

## 5. LE GAMMA RAY

### 5.1. Introduction

Les diagraphies font un usage intensif de la mesure de la radioactivité dans les forages. Les logs nucléaires ont en effet un grand avantage, **ils peuvent être enregistrés en trous ouverts ou tubés, vides ou remplis de n'importe quel type de fluide.**

Les plus couramment utilisés sont : **le gamma ray**, qui est une mesure de la radioactivité naturelle, Le log **gamma-gamma** et le log **neutron** qui sont des mesures de radioactivité provoquée.

### 5.2. La radioactivité naturelle.

Le log nucléaire le plus simple, **le gamma ray**, est une mesure de **la radioactivité naturelle** existant dans certaines roches (Fig. 5.1).

Ce log apporte des informations lithologiques ; il met bien en évidence les charbons, les évaporites et surtout les niveaux d'argiles qui constituent souvent les limites des réservoirs dans le sous-sol.

D'autre part, le log gamma permet d'estimer le pourcentage d'argile dans les formations sableuses. Contrairement au log P.S. qui a la même fonction, il peut être utilisé dans les forages tubés, en présence de boues résistantes et dans les forages remplis d'air.

#### Les éléments radioactifs dominants

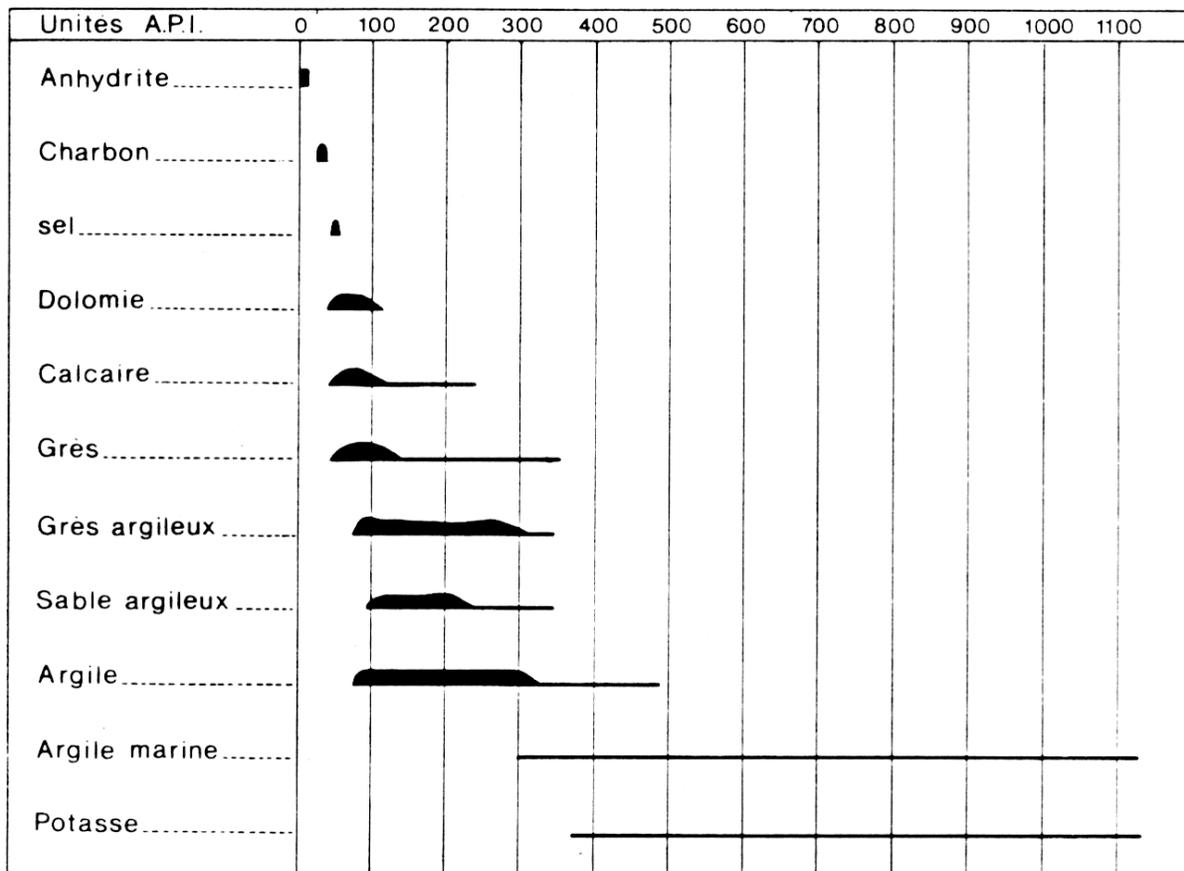
De très nombreux isotopes naturels sont radioactifs. Seuls trois d'entre eux jouent un rôle notable dans la radioactivité naturelle des minéraux et des roches. Les autres sont extrêmement peu stables ou extrêmement rares.

