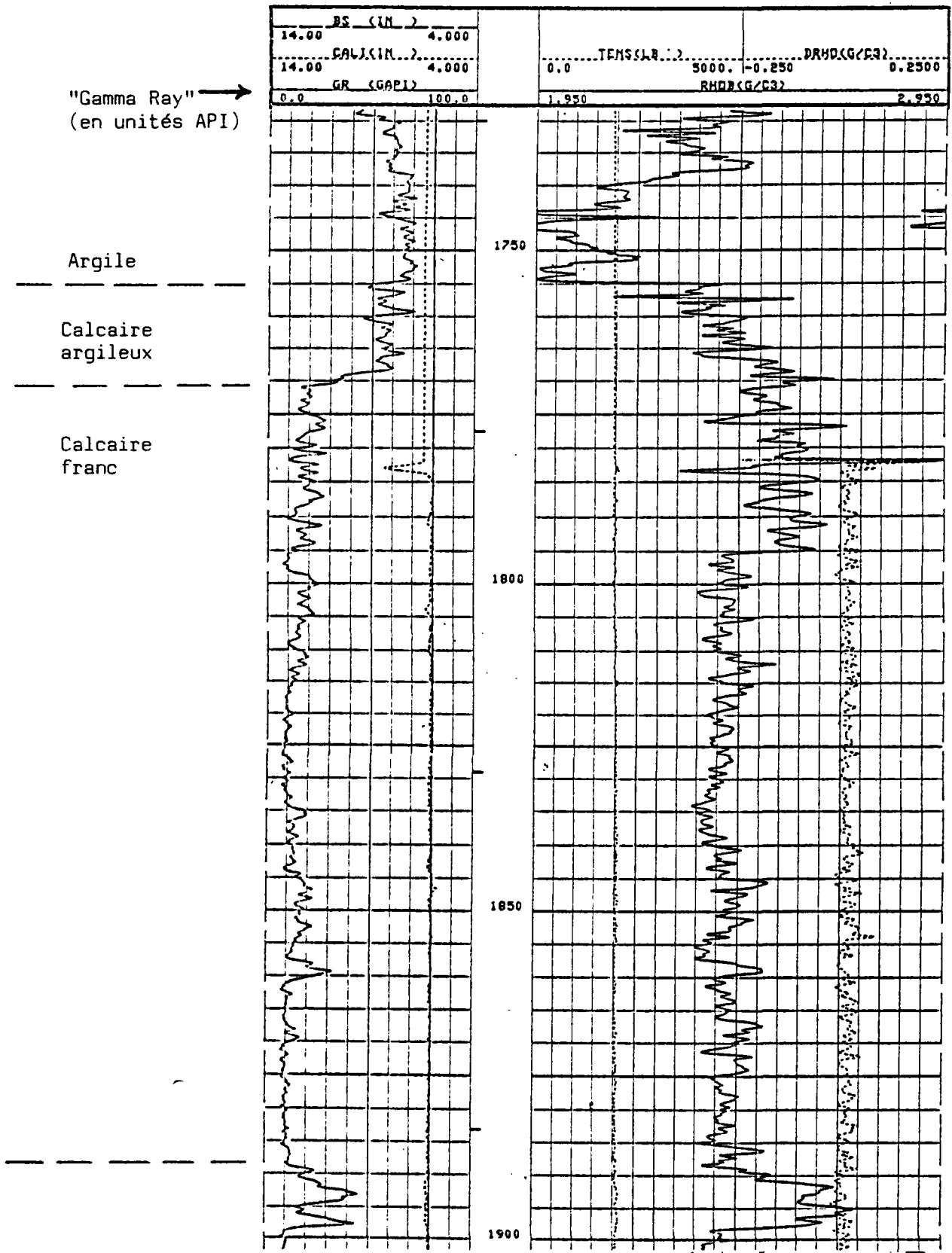
CORRESPONDANCE DES UNITÉS

UNITÉS UTILISÉES PAR LES COMPAGNIES DE SERVICE	UNITÉS A.P.I.
Un microgramme Ra eq/t	16,5 ⁽¹⁾
Une unité de radiation (<i>Lane-Wells</i> -scintillateur)	2,16
Un microroentgen/h (<i>P.G.A.C.</i> -scintillateur)	15,0
Un microroentgen/h (<i>McCullough</i>)	10,4

⁽¹⁾ La sonde GNT-J, K de rayons gamma donne 11,7 A.P.I./ μ g Ra eq/t.

EXEMPLE DE "GAMMA RAY"

(Sommet du réservoir calcaire du Dogger dans le Bassin Parisien)



III.3 - DIAGRAPHIES "LITHOLOGIE -POROSITE"

III.3.1 - Diagraphies de résistivité

La résistivité est une caractéristique de la lithologie et du fluide contenu qui a été utilisée dès le début des sondages diagraphiques vers 1926. Par exemple, elle permet de différencier nettement les argiles conductrices des calcaires résistants. Ceci explique son utilisation très large jusqu'à une époque récente.

- Principe

Une source émet un courant électrique et un récepteur enregistre les réactions du terrain (cf. schéma A, p. 23). La disposition des électrodes varie selon le type de sonde choisie en fonction du but recherché (cf. schéma B).

Dans ce grand groupe de diagraphies on peut classer celle où le signal n'est plus un courant électrique mais un champ électromagnétique qui crée un courant induit ; c'est la sonde à induction (Inductolog : IL).

Les sondes électriques sont classées selon deux critères :

a - la profondeur d'investigation :

Plus la distance des électrodes est grande, plus la profondeur d'investigation est grande. On distingue donc les macro-dispositifs et les micro-dispositifs.

Notons que la profondeur d'investigation est, approximativement, égale au double de l'espacement des électrodes ("spacing").

b - la focalisation :

Un dispositif oblige le courant à pénétrer dans la formation suivant un fin pinceau de lignes de courant ; les réponses sont beaucoup moins influencées par la colonne de boue.

Les sondes focalisées ont un pouvoir de résolution verticale plus élevé, d'où leur utilisation pour les couches minces. On retrouve dans les deux groupes précédents les sondes focalisées ou non focalisées.

Les diagraphies de résistivité les plus courantes sont présentées dans le tableau qui suit :

Macro-dispositifs	<p><u>Non focalisés :</u></p> <p><u>Normales</u></p> <p>Grande Normale 84" Petites Normales 16"</p> <p><u>Latérales (ou inverses)</u> (cf. p. 23 et 24)</p>	<p><u>Focalisés :</u></p> <p>Induction log</p> <p>Latérologs : LL.3, LL. 7, DLL (cf. exemple p. 26)</p>
Micro-dispositifs	Microlog	<p>Proximity log Microlaterolog Micro SFL (cf. p. 25 et 26)</p>

- Utilisation

- . Définition lithologique des terrains, par la connaissance de la résistivité vraie (la Grande Normale est la diagraphe la mieux appropriée en raison de sa profondeur d'investigation). Cette méthode est cependant peu précise.
- . La différenciation lithologique par contraste de résistivité est simple, de même la détection des réservoirs à eau salée (cf. exemple p. 24 et 26). Cet emploi fut très répandu jadis, d'où la représentation fréquente de cette diagraphe sur les "logs fondamentaux".

Les diagraphies de micro-résistivité focalisées, à haut pouvoir de résolution, permettent une très bonne définition des interfaces dans les couches minces (comparer les exemples des pages 24 et 26 pour une même formation géologique).

- . L'étude des réservoirs par la combinaison de plusieurs diagraphies focalisées est effectuée essentiellement en recherche pétrolière.

Signalons pour mémoire le calcul de la porosité par la détermination du "facteur de formation". Cette méthode est cependant peu précise et ne sera pas traitée ici.

. Autres utilisations :

- caractéristiques du fluide (salinité),
- pendagemétrie (cf. ch. III.4).

- Remarques

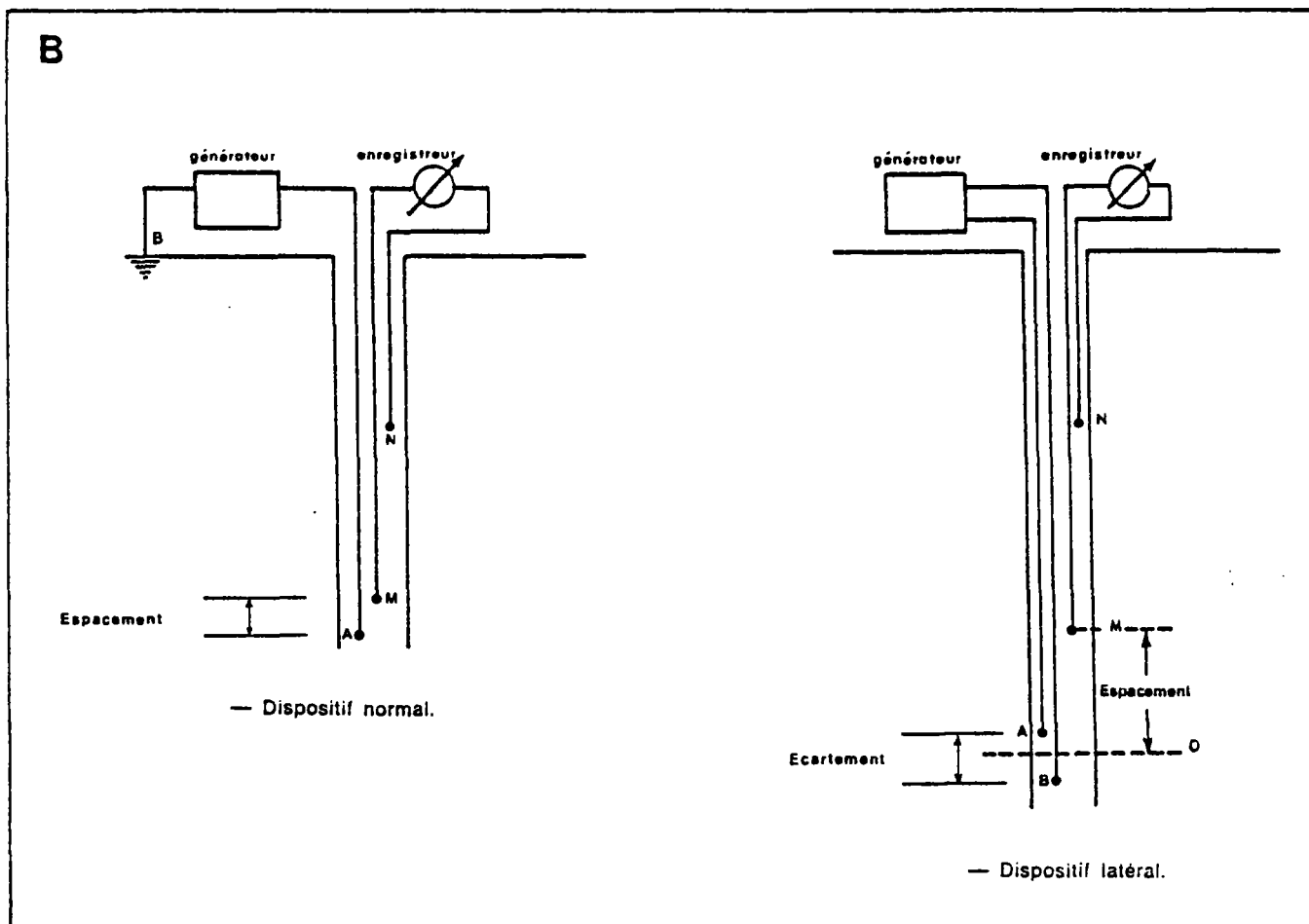
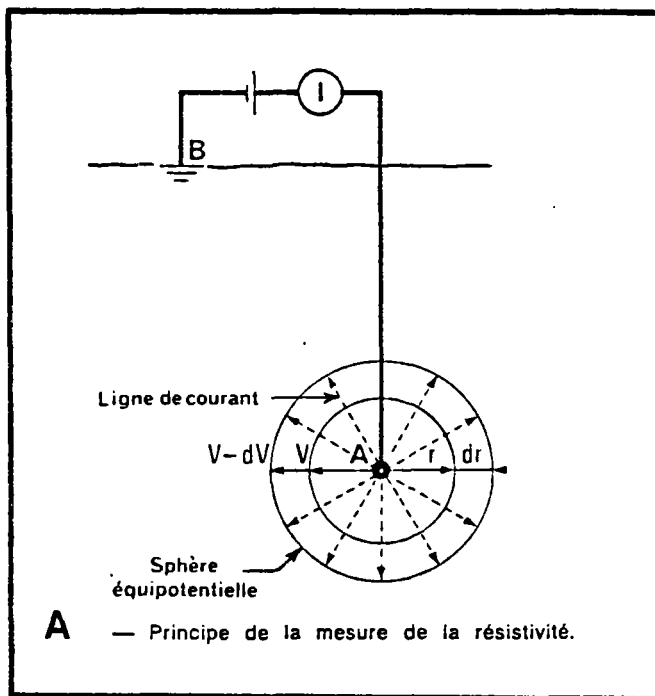
L'interprétation des diagraphies électriques nécessite la connaissance des paramètres de la boue :

- . résistivité du filtrat et du "cake",
- . température de la boue dans le forage (B.M.T.).

