

### 1. Introduction

Les diagraphies sont des enregistrements, dans un sondage, de mesures de paramètres physiques caractéristiques des formations traversées.

*Remarque* : Avant de pouvoir utiliser les diagraphies il faut faire une différence entre les forages exécutés au rocher, et qui sont le plus souvent en trou ouvert, et ceux exécutés en terrains meubles et donc tubés pour éviter l'effondrement des parois.

*Définition* : Une diagraphie instantanée enregistre les caractéristiques de la formation pendant le forage.

*Définition* : Une diagraphie différée détermine les caractéristiques de la formation après le forage.

### 2. Diagraphie acoustique

#### 2.1 Appareillage

Un appareil de diagraphie acoustique consiste en un ou deux émetteurs et deux à quatre récepteurs, tous disposés dans un instrument nommé sonde ; celle-ci est descendue dans le forage.

La figure 1.a représente la sonde sonique à compensation de Schlumberger. Elle se compose de deux sources d'impulsions sismiques  $S_1$  et  $S_2$  et de quatre récepteurs  $R_1$  à  $R_4$  : l'intervalle  $R_1R_3$  est égal à l'intervalle  $R_2R_4$ , soit 2 ft. La vitesse se déduit de la mesure des différences de temps d'arrivées d'une impulsion émise en  $S_1$  et reçue par  $R_2$  et  $R_4$  et, de la même manière, de  $S_2$  à  $R_3$  et  $R_1$  : on prend la moyenne des durées de trajet dans les deux sens.

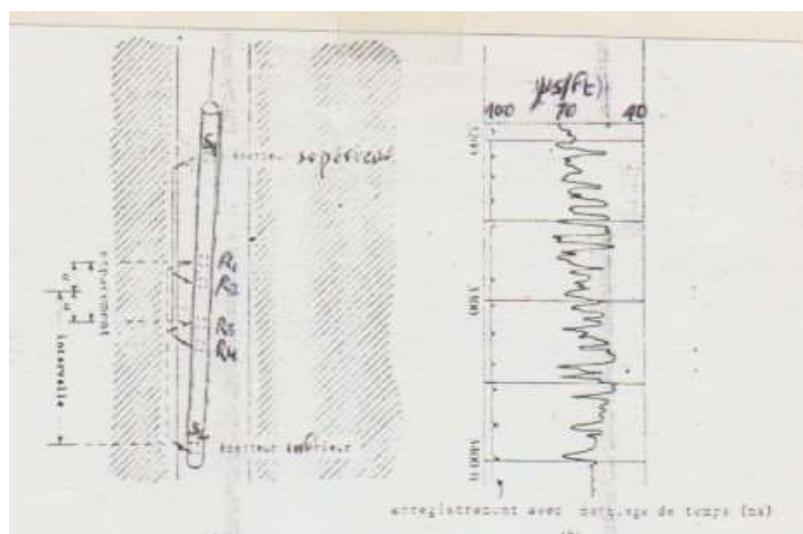


Figure 1 (a et b) : a. Sonde compensée.  
b. Diagraphie acoustique.

Le *log* sonique (figure 1.b) se présente comme le rapport du temps de trajet entre deux récepteurs (en  $\mu\text{s} / \text{ft}$ ), en fonction de la profondeur.

## 2.2 Détermination de la porosité

L'enregistrement indique le temps mis par l'onde acoustique pour parcourir l'unité de distance ( $\mu\text{s} / \text{ft}$ ). On en déduit la porosité, à l'aide de la formule empirique de Willye appelée équation de temps moyen :

$$\Delta t = \frac{1}{V_r} = \frac{\Phi}{V_f} + \frac{(1 - \Phi)}{V_m}$$

$$\Phi = \frac{\Delta t - \Delta t_m}{\Delta t_f - \Delta t_m}$$

Avec :

$\Delta t$  : temps de trajet dans la formation.

$V_r$  : vitesse mesurée dans la formation.

$V_f$  : vitesse dans le fluide qui remplit les pores.

$V_m$  : vitesse de la matrice.

$\Phi$  : porosité de la matrice.