Les trois isotopes qui intéressent le géophysicien sont : l'uranium, le thorium et le potassium 40.

Toutes les roches peuvent à priori être radioactives du fait de la dissémination très générale de ces éléments, cependant leur fixation préférentielle sur les sédiments fins fait que ceux-ci sont généralement plus radioactifs que les sédiments grossiers. D'autre part les argiles se montrent le plus souvent fortement radioactives cette particularité peut avoir des causes très diverses :

- Il s'agit d'argiles potassiques.
- Les argiles ne sont pas potassiques mais elles s'accompagnent de nombreux minéraux accessoires à potassium, uranium et thorium.
- Les argiles, à l'origine non radioactive, ont adsorbé des cations comportant uranium et thorium. Ce cas est fréquent.

De plus certains types lithologiques sont naturellement radioactifs : niveaux de sels potassiques, hard ground phosphatés, grès micacés de mer du nord etc.



**Figure 5.1 : Radioactivité des principales roches sédimentaire.**

En fait les principales roches réservoirs peuvent être classées selon leur degré de radioactivité.

#### **Roches à radioactivité élevée :**

- granites potassiques et roches en décaillant,
- certains sables et grès riches en minéraux accessoires à uranium et thorium,
- phosphates,
- évaporites potassiques,
- la plupart des argiles,
- schistes noirs.

#### **Roches à radioactivité moyenne :**

- grès et sables,
- gneiss.

#### **Roches à radioactivité faible :**

- calcaires et dolomies,
- charbons en général,
- évaporites sans potassium, halite, anhydrite,

- roches basiques et ultrabasiques.

### 5.3. Le paramètre enregistré

Il existe plusieurs outils gamma ray ; on peut en effet mesurer tout l'éventail des émissions gammas produites par la formation ou, par un choix convenable de fenêtres d'énergie, faire une discrimination entre le rayonnement dû au potassium, celui dû au thorium et celui dû à l'uranium. On parle dans ce cas de spectrométrie gamma (Fig. 5.5).