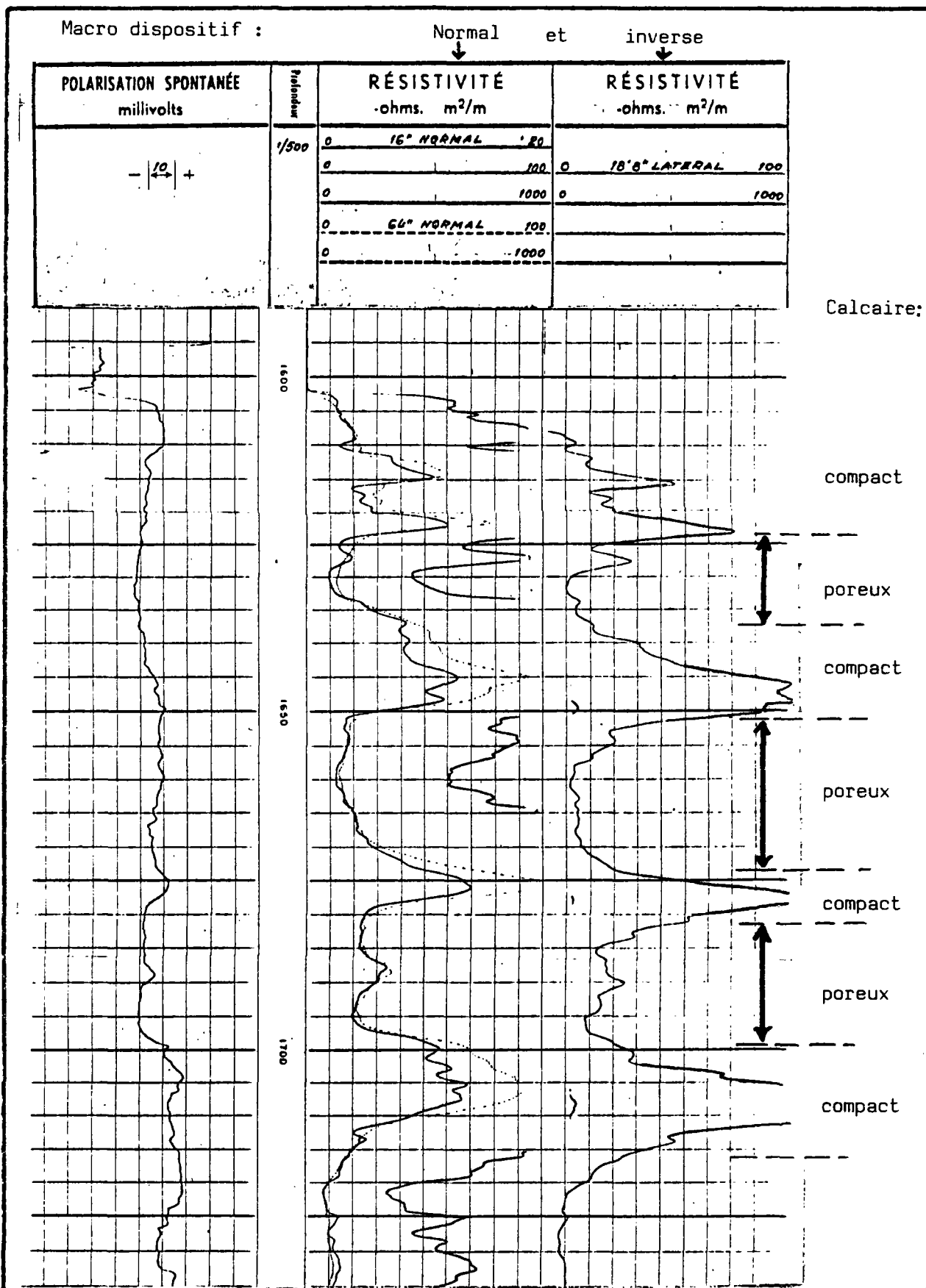
- Conclusion

Les diagraphies électriques ont perdu beaucoup de leur importance pour l'identification des formations et pour le calcul de la porosité, les autres types de diagraphies (nucléaires surtout) étant beaucoup plus performantes.

RÉSISTIVITÉ



RÉSISTIVITÉ

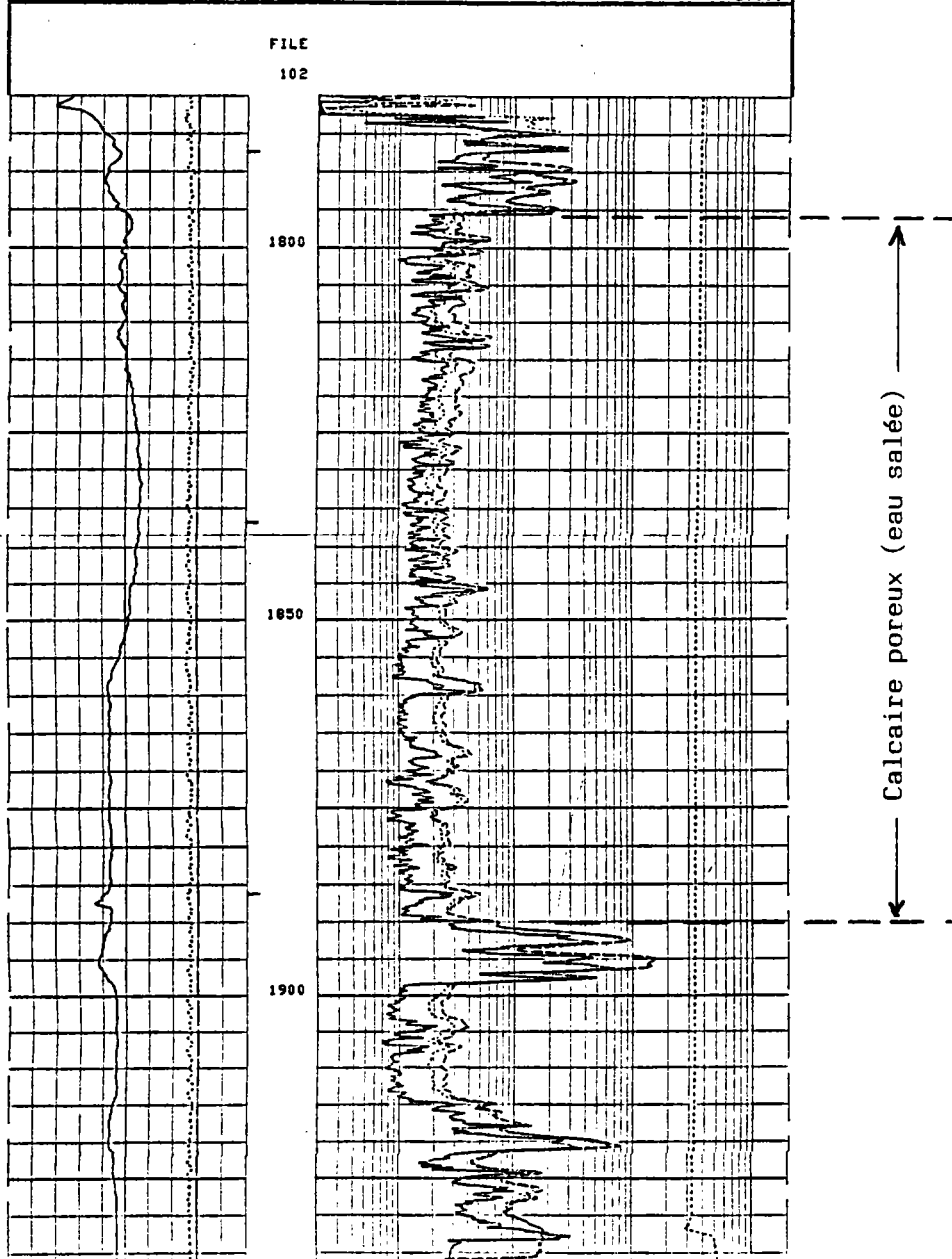


Exemple : partie supérieure du Dogger calcaire dans le Bassin Parisien renfermant de l'eau salée.

DOUBLE LATEROLOG MICROLOG A FOCALISATION SPHERIQUE

(Dual Laterolog - Micro SFL : DLL-MSFL)

	LLS (QMM)	20000	TENS(LR...)
BS (IM)	LLD (QMM)	20000 15000	0.0
14.00	MSFL (QMM)		
CALIS(LH...)	0.2000		2000.
14.00	LLS (QMM)		2000.
SP (MV)	LLD (QMM)		2000.
-80.00	0.2000		2000.



Exemple : Partie supérieure du Dogger calcaire dans le Bassin Parisien

MSFL : Microlog focalisé (Spherically Focused Log)

LLS : Laterolog "shallow"

LLD : Laterolog "deep"

III.3.2 - Diagraphie sonique

Ce sont les diagraphies qui enregistrent un paramètre lié à un train d'onde dans la formation.

Ces paramètres sont :

- la vitesse de propagation du train d'onde "Sonic" (diagraphie de porosité),
- l'amplitude d'une oscillation C.B.L. (diagraphie d'adhérence du ciment),
- position de l'oscillation V.D.L. (détection des fractures).

Nous présentons ci-après la diagraphie géologique : le "Sonic".

- Principe

Une impulsion électrique à fréquence déterminée est émise de la sonde (cf. p. 29.A). Le signal reçu se compose d'une onde de compression (ou P) et d'une onde transversale (ou S). La mesure des temps de trajet s'effectue sur les ondes qui sont les plus rapides.

La vitesse de propagation est liée à la densité de la roche ; elle peut donc se rapporter à la lithologie (cf. p. 29.B).

La mesure est très influencée par la géométrie du trou, d'où l'utilisation de la sonde à deux récepteurs : le Sonic compensé (B.H.C. = Bore Hole Compensated). Un exemple est donné p. 30.

- Utilisation

. Détermination de la lithologie

Elle est basée sur la vitesse de propagation dans une formation de densité donnée (cf. tableau précédent), à condition que la roche soit compacte. La vitesse de propagation varie cependant avec la pression du milieu, d'où une imprécision.

. Calcul de la porosité

Le temps de parcours sonique est la moyenne dans la matrice et dans le fluide qui emplit les pores, soit :

$$\Delta t_{lu} = \phi \Delta t_{fluide} + (1 - \phi) \Delta t_{matrice}$$

$$\text{d'où : } \phi = \frac{\Delta t_{lu} - \Delta t_{matrice}}{\Delta t_{fluide} - \Delta t_{matrice}}$$

L'interprétation se fait à l'aide d'abaques (cf. p. 29. C).

Pour les formations non consolidées (sable, ...), où l'influence de la pression est grande, l'interprétation se fait à l'aide de courbes différentes dont le choix dépend de l'expérience régionale ; l'emploi du Sonic est donc délicat dans ce cas présent, voire peu précis.

. Calage sismique

- . C.V.L. (Continuous Velocity Log)
Le temps de parcours peut être intégré et l'on obtient sur le log la courbe des temps de propagation en fonction de la profondeur, parallèlement au sonic proprement dit. Cependant, le BHC utilisé doit avoir un grand pouvoir d'investigation pour être représentatif de la zone vierge (grand espacement -"spacing"- des récepteurs) ;
- . Sismo-sondage : on peut classer ici l'enregistrement des temps de parcours dans le trou de forage de l'onde émise à partir de la surface au voisinage du forage.