Les vitesses de diverses matrices sont données dans le tableau 1.

Matière	Vf ou Vm [ft / s]	$\Delta t$ [ $\mu\text{s} / \text{ft}$ ]
Eau (pure à 20% de salinité)	5 250 - 4 600	190 - 217
Sel	15 000	66.7
Argile	16 000	62.5
Sables meubles	17 000	58.8
Sables consolidés	19 000	52.6
Calcaire	21 000	47.6
Dolomie	23 000	43.5

Tableau 1 : Vitesses dans les fluides et les matrices.

## 3. Diagraphies radioactives

### 3.1 Diagraphie gamma-ray

Le principe de la diagraphie gamma-ray est de mesurer la radioactivité naturelle. Cette méthode est le plus souvent employée pour mettre en évidence les couches argileuses qui contiennent des éléments radioactifs.

Le *log* d'une gamma-ray se présente sous la forme d'une courbe dont l'amplitude en fonction de la profondeur est graduée, généralement, en coups par seconde (cps). Les échelles couramment utilisées vont de 0 à 100, ou de 0 à 300 cps.

Remarque : Bien qu'essentiellement utilisée pour la reconnaissance des couches argileuses, la mesure gamma-ray est un excellent moyen de repérage de marqueur, à l'intérieur de couches

non-argileuses, renfermant des minéralisations susceptibles d'être détectées par leurs ions K, Th et U. ainsi, si les argiles sont toujours signalées par une réponse de la mesure gamma-ray, une déflexion positive de la courbe ne signifie pas toujours une présence d'argile. C'est le contexte géologique qui orientera l'interprétation (figures 2 et 3).

Remarque : Si la diagraphie est faite trop rapidement, l'effet de lissage peut, conduire à des résultats erronés (figure 3).

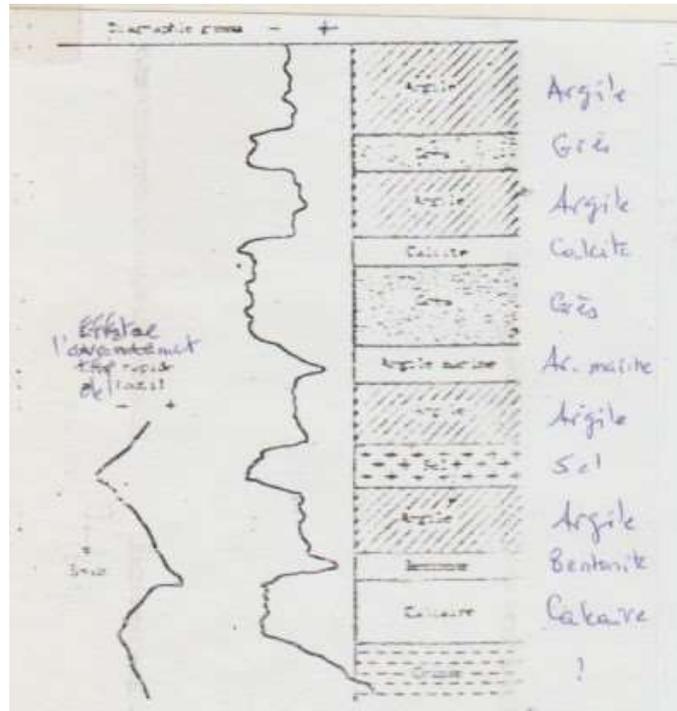


Figure 2: Gamma-ray.