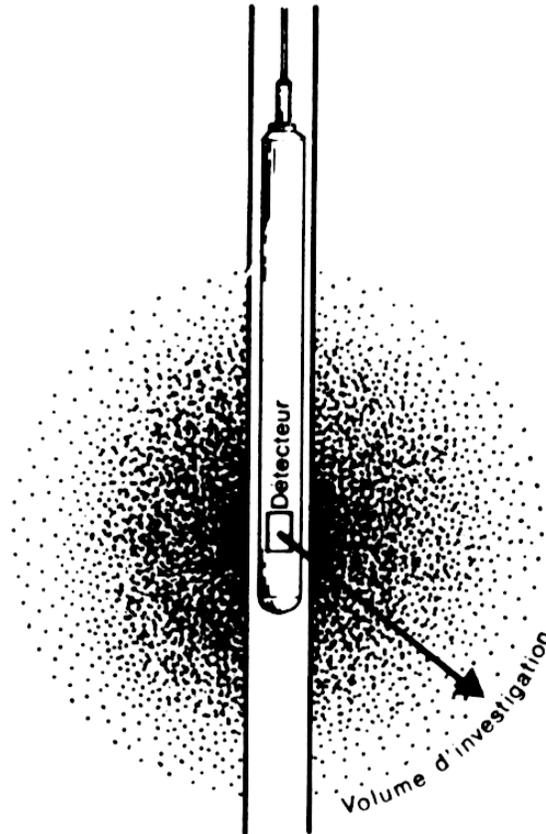


Figure 5.2 : Volume d'investigation du gamma ray.