. Indice de perméabilité

Cette utilisation est basée sur l'atténuation des ondes acoustiques (cf. ch. II.2). Des études fondamentales ont montré que l'accroissement de l'atténuation avec la fréquence est d'autant plus élevé que la perméabilité est grande et que le début du signal réagit fortement à cette atténuation différentielle (1).

Le "Darcy log" mesure en fait l'amplitude des 3 premières ondes P (a_1 , a_2 et a_3) et l'on calcule l'indice

$$I_c = \frac{a_2 + a_3}{a_1} \quad \text{lequel est en relation avec la perméabilité } K :$$

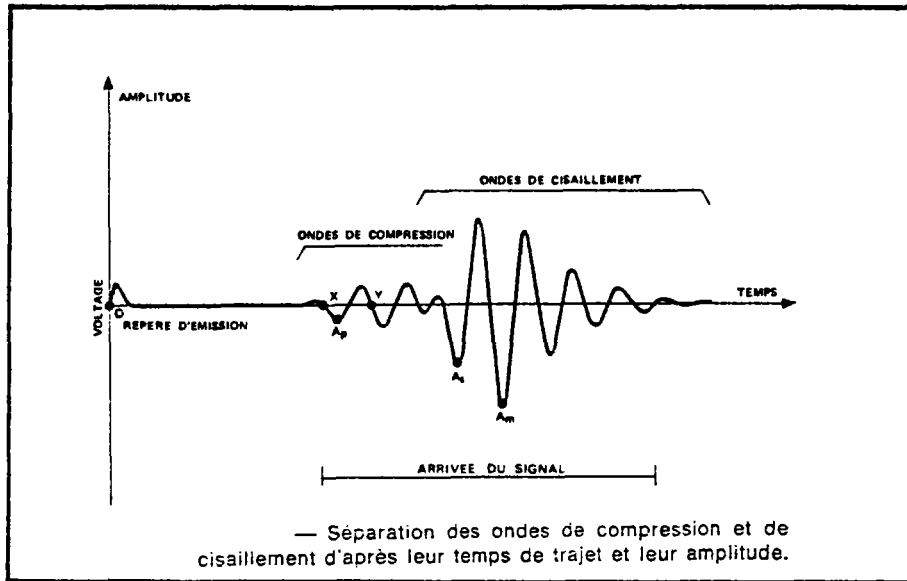
$$I_c = A \log \frac{K}{\mu} + B$$

A et B étant des constantes dépendant de l'appareillage. La conversion de I_c en perméabilité exige au moins 2 mesures directes de la perméabilité.

Cette méthode en est encore au stade expérimental (2).

(1) Etudes de l'IFP (F. Lebreton) (cf. Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'ingénieur, n°26-27, Paris-1983).

(2) Travaux réalisés avec l'IMRG (Institut Mixte de Recherches Géothermiques) sur plusieurs forages géothermiques.



A

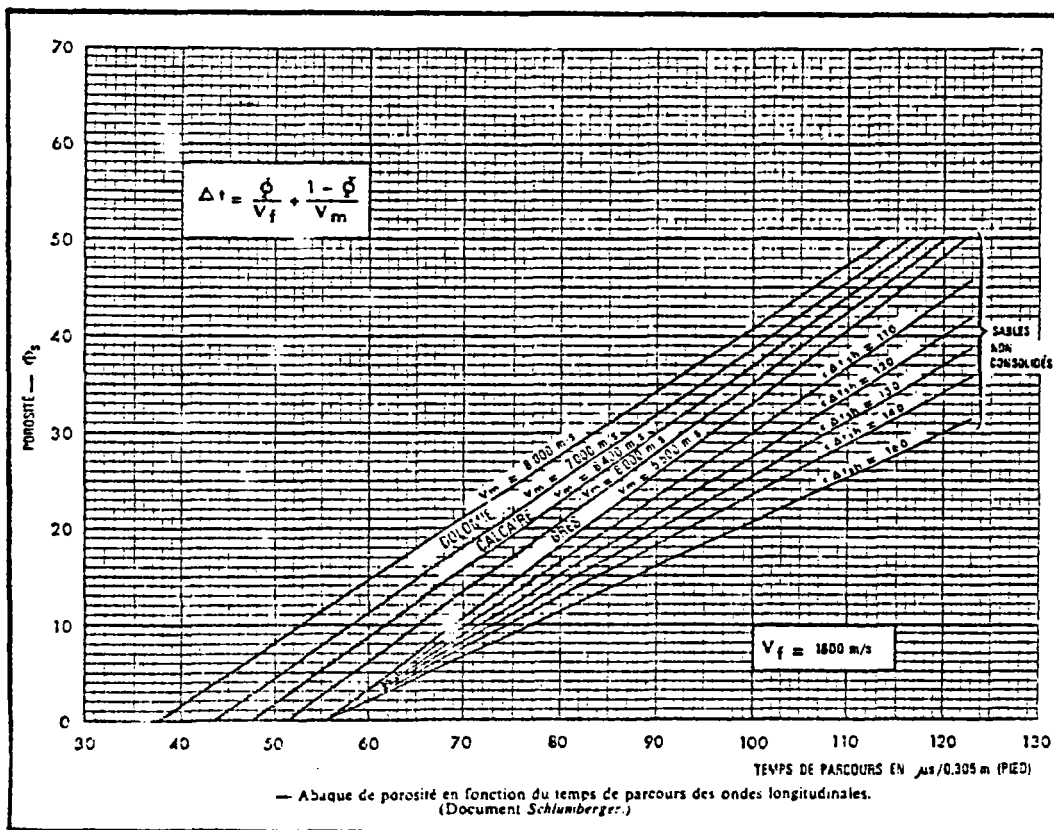
Milieu	Vitesse longitudinale m/s	Vitesse transversale m/s	Temps de parcours longitudinal, Δt $\mu s/m$ (1)
air	330	—	3 000
eau	1 530	—	655
grès compact	5 959	3 000	168
calcaire compact ..	6 400	3 200	156
dolomie compacte ..	7 000	3 500	143
acier	5 000	2 500	185

B

Vitesses acoustiques

(1) En Occident les diagrammes sont calibrés en $\mu s/pied$. On a :

$$\Delta t_{\mu s/m} \times 0,305 = \Delta t_{\mu s/pied}$$



C

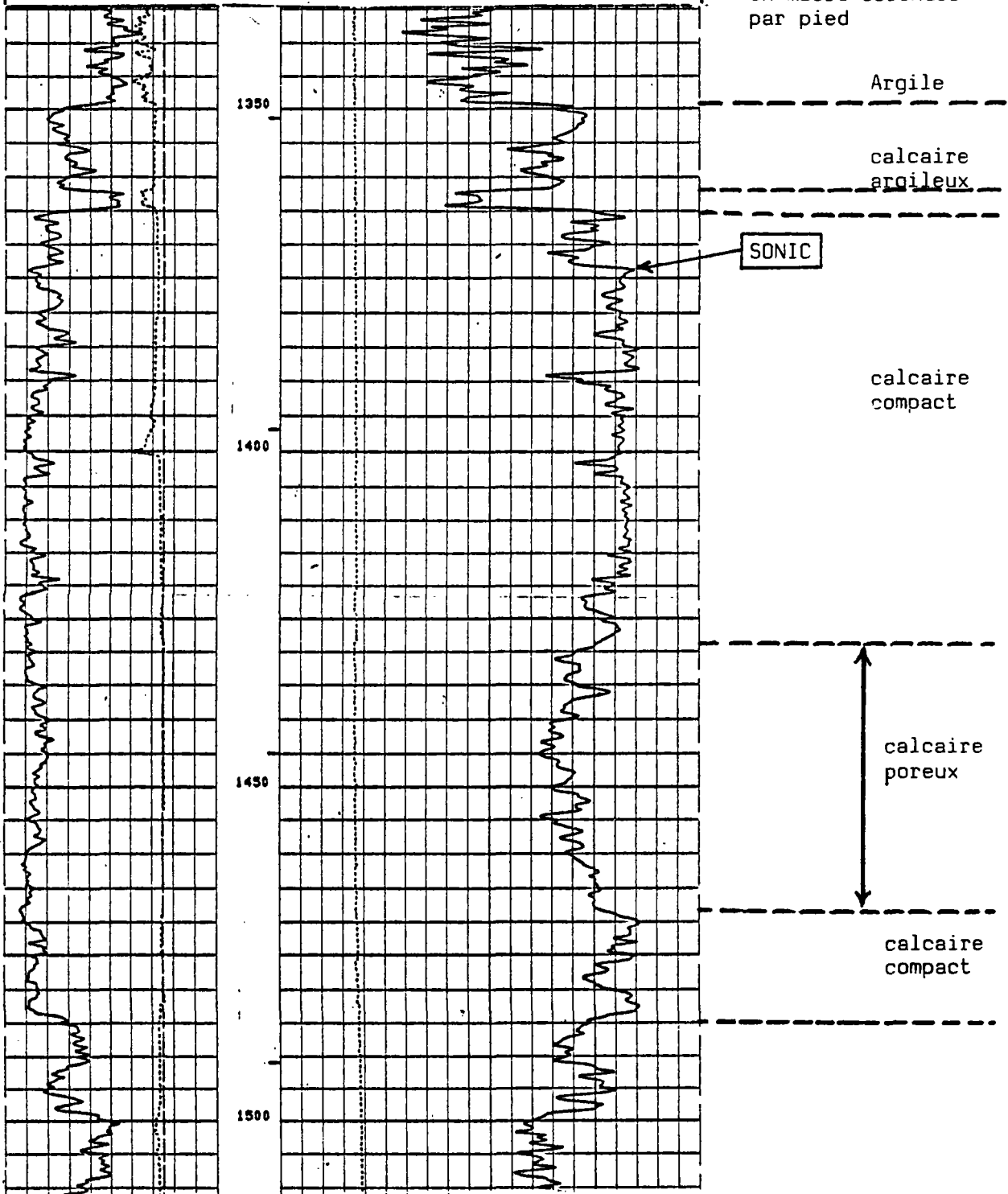
SONIC - B.H.C.

Exemple : Dogger calcaire du Bassin Parisien

PS (CM)	6.000TENSURE.....	9000.1
CAL (CM)	6.000	0.0	40.00
GR (GAP)	150.0	140.0	DT (US/F)

Temps de parcours

← en micro-secondes par pied



III.3.3 - Diagraphies nucléaires

Cette famille regroupe un grand nombre de diagraphies complexes qui connaissent actuellement un très grand développement du fait de leurs performances.

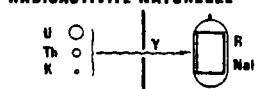
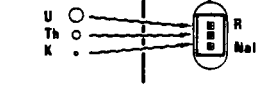
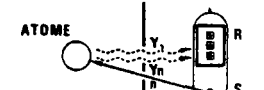


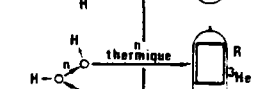
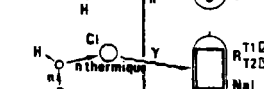
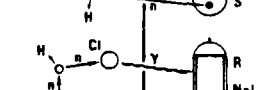
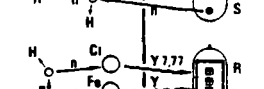


La formation géologique est soumise à un bombardement (neutrons) ou à un rayonnement (rayons gamma) à partir d'une source radioactive. Les diagraphies existantes correspondent aux divers effets qui peuvent être mesurés (cf. tableau p. 32). A cette liste, on peut également ajouter la diagraphie de "résonance magnétique nucléaire".

Toutes ces diagraphies se basent sur les propriétés de l'atome d'hydrogène vis à vis de la source du rayonnement, et de ce fait sont liées à la présence de l'eau, donc à la porosité.

Nous allons présenter les 2 diagraphies utilisées le plus souvent en géothermie et qui diffèrent par la source :

- . par bombardement neutronique : diagraphies "Neutron",
- . par émission d'un rayonnement gamma : diagraphies "Densité" (ou gamma-gamma).