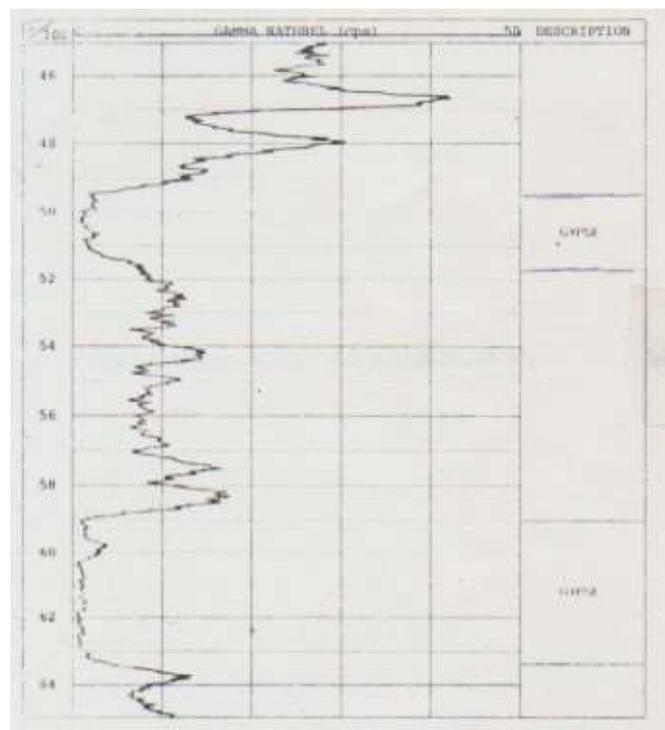


Figure 3: Exemple de gamma-ray.

## 3.2 Diagraphie gamma-gamma (diagraphie de densité)

### 3.2.1 Principe

La diagraphie gamma-gamma est basée sur le principe de l'interaction entre une radioactivité incidente et les composants de la formation soumis au bombardement radioactif ; il s'agit de radioactivité provoquée. La formation est bombardée par un faisceau de rayons gamma provenant d'une source radioactive et un récepteur permet de mesurer le rayonnement gamma diffusé. On peut montrer que l'intensité du rayonnement diffusé est une fonction de la densité de la roche. Plus un terrain sera dense, plus le rayonnement sera amorti.

### 3.2.2 Appareillage

La figure 4 représente un schéma de l'appareil utilisé en diagraphie de densité. En bas de la sonde se trouve une source concentrée de rayons gamma, en général du  $\text{Co}^{60}$  ou bien du  $\text{Cs}^{137}$ . Le détecteur est un compteur à scintillations ; il est placé à 45 cm au-dessus de la source. La sonde est appuyée par un ressort contre la paroi du forage. La source et le détecteur sont enveloppés d'un blindage plomb, à l'exception d'une fenêtre, face à la paroi ; ainsi, seuls atteignent le détecteur les rayons gamma qui ont traversé la formation adjacente.

Remarque : Le rayon d'investigation maximal est d'environ 15 cm. La plus grande partie du signal provient de la portion de roche située à moins de 7 cm de la paroi.

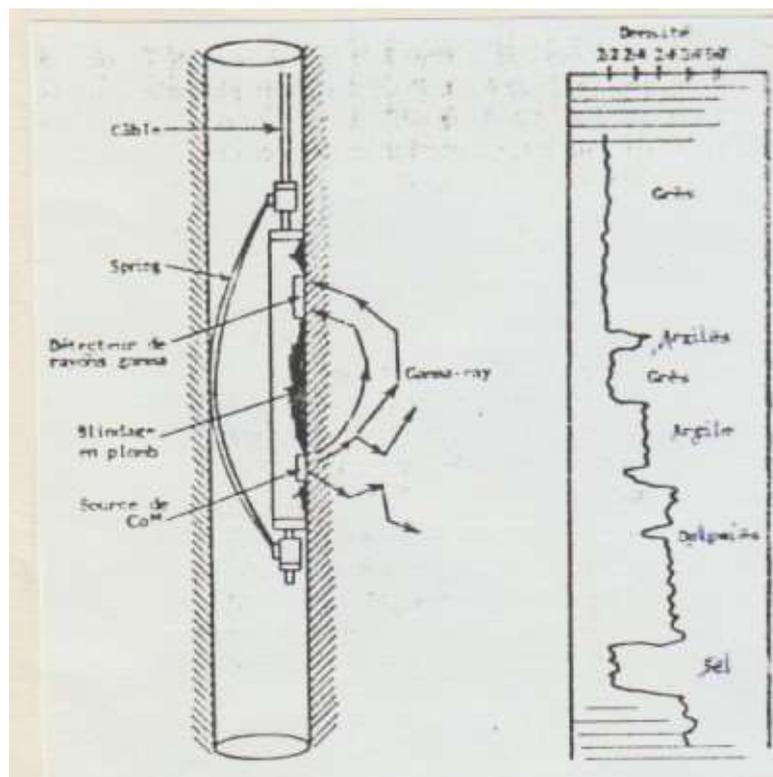


Figure 4: Appareillage de diagraphie de densité et enregistrement.