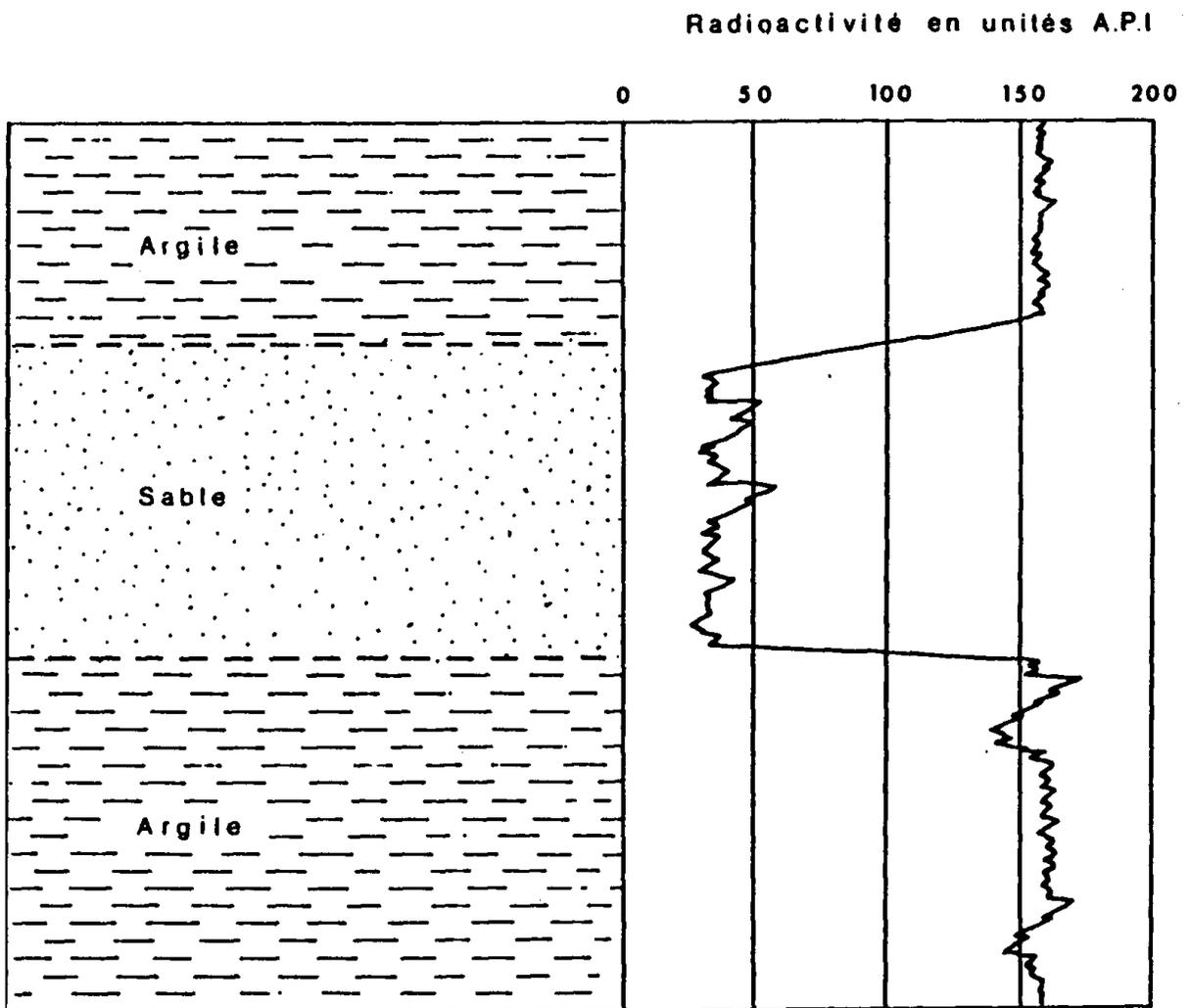


Figure 5.3 : Radioactivité naturelle des argiles.

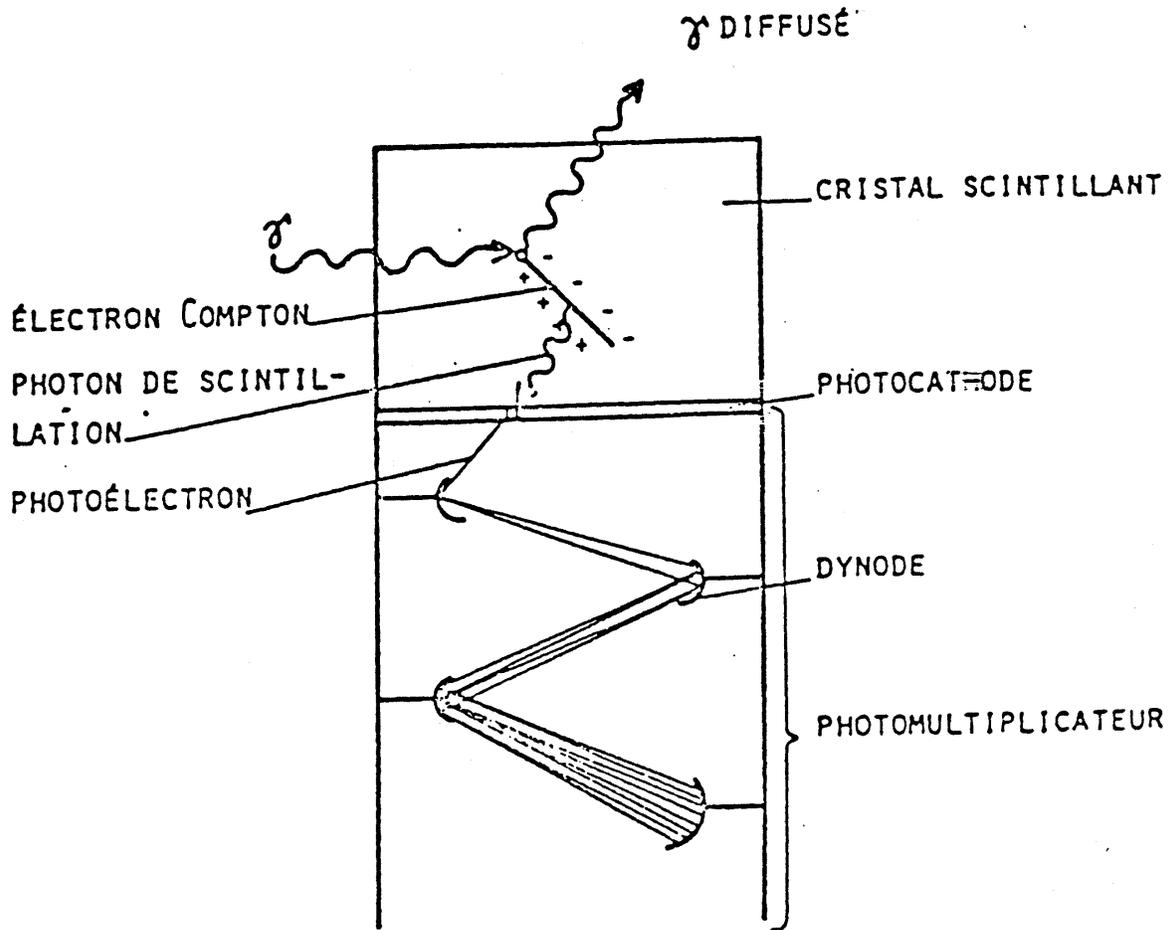


Figure 5.4 : Principe de fonctionnement du compteur à scintillation.