LES DIAGRAPHIES NUCLÉAIRES

	PRINCIPE	NOM DE L'OUTIL SCHLUMBERGER
RADIOACTIVITE NATURELLE 	Radioactivité naturelle γ totale	GR
	Spectrométrie du rayonnement γ naturel	NGT
RADIOACTIVITE INDUITE PAR BOMBARDEMENT DE NEUTRONS		
ATOME 	Spectrométrie du rayonnement γ d'activation $^{16}O(n, p) ^{16}N(\beta^-) ^{16}O^*$	IGT
ATOME 	Spectrométrie du rayonnement γ de collision inélastique $^{16}O(n, n\gamma) ^{16}O(6.13 \text{ MeV}) ^{16}O^*(1.7 \times 10^{-11} \text{ sec})$ etc	IGT
	Densité des neutrons épithermiques Longueur parcourue par les neutrons avant d'avoir atteint le niveau d'énergie épithermique	N - Neutrons épithermiques SNP
	Densité des neutrons thermiques Longueur parcourue par les neutrons avant d'avoir atteint le niveau d'énergie thermique	N - Neutrons thermiques CNT-A
	Temps de relaxation des neutrons thermiques Densité des neutrons thermiques à deux instants mesurée par l'intensité du rayonnement γ d'absorption	TOT
	Rayonnement γ d'absorption des neutrons thermiques Mesure globale de la radioactivité γ induite	N - Gamma GNT
	Spectrométrie du rayonnement γ d'absorption des neutrons thermiques	IGT
RADIOACTIVITE PAR DIFFUSION COMPTON D'UN RAYONNEMENT γ EMIS		
ELECTRON 	Intensité du rayonnement γ diffusé par effet Compton	FDC
ABSORPTION DE RAYONS γ - EFFET PHOTO ELECTRIQUE		
	Absorption de rayons γ de basse énergie. Section efficace photo électrique ⁽¹⁾ Combine la diffusion Compton et l'absorption des rayons γ	LBT ⁽¹⁾

Schémas de principe des différentes diagaphies nucléaires.

III.3.3.1 - Neutron

- Principe

Un bombardement de neutrons rapides provoque des collisions avec les noyaux atomiques dans une formation géologique. Les collisions avec les noyaux atomiques de même masse engendrent une perte d'énergie des neutrons qui sont ralentis jusqu'à leur absorption par ces noyaux, laquelle s'accompagne d'une émission d'un rayonnement gamma (cf. p. 34). Ces noyaux de même masse sont ceux de l'hydrogène; leur présence est abondante dans l'eau; on mesure donc un indice de porosité *.

Les principales diagraphies Neutron rencontrées mesurent :

- les "rayons Gamma de capture": GNAM (Schlumberger): ancienne diagraphie que l'on trouve abondamment dans la documentation des forages pétroliers, donc utilisée dans les études (cf. p. 34.A),
- les "neutrons thermiques": CNL (Schlumberger): sonde à 2 récepteurs pour compenser les effets de trou; diagraphie la plus courante dans les forages récents pétroliers et géothermiques (cf. p. 34.B et C et 35).

- Utilisation

1. Porosité

La porosité et l'absorption neutronique sont en relation logarithmique :

$$\log \phi = A N + B$$

où N = unités API Neutron,
A et B = constantes

La porosité est déterminée à l'aide d'abaques qui font intervenir de nombreux facteurs (diamètre du trou, type de boue, ...).

Les unités sont :

- les CPS (count per second) pour les diagraphies anciennes,
- unités API, actuellement; l'étalon étant un calcaire poreux au Centre de Houston, les diagraphies sont directement étalonnées en porosité-neutron sur matrice calcaire, (cf. ex.p. 35).

2. Lithologie

La lithologie peut être déterminée, en même temps que la porosité, en combinaison avec d'autres diagraphies (cf. exemple p.40), par la méthode dite des "pointés" (ou "cross-plots").

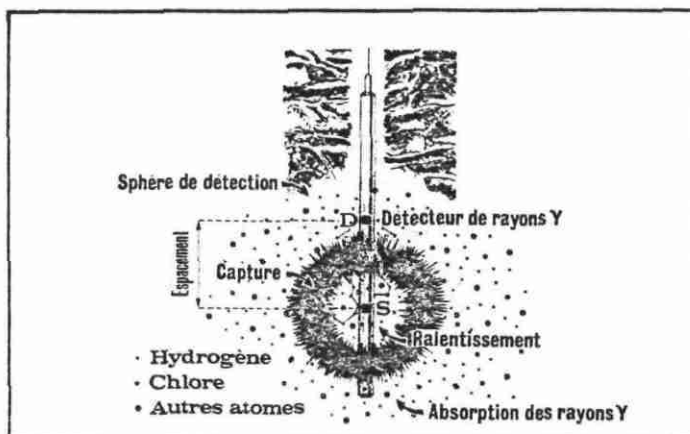
En terrain inconnu, donc, le Neutron sera toujours associé à une autre diagraphie, la "Densité" presque généralement.

* On considère toujours que l'argile, riche en eau, mais liée, a été prise en compte par la diagraphie d'argilosité, le gamma-ray.

DIAGRAPHIES DE NEUTRON

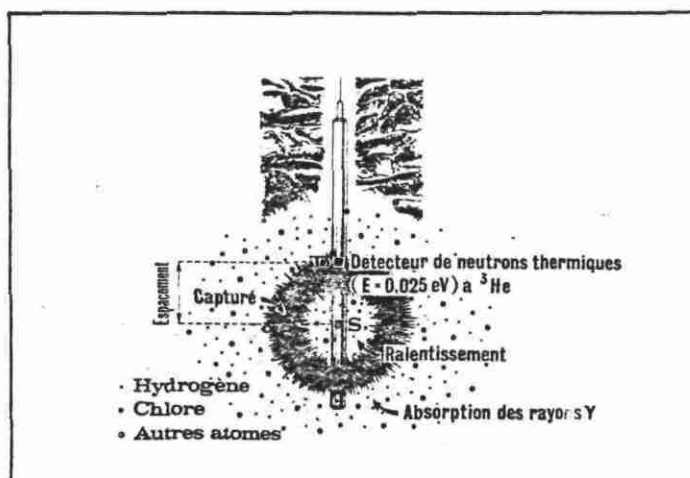
A

— Principe de la sonde neutrons-gamma (n, γ).



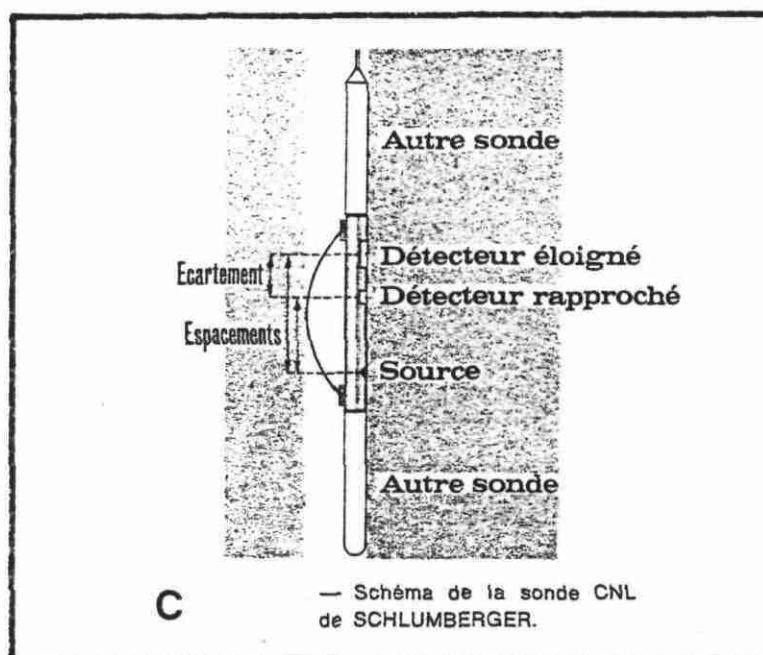
B

— Principe de la sonde neutrons-neutrons thermiques (n, n_{th}).



C

— Schéma de la sonde CNL de SCHLUMBERGER.



NEUTRON CNL

CSU

Schlumberger

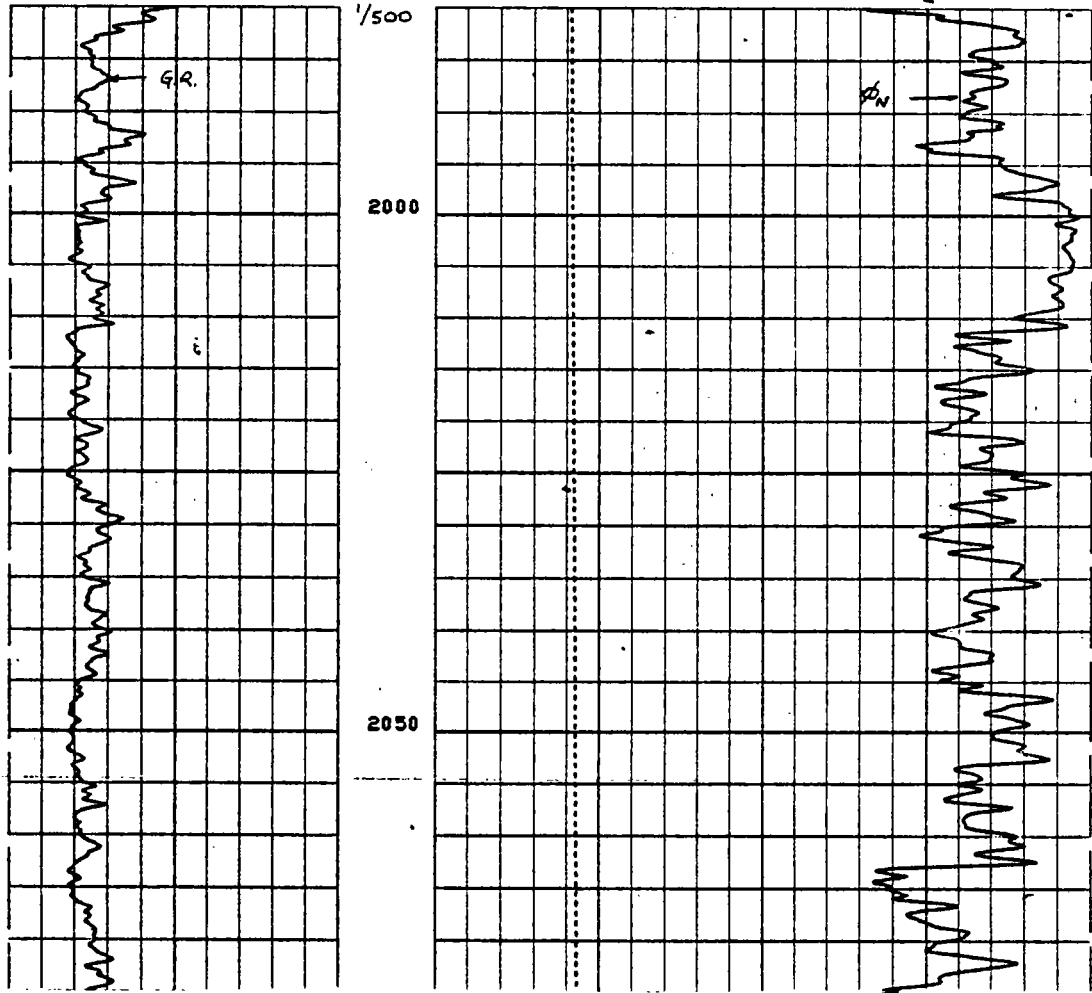
COMPENSATED NEUTRON LOG GAMMA RAY

Field Log

PARAMETERS

NAME	UNIT	VALUE	NAME	UNIT	VALUE	NAME	UNIT	VALUE
DD		0.0	BHS	CASE		FPHI		PHIX
PSNR		2.240						

		TENS(LB.)	
	0.0	5000.	
GR (GAPI)		NPHI()	
0.0	150.0	0.6000	0.0



NPHI (ϕN)
 = Porosité Neutron

III.3.3.2 - Densité

- Principe

Ce type de diagraphie consiste en la mesure d'un rayonnement gamma produit par l'émission d'un même rayonnement, d'où son nom, également, de "gamma-gamma".

Le rayonnement émis, sans masse, entre en collision avec la matière. Il se produit alors plusieurs interactions, dont principalement :

- l'éjection d'un électron + un photon ; c'est l'effet Compton (cf. p. 38.B).
- l'éjection d'un électron par absorption totale de l'énergie des rayons ; c'est l'effet photo-électrique (cf. p. 38.C).