### 3.2.3 Courbe gamma-gamma

Le document d'une diagraphie gamma-gamma se présente sous forme d'une courbe en cps (figure 5). Il est recommandé cependant d'inverser l'échelle de sorte que la densité augmente vers la droite.

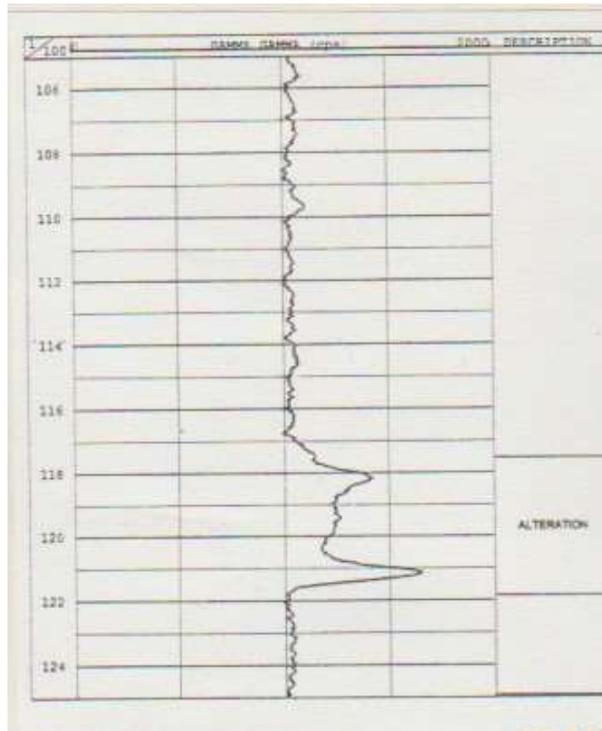


Figure 5: Exemple de gamma - gamma.

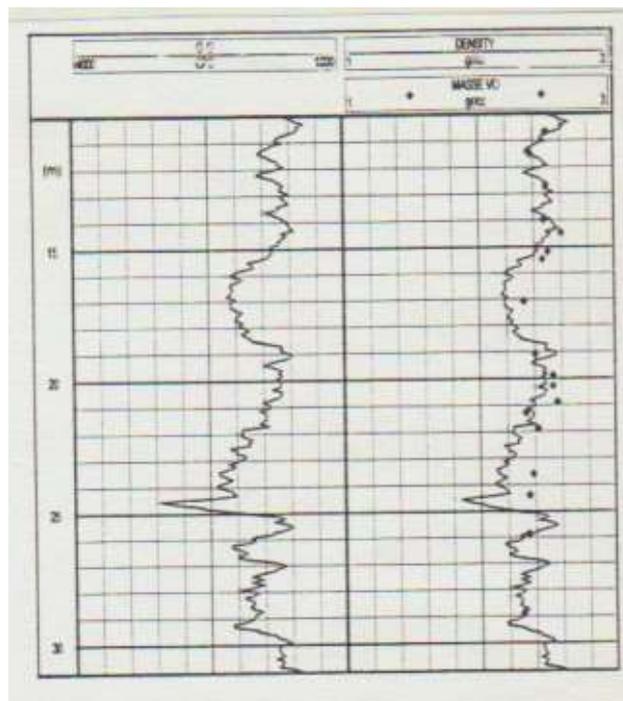


Figure 6: Transformation du gamma-gamma en courbe de densité.

Remarques :

- La courbe gamma-gamma peut donner de précieuses indications sur la lithologie (différences de densité).
- Les zones déconsolidées peuvent être mises en évidence.
- Cette mesure pourra aussi être utilement exploitée pour la vérification, par exemple, d'une injection d'un coulis de ciment.