## 5.4. La mesure

### 5.4.1. La mise en œuvre

Les outils modernes utilisent un compteur à scintillation qui fonctionne de la façon suivante : un cristal scintillant (le plus souvent iodure de sodium activé au thallium) émet un photon lumineux lorsqu'il est atteint par un rayon gamma. Cette photo émission est transformée par un photomultiplicateur en une impulsion électrique amplifiée pour devenir mesurable. L'intensité de chaque émission lumineuse est proportionnelle à l'énergie des photons gammas qui l'ont produite. En définitive donc l'impulsion électrique mesurée est proportionnelle à l'énergie de la radiation gamma incidente (Fig. 5.4).

La sensibilité de ces compteurs est fonction de la taille et de la forme du cristal. Plus le cristal utilisé est grand, plus le nombre d'impulsions mesurées est important.

Le cristal mesure en général quelques centimètres cubes, ce qui permet une excellente définition verticale par contre la température a une grande influence et ces compteurs sont le plus souvent dans des vases Thermos.

#### 5.4.2. Echelle et unités

Les diagraphies gamma ray sont enregistrées avec des unités très variées. En diagraphie pétrolière, l'unité utilisée est actuellement l'A.P.I. (American Petroleum Institute). Cette unité est normalisée, 16,5 unités A.P.I. correspondent à une concentration d'éléments radioactifs équivalente à 1 µgramme de radium par tonne.

Les argiles ont une activité variant entre 100 et 200 A.P.I., les sables 30 à 80, les carbonates 10 à 50.

Dans les appareils simples qui servent aux recherches d'eau, les unités ne sont que relatives et rarement calibrées, il s'agit le plus souvent de coups par secondes, **cps**, ou coups par minute, **cpm**.

Par convention, la valeur de la radioactivité **augmente vers la droite** sur les enregistrements.

Le nombre d'A.P.I. ou de cps pour une radioactivité donnée dépend de la taille du cristal de l'électronique de l'outil, mais aussi de la constante de temps et de la vitesse d'enregistrement

En effet un facteur important dans l'interprétation des logs nucléaires est la nature statistique de l'émission radioactive.

Il est impossible de prédire combien d'atomes vont se désintégrer ou combien de photons gammas seront émis pendant une courte période de temps. La mesure se fait donc pendant un certain **temps T que l'on appelle constante de temps**. T représente le temps en secondes pendant lequel on fait une moyenne des événements mesurés (Fig. 5.5 et 5.6).

Une constante de temps importante tend à réduire la magnitude des fluctuations.

Un autre paramètre important est **la vitesse d'enregistrement**, en effet si l'on choisit une grande constante de temps cela entraîne des distorsions aux limites de bancs si la vitesse d'enregistrement n'est pas adaptée. La vitesse d'enregistrement sera d'autant plus lente que la constante de temps choisie sera grande.

On considère généralement que la sonde ne doit pas se déplacer de plus d'un pied pendant une constante de temps. C'est une règle qui permet d'obtenir de bonnes diagraphies de rayons gammas.

De plus pour quantifier la partie aléatoire de la partie réellement due à la formation de la mesure il est obligatoire de faire une repeat section (doublé le log avec le même outil). La différence entre les deux logs correspondra à la partie aléatoire du signal.