Ces 2 effets conduisent à 2 types de sondes :

- 1) "Densité" : cet outil mesure à une certaine distance de la source l'intensité du rayonnement gamma ainsi produit. Cette intensité est d'autant plus faible que le nombre de collisions est grand. Or le nombre d'électrons rencontrés est proportionnel à la densité électronique de la formation, donc à la densité globale de la formation (1).
- 2) "Litho-densité-log" : une sélection des rayons gamma de faible énergie arrivant au compteur permet de mesurer l'effet photo-électrique qui est relié au nombre atomique moyen des noyaux des atomes de la formation (2). Cet outil conduit donc à la détermination directe de la lithologie.

- Utilisation

. Porosité

La diagraphie de densité est utilisée pour le calcul de la porosité d'une formation, si l'on connaît la densité de la matrice.

$$\phi_D = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m - \rho_f}$$

(1) puisque $\rho_e = \rho_b \left(N \frac{Z}{A} \right)$, ρ_b étant la densité apparente de la formation ("bulk").

(2) L'effet photo-électrique P_e étant égal à $\frac{Z_e^{3,6}}{10}$, ou Z_e est le nombre atomique effectif de la formation.

$P_e = 5$ pour le calcaire, 3 pour la dolomie, 1,8 pour le sable.

où ρ_m = densité de la matrice (roche compacte)
 ρ_b = densité globale lue sur le log
 ρ_f = densité du fluide

L'outil actuellement employé est le F.D.C (Formation Density Compensated) (cf. p. 38.E et 39). La sonde comporte 2 détecteurs à espacements différents qui compensent l'effet de la boue lorsque le diamètre du trou varie. L'outil est calibré dans un calcaire saturé d'eau douce, de densité connue, en laboratoire, d'où une conversion directe en porosité pour un calcaire de même densité.

Le FDC est, actuellement, l'outil qui permet l'approche la plus exacte de la porosité.

. Lithologie

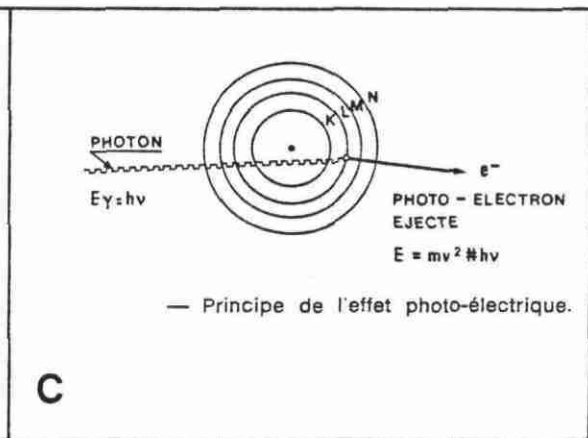
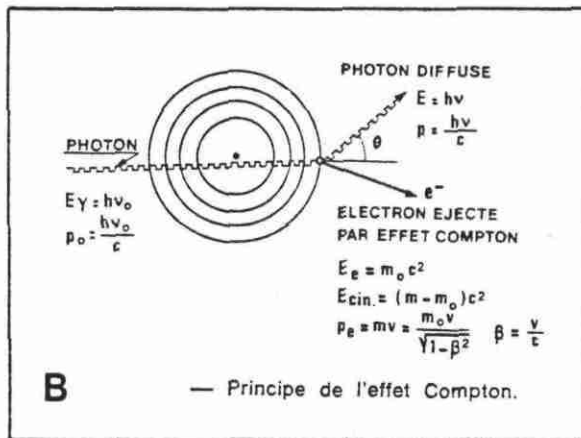
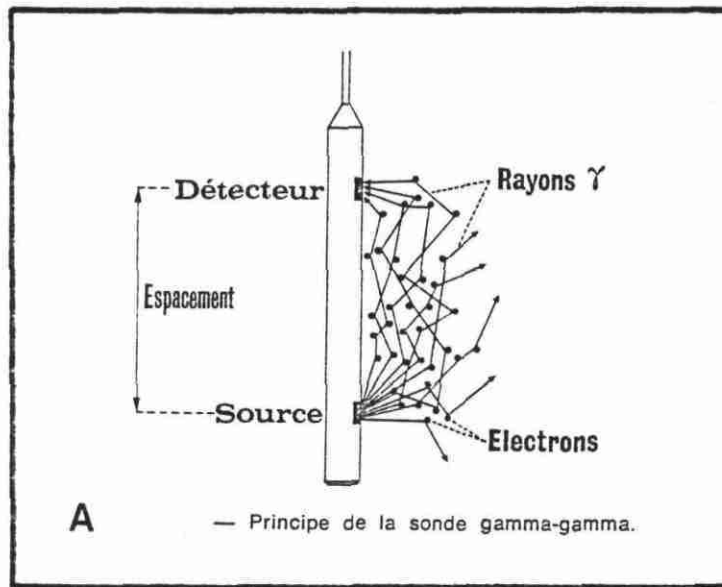
Dans une formation inconnue, le F.D.C. peut être employé en association avec une autre diagraphie "de porosité", le Neutron essentiellement, pour la définition de la lithologie, par méthode des "pointés" (cf. p. 40).

Le L.D.T par contre, permet l'identification directe de la lithologie.

. Géophysique

La diagraphie de densité est intéressante en elle-même pour les interprétations gravimétriques.

MESURE DE LA DENSITÉ DES FORMATIONS (Diagraphie gamma-gamma ou de densité)

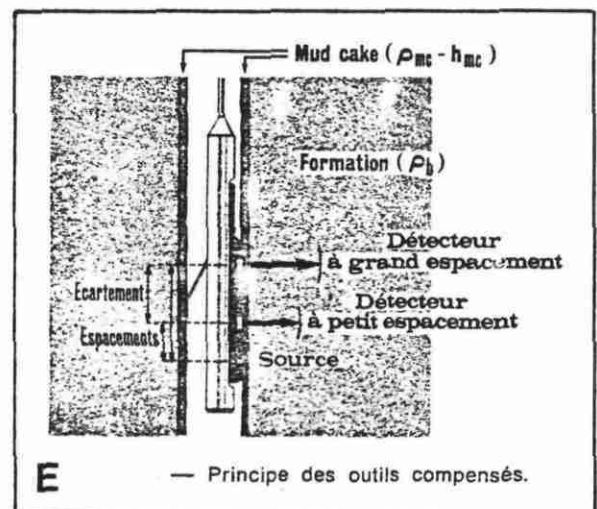


O. Serra . 1979

D DENSITÉ DES ROCHES COMPACTES

Anhydrite	2,95
Dolomie	2,85
Calcite	2,71
Quartz	2,66
Kaolinite	2,63 ⁽¹⁾
Illite	2,76 ⁽¹⁾
Montmorillonite	2,70 ⁽¹⁾
Charbon	1 à 1,80

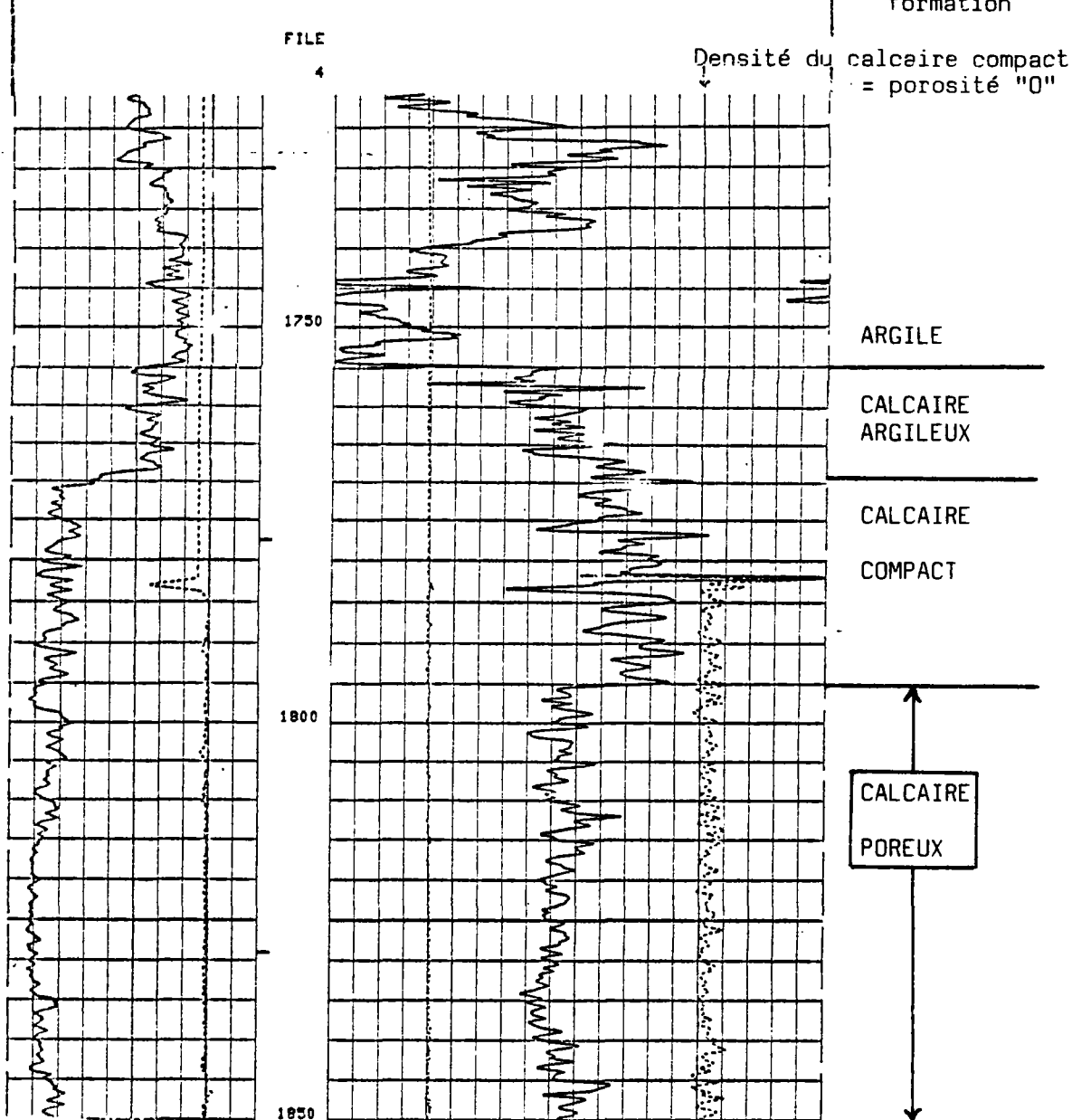
⁽¹⁾ Par suite de l'hydratation ces chiffres peuvent être notablement plus faibles dans les formations.



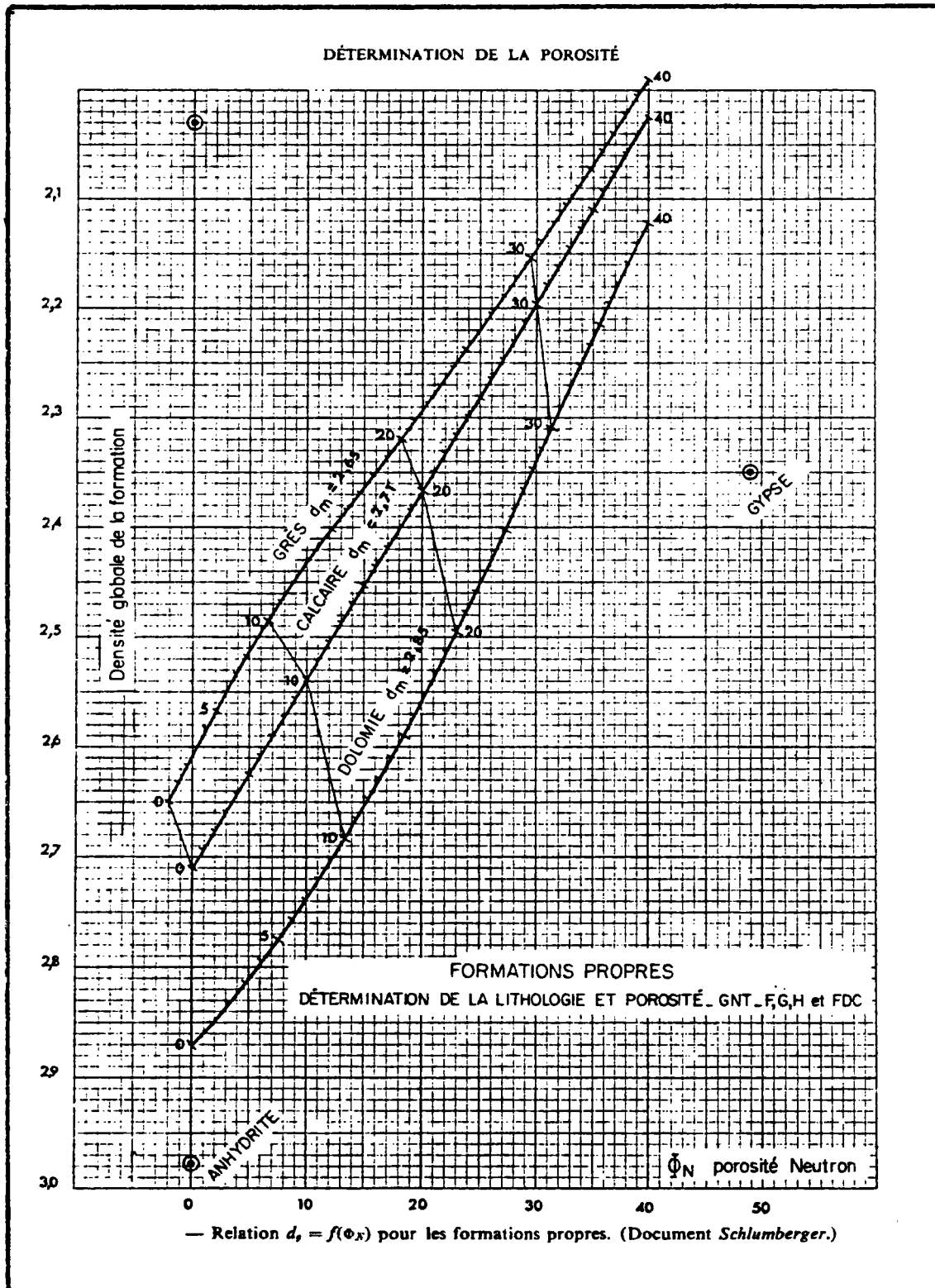
DIAGRAPHIE DE DENSITE
F D C
(Formation Density Compensated)

BS (IN.)	4.000	TENS(LB.)		DRHO(G/CC)
14.00	4.000	0.0	5000.0	-0.250 0.2500
CALJ(IN.)	4.000	RHOD(G/CC)		
14.00	4.000	1.950		2.950
GR (GAPI)	10.0			
0.0	10.0			

ρ_b (ρ bulk) =
densité appa-
rente de la
formation



METHODE DES POINTES ("CROSS-PLOTS")
à partir des lectures sur 2 diagraphies
DENSITE et NEUTRON



III.4 - DIAGRAPHIES STRUCTURALES

Elles consistent à déterminer le pendage et la fracturation des terrains. Ce deuxième objectif est important en géothermie où le type de circulation du fluide (par porosité ou par fractures ou chenaux de dissolution) influe très fortement sur la durée de fonctionnement d'un "doublet" (1).

De nombreuses diagraphies peuvent être employées pour déceler ou définir ces traits structuraux.

- Pendagemètre (H.D.T.) (High Resolution Dipmeter Tool, de Schlumberger).

Cette diagraphie de résistivité est basée sur le haut pouvoir de résolution verticale des micro dispositifs focalisés.

Un plan est défini par 3 points, au moins, dans l'espace. Ces 3 points sont définis par l'intersection des 3 génératrices de la paroi du trou avec le plan de la fracture ou du pendage (cf. p. 43.A). L'interprétation se fait par l'étude des corrélations des courbes enregistrées (cf. p. 43.B) ; ces corrélations se font automatiquement en se fixant l'intervalle de corrélation et l'angle de recherche.

En réalité, le HDT est constitué par 4 patins afin d'assurer une continuité dans la détermination des plans.

Cette méthode est la plus précise et la plus employée.

Le F.I.L. (Fracture Identification Log, de Schlumberger) est un traitement particulier du pendagemètre pour l'identification des fractures, lesquelles sont mises en évidence par les lectures différentes pour 2 patins voisins.

- Sonic VDL (Variable Density Log)

Les fractures agissent essentiellement sur l'amplitude des ondes transversales qui ne se propagent pas dans les liquides. Sur un enregistrement VDL, les fractures sont marquées par des "chevrons" qui correspondent aux sauts brusques de temps de trajet lorsque émetteur et récepteur sont placés de part et d'autre d'une fracture lors du passage de la sonde (cf. p. 44).

- Densité

Les fractures sont mises en évidence sur les courbes de correction $\Delta\rho$ par de fortes déflexions positives (cf. p. 39, courbe DRHO).

(1) Accélération de propagation du front thermique "froid" vers le puits de production ; pour y remédier, on est amené à augmenter la distance des points d'impact à l'aquifère, ce qui entraîne des coûts de forage plus élevés (2 plateformes ou forages fortement inclinés).

- Sonic-Nucléaire

Les diagraphies Neutron et de Densité intègrent des volumes (porosité totale) alors que pour le Sonic, l'intégration est linéaire : elle n'est pas sensible aux fractures. De ce fait, la porosité :

$$\phi_s < \phi_n \text{ ou } \phi_d$$

Cette méthode permet donc de déceler une porosité dite "secondaire", mais sans pouvoir déterminer sa géométrie.

- Production

Les autres méthodes sont l'utilisation du débitmètre ou de la thermométrie différentielle où les fractures productrices sont marquées par de brusques écarts (cf. p. 45).

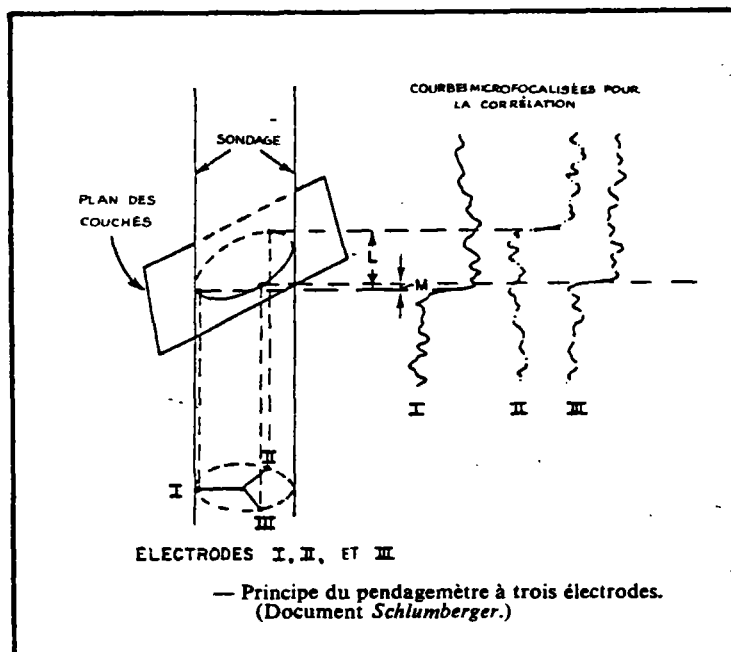
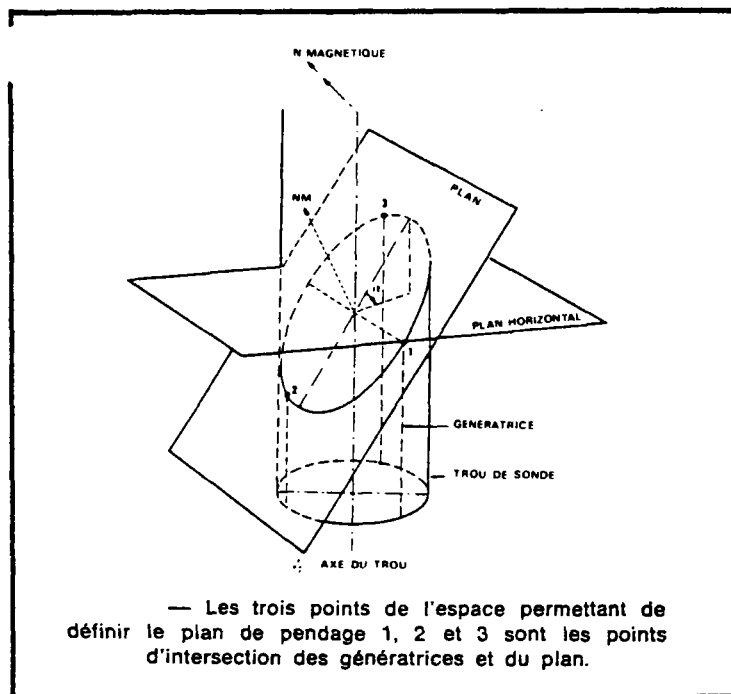
- Empreintes

Le "packer" d'empreinte fut autrefois utilisé pour donner directement l'image des fractures.

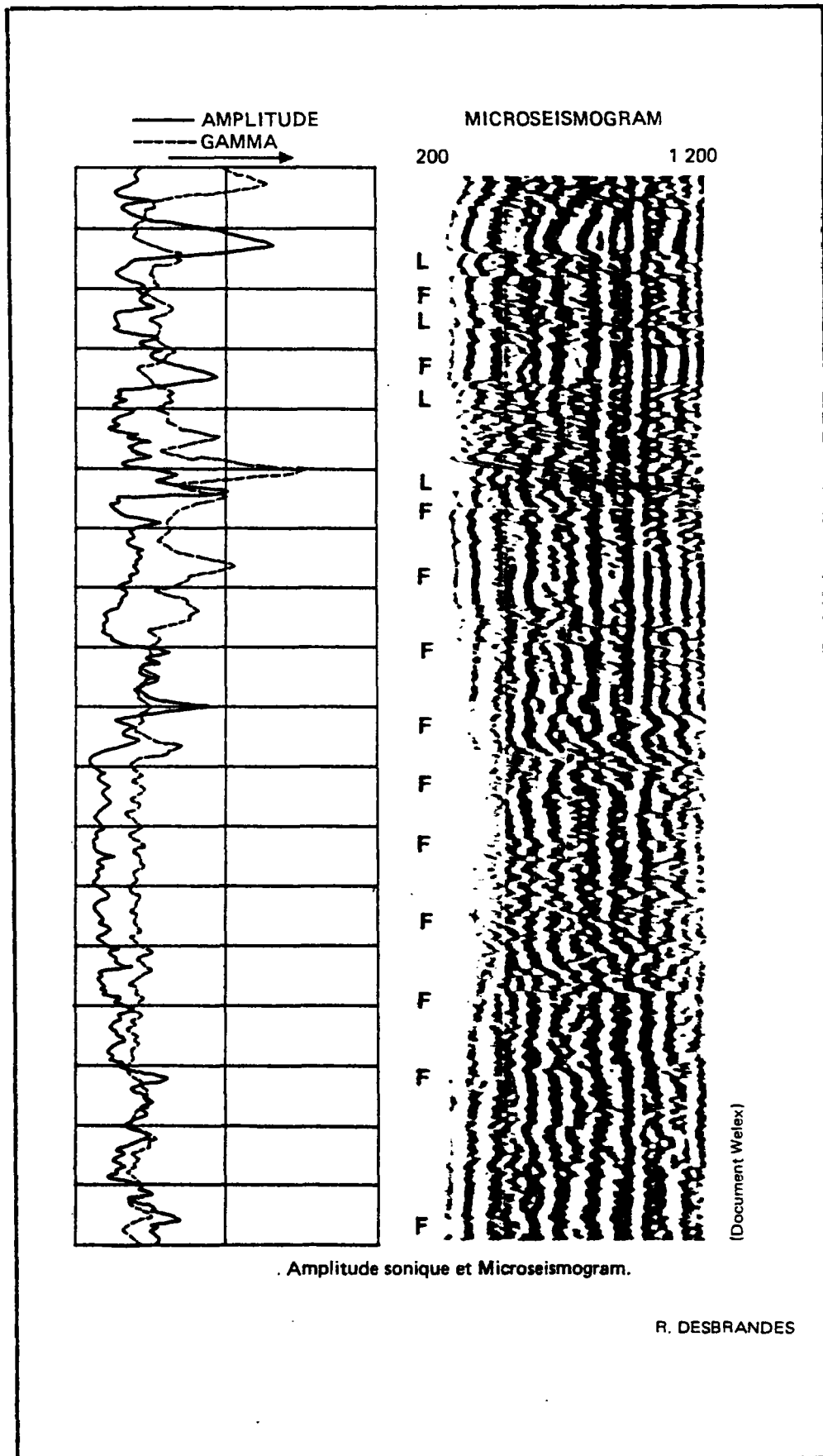
MESURE DU PENDAGE

(Diagraphie de pendagémétrie)

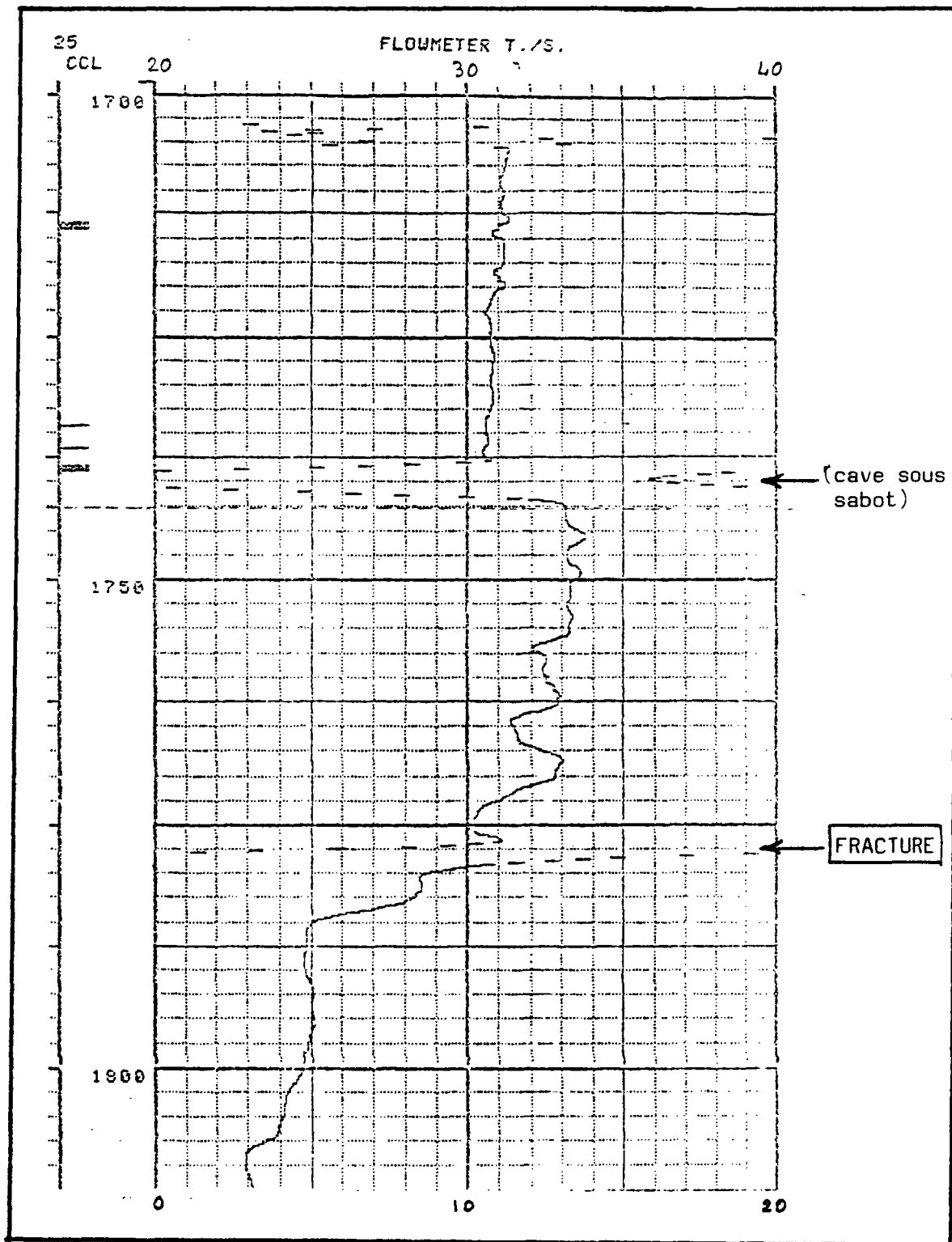
PRINCIPE



SONIC VDL (Variable Density Log) ETUDE DE LA FRACTURATION



MISE EN EVIDENCE D'UNE FRACTURE PAR DEBITMETRE



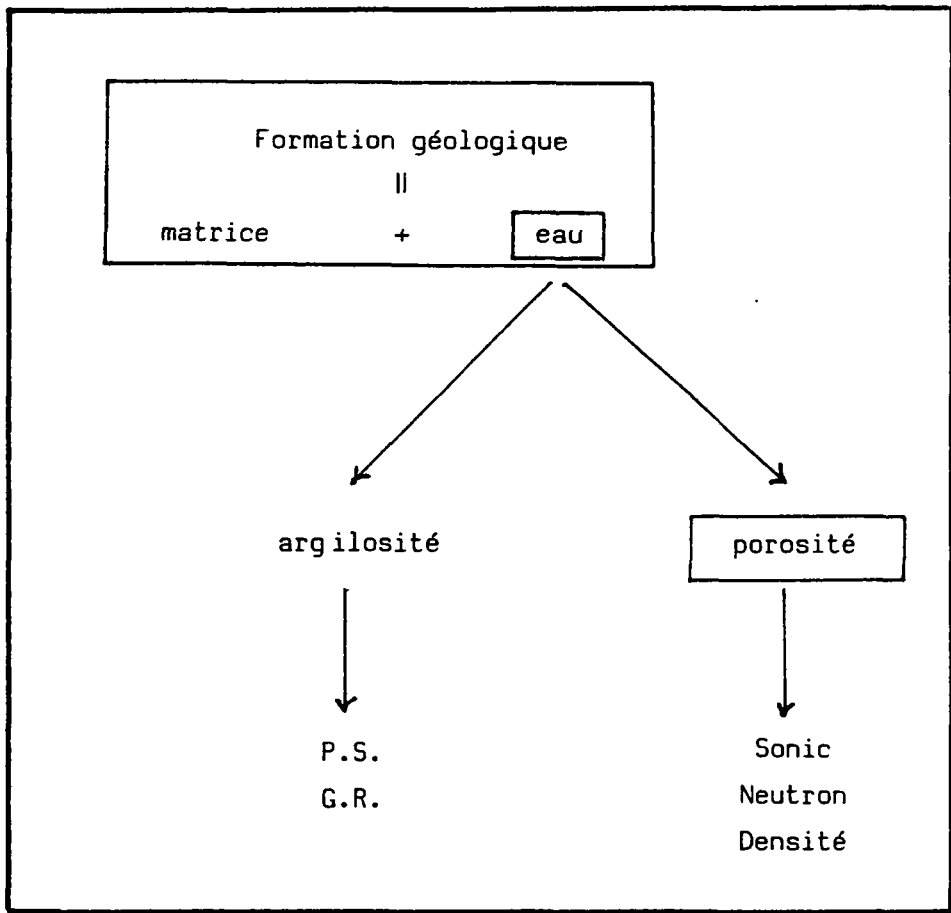
PRINCIPALES REFERENCES

- "Interprétation rapide sur chantier des diagraphies différées en trou ouvert".
Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production du pétrole et du gaz naturel.
1975. Ed. Technip.
 - "Diagraphies différées - Bases de l'interprétation".

O. Serra - 1979. Bulletin du Centre de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine.
 - "Diagraphies dans les sondages".

R. Desbrandes - 1982 (Nouvelle édition). Ed. Technip.
-
- "Séminaire de diagraphies différées".
Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs. Formation Industrie.
4 rue du Bois Préau - B.P. 311 - 92506 Rueil-Malmaison.
-

ETUDE DES AQUIFERES
PAR DIAGRAPHIES



CLASSIFICATION DES DIAGRAPHIES

DIAGRAPHIES DE FORAGE

INSTANTANÉES

Avancement
 Vitesse de rotation
 Poids sur l'outil
 Débit des pompes
 ...

DIFFÉREES

Diamètreur BGL
 Déviation CDR
 Cimentation
 par:thermométrie
 sonic CBL, AVD
 Contrôle cuvelage
 ...

DIAGRAPHIES GEOLOGIQUES

Lithologie - milieu poreux - Fluide :

	<u>effet naturel</u> ↓	<u>réaction du terrain</u> ↓
<u>Electriques</u>	Polarisation spontanée = PS	Résistivité - normale/inverse : ES, LL, ... - superficielle/profonde : ML, - focalisée/ou non : MSFL, .. Induction: IL ...
<u>Soniques</u>		Temps de parcours BHC Amplitude VDL ...
<u>Nucléaires</u>	Rayonnement "gamma" = GR	Neutron CNL Densité FDC LDT ...

Structure : pendage, fractures :

Log électrique	FIL
Log sonic	VDL
Caméra vidéo	

DIAGRAPHIES DE PRODUCTION

Débitmètre

Thermométrie

LISTE DES DIAGRAPHIES UTILISEES EN GEOTHERMIE

TYPE DE DIAGRAPHIES	SOCIETES			OBSERVATIONS
	SCHLUMBERGER	DRESSER ATLAS	AUTRES	
<u>CONTROLE DE TROU</u>				
- Diamètre	B.G.L. : Borehole Geometry Log Four arms caliper	Caliper Log 4 arms caliper		ou B.G.T. (Tool)
- Déviation	C.D.R. : Continuous Directional survey	Directional Survey		
- Cimentation	Thermométrie C.B.L. : Cement Bond Log C.B.L.-V.D.L. : Variable Density Log C.E.T. : Cement Evaluation Tool	Acoustic Cement Bond Log Acoustic C.B.L.-V.D.L.		Diagraphie sonore Idem plus représentation en densité variable Evolution de la diagraphie précédente
- Etat des tubes	E.T.T. : Electromagnetic Thickness Tool P.A.L. : Pipe Analysis Log	MagneLog		Evolution de la diagraphie précédente. Expérimentée à Creil
<u>GEOLOGIE - RESERVOIR</u>				
- Electrique	S.P. : Spontaneous Polarisation D.L.L. : Dual Laterolog M.L. : Microlog M.L.-M.S.F.L. : Micro Spherically Focused Log I.E.S. : Induction Electrical Log Pendage-mètre H.D.T. ou H.D.R. : High Resolution Dipmeter F.I.L. : Fracture Identification Log	S.P. D.L. : Laterolog M.L. : Minilog Hi Resolution 4 arms Diplog		Traitement d'un log
- Sonique	Sonic B.H.C. : Sonic Bore Hole compensated B.H.C.-A.V.D. : Amplitude Variable Density W.F. : Sonic Wave Form ou W.F.T. (Taping)	Acoustilog B.H.C. : acoustilog Signature Log		
- Nucléaire	G.R. : Gamma Ray N.L. : Neutron Log N.S.P. : Neutron épithermique C.N.L. : Compensated Neutron Log C.N.T. : Multidetector Neutron F.D.C. : Formation Density Compensated L.D.T. : Litho Density Tool	G.R. C.N. : Compensated Neutron C.D.L. : Compensated Densilog		
<u>PRODUCTION TEMPERATURE</u>	Diagraphie de production P.C.T. Thermo-Flowmeter Thermométrie	Production Log	(Cop-Go Hunting) Débitmètre Flowmeter Flowmètre Température Thermométrie Thermometer (SodeseP) Flowmeter Temperature	

STANDARD ABBREVIATIONS IN USE BY SCHLUMBERGER

1983 **Schlumberger**

RESISTIVITY		PRODUCTION LOGGING		CYBER	
ULSEL	Ultra long spacing electrical logging	CFM	Continuous Flowmeter with PCT	CYMOP	Emop
IES	Induction electrical logging	CFMC	Continuous Flowmeter with PLT	CYL	Cyberlook
ISF	Induction ISF	FBS	Full Bore Spinner with PCT	CYDIP	Cyberdip
DLL	Dual laterolog	FBS-C	Full Bore Spinner with PLT	CYDR	CDR - Quick look
DIL	Dual induction laterolog	PFM	Packer Flowmeter	CYRFT	RFT - Quick look
DIS	Dual induction SFL	GM	Gradiomanometer Std with PCT	CYTVD	TVD - Quick look
DPT	Deep Propagation log	GM-C	Gradiomanometer Std with PLT	CYFIL	FIL - Quick look
MICRODEVICES		GMX	Gradiomanometer with PTS	CYLDT	LDT - Quick look
ML	Microlog (SAM)	HRT	Thermometer with PCT	CYWST	WST - Quick look
MLL/PL	Microlaterolog or Proximity	HRT-C	Thermometer with PLT, PTS	CYNML	NML - Quick look
MSFL	Microspherically Focused log	HTT	Thermometer High Temperature	CYSCC	Sonic Calibration Geogram
MSFL-M	MSFL with Derived Microlog	TTC	Thru Tubing Caliper with PCT	CYBD	Cyber Bond
EPT	Shallow Propagation log	TTC-C	Thru Tubing Caliper with PLT	CYSC	Cyber Scan
ML-C	Combinable Microlog	MAN	Manometer MTS with PCT	CYPL	Prod logging Quick look
DIPMETER		HP-C	Hewlett Packard with PLT	CYPA	Well Test Pressure Analysis
HDT	High resolution Dipmeter	HP	Hewlett Packard run alone	CYCEP	Cement Planning
HDT-K	HDT with oil base mud kit	HPP	Hewlett Packard with PCT	CY-S	Histog. X-Plot, Listing, Single File
HDT-F	HDT run for FIL	MAN-C	Manometer MTS with PLT	CY-M	Histog. X-Plot, Listing, Merged File
HDS-J	HDT with HDS-J	MANX	Manometer with PTS	CYPB-S	Playback, Single File
SHDT	Stratigraphy Dipmeter Tool	RTP-C	Radioactive Tracer Tool	CYPB-M	Playback, Merged File
NUCLEAR		PFS	Production Fluid Sampling	CYT	Tape Copies
GR	Gamma Ray	NOL	Noise Logging	CYO	Other Cyber Products
NGS	Gamma Ray spectroscopy (Th. U.K.)	PFS-C	Production Fluid Sampling Combinable	CYDT	Cyber Data Transmission
CNL	Compensated Neutron	VFS	Vortex Flowmeter	CY-F	Cyber Product free of Charge
CNT-G	Multidetector Neutron	CORROSION		FLIC PRODUCTS	
FDC	Formation density	ETT-A	Casing Thickness Detection Type A	WSE	Edit from Digital Tapes
LDL	Litho density	ETT-C	Casing Thickness Detection Type C	WSO	Edit from Optical Records
LITH	Litholog	PAL	Pipe Analysis Log	WSC	Sonic Calibration Geogram
NML	Nuclear Magnetic Resonance	CIT	Casing Inspection Log	GEO	Geogram
GRL/NL	Gamma Ray or Neutron thru tubing	MFC	Multifinger Caliper	GEO-A	Additional Geogram
GRN	Gamma Ray & Neutron thru tubing	UCT	Ultra Sonic Caliper	GED	Geogram with Dip
TDT-K	Thermal Decay log with TDT-K	CPP	Casing Potential Profile	VSP	Vertical Seismic Profile
TDT-M	TDT with TDT-M	PERFORATING		VSP-A	Additional Processing VSP
GST	GR Spectroscopy Inelastic	CG-STD	Casing gun no plug-crack jet (SAM)	SVSP	Synthetic VSP
GST-O	Oxygen activation	CG-SS	Casing gun shot by shot	VSP-S	Add. Proc. VSP with SVSP Input
GST-C	Capture mode	CG-BH	Casing gun Big Hole	DSA	Direct Signal Analysis
TGP	Gravel Pack Monitoring with TDT	CG-EX	Semi-expandable Gravel Pack	TPS	SEG-Y Format Tapes
ACOUSTIC		CG-SL	Casing gun Side Loaded	SPS	Other Seismic Products
WSS	Well Seismic Survey optical	CG-EL	Casing gun End Loaded 3 3/8	CLUS	Cluster
WSS-D	WSS digital (CSU or WST-B)	CG-EL	Casing gun End Loaded 4	MSD	Mean Square Dip
WSS-O	WSS Offset Shooting	SPH	Scallop 1 9/16	GEOD	Geodip
BHC	Sonic log - Variable Density	SPH	Scallop 2	DCA	Detection of Conductivity Anomalies
BHC-VD	Sonic log - Variable Density	SPH	Scallop 2 7/8	GEOS	Synthetic Log from HDT
SLS	Sonic long spacing	SPU	Scallop Puncher	DUDI	Dual Dip
SLS-VD	Sonic long spacing - Variable Density	ORP	Oriented Perfo	HAUX	Additional Plot non-depth related
WFT	Waveform tapping	UNI	Unijet 1 11/16	HDD	Additional Plot Depth related
DSW	Digital Sonic Waveform Tool	UNI	Unijet 2 1/8	ETD	Edit Dip Tapes
CBL	Cement Bond log	UNI	Unijet 3 1/8	CDR	Directional Computation
CBL-VD	CBL - Variable Density	ENER	Enerjet 1 11/16	FIL	Fracture Identification Log
CMS	Circumferential Micro Sonic	ENER	Enerjet 2 1/8	SPD	Other Dipmeter Products
CET	Cement Evaluation Tool	BP-J	Bridge Plug Johnston	TP	Edit from TTR Tapes
SAMPLING		BP-B	Bridge Plug Baker	EDO	Edit from Optical logs
STL	Sidewall coring Large	BP-O	Bridge Plug Others	EDIC	Depth matching CSU Tapes
STS	Sidewall coring Small	DB-BP	Dump Bailer with Bridge Plug	NORM	Normalized Tapes
RFT	Repeat Formation Tester	TBT	Thru Tubing Bridge Plug	COMP	Computation and Playback
HP-R	Hewlett Packard (with RFT tool)	DB-TT	Dump Bailer with TBT	TPC	Tape Copies
FIT	Formation Tester	PPS-J	Packer Johnston	TPR	Retrieval
FPI-BO		PPS-B	Packer Baker	LUM	Lumping
SIT	Free point indicator	PPS-O	Packer Others	PBR	Playback Standard
BO	Back Off (after SIT)	JB	Junk Basket with Plug or Packer	PBW	Playback 22 Inch Wide
TGC	Tubular Good Cutter	TGR	Tubing Gauge Run	TVD	True Vertical Depth
SIT-Y	Free point indicator Combinable	JB-S	Junk Basket without Plug or Packer	SPX	Special X-Plot, Histograms, Others
BO-S	Back Off (without SIT)	DIRECTIONAL		DT	Data Transmission logs
MISCELLANEOUS OPERATING		CDR	Directional survey with HDT	DTC	Data Transmission MDT, Comp. results
PC	Pressure Equipment OH-80P	CDR-BG	Directional Survey with BGT	DT-O	Data Transmission Overseas
PC	Pressure Equipment OH-Well Head Control	GCT	Guidance Continuous Tool	DTC-O	DTC-Overseas
PC	Pressure Equipment CH-Well Head Control	MISCELLANEOUS		DTT	Data Transmission Telecopier
PC	Pressure Equipment CH 5 000	BGL	Caliper with BGT	FAC	Facilog
PC	Pressure Equipment CH 10 000	CAL	Caliper other than BGT or TTC	COR	Coriband
PC	Pressure Equipment CH 5 000 H2S	DD	Depth Determination	SAR	Sariband
PC	Pressure Equipment CH 10 000 H2S	DDS	Subsidence logging	MECH	Mechanical Properties
PC	Pressure Equipment CH 15 000 H2S	CIS-S	Customer Instrument Service - Seismic	VOL	Volan
PC	Pressure Charge 0-1000 PSI	CIS-D	Customer Instrument Service - Directional	PRO	Productivity
PC	Pressure Charge 1001-3000 PSI	CIS-O	Customer Instrument Service - Others	DTS	Sonic Waveform Analysis
PC	Pressure Charge 3001-8000 PSI	T	Temperature log other than HRT	GLO	Global
PC	Pressure Charge 8001-10000 PSI	OFS	Other Services	SPL	Other Evaluations OH
PC	Pressure Charge 10001-15000 PSI	MISCELLANEOUS OPERATING		CRA	Cased Hole Reservoir Analysis
HTC	High Temperature Cable	PC	Pressure Equipment OH-80P	RAS	Spectro CRA (GST)
NDS	NDS Charge	PC	Pressure Equipment OH-Well Head Control	FAL	Flow Analysis Log
MAST	Maat Truck - OS Mast	PC	Pressure Equipment CH-Well Head Control	SIP	Selective Inflow Performance
IO (*)	Incomplete Operation - Logging Service	PC	Pressure Equipment CH 5 000	SPC	Other Evaluations CH
IO (*)	Incomplete Operation - Production Service	PC	Pressure Equipment CH 10 000	FL-F	Flic Production free of Charge
CO	Cancelled Operation	PC	Pressure Equipment CH 5 000 H2S	RDS	
		PC	Pressure Equipment CH 10 000 H2S	KWS	Key Well Study
		PC	Pressure Equipment CH 15 000 H2S	PES	Permeability Estimate
		PC	Pressure Charge 0-1000 PSI	LID	Litho Facies Identification
		PC	Pressure Charge 1001-3000 PSI	RCE	Reservoir Calibrated Evaluations
		PC	Pressure Charge 3001-8000 PSI	SEIL	Statistical Estimate for Incomplete Logging
		PC	Pressure Charge 8001-10000 PSI	RGM	Reservoir Geometry Mapping Gridding
		PC	Pressure Charge 10001-15000 PSI	WPSF	Well Performance Study
		HTC	High Temperature Cable	SPR	Other RDS Products

(Courtesy SCHLUMBERGER)

STANDARD ABBREVIATIONS IN USE BY DRESSER ATLAS



Resistivity	
All Electrical Logging	EL
Induction Electrolog	IEL
Dual Induction Focussed Log	DIFL
Laterologging (except DL)	LLL
Dual Laterolog	DL
Minilog	ML
Microlaterolog - Minilog	MLL
Proximity Log - Minilog	PML
Dielectric Log	DCL
Radioactivity	
Gamma Ray	GR
Gamma Ray (Combo)	GRS
Gamma Ray (PFC)	PFC
Spectralog	SPL
Neutron Log (Single Det.)	NL
Sidewall Neutron	SWN
Compensated Neutron	CN
Compensated Densilog	CDL
Gamma - Neutron (TT)	GNL
Neutron Lifetime (1-11/16)	NLL
Neutron Lifetime (3-5/8)	NLL
Carbon Oxygen (Stationary)	COS
Carbon Oxygen (Continuous)	COC
Acoustilog	
Normal Space Acoustilog	AC
Long Space Acoustilog	ACL
Acoustic Amplitude Logging	AMP
Acoustic Signature Logging	SIG
Variable Density Log	VDL
Cement Bond Log	CBL
Seismic Reference Service	SRS
Sampling	
Multi Formation Tester (O/H)	FMT
Multi Formation Tester (C/H)	FMT
Formation Tester	FT
Pressure Recording W/FMT	PRT
Sidewall Coring	SWC
Diplog Directional	
4 Arm Diplog	DIP
Direction Survey (Dip Equip.)	DIR
Dip Frac Log	DFL

CLS, Data Processing	
Prolog	PLG
Prodip	PRD
TVD	TVD
Histogram/Crossplots	HCP
Level Listing	LLG
Data Transmission O/S	DTO
Data Transmission Land	DTL
Diplog Data Transmission	DTD
Telecopier Transmission	DTT
Other Computations	OCP
Plugs & Packers	
Junk Basket	JB
Junk Basket (Before BST)	JBB
Tubing Gauge Run	TBG
Bridge Plug Setting	BPS
Thru Tubing Bridge Plug	TPS
Dump Bailer	DB
Packer Setting	PS
Production	
Spinner Folog	CSF
Fluid Density	FDL
Temperature log (in Combo)	TLP
Temperature Log (Alone)	TL
Nuclear Folog	NFL
Packer Flowmeter	PFL
Basket Flowmeter	BFL
HP (Run Alone)	HPM
HP (With SPT)	HPP
Radioactive Tracer Tool	RTT
Production Fluid Sampling	PFL
Sonan	SNL
Auxiliary	
Freepoint Indicator	FPI
Back Off (After FPI)	BOI
Back Off (Alone)	BO
Tubing Cutter	TC
Chemical Cutter	CC
Customer Instrument Service	CIS
Caliper Log	CAL
Multi-Finger Caliper	MCL
Depth Determination (O/H)	DDO
Depth Determination/Sinker Bar (C/H)	CCL

(Courtesy DRESSER ATLAS)