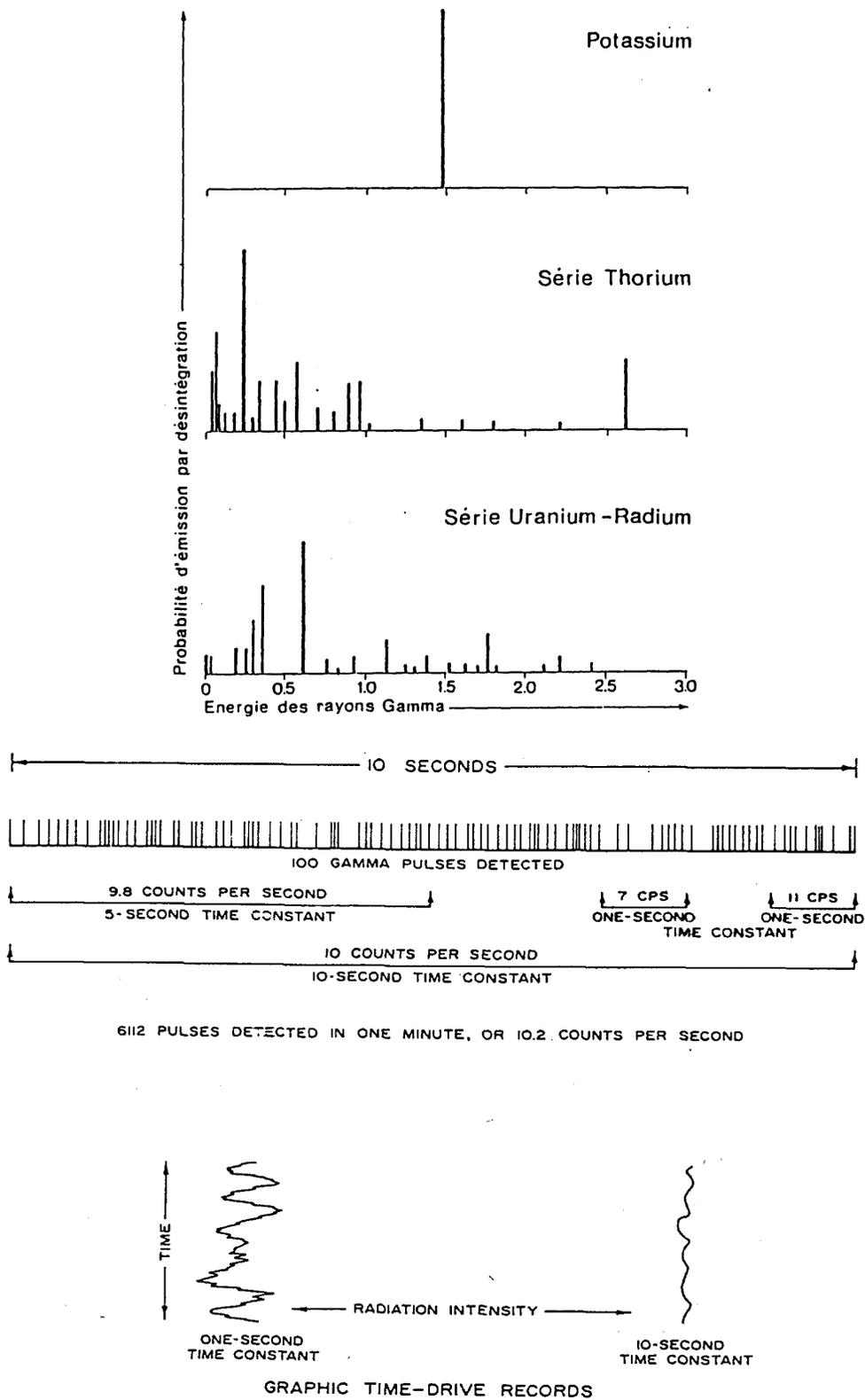


Figure 5.5 : Effet de la constante de temps et spectrométrie gamma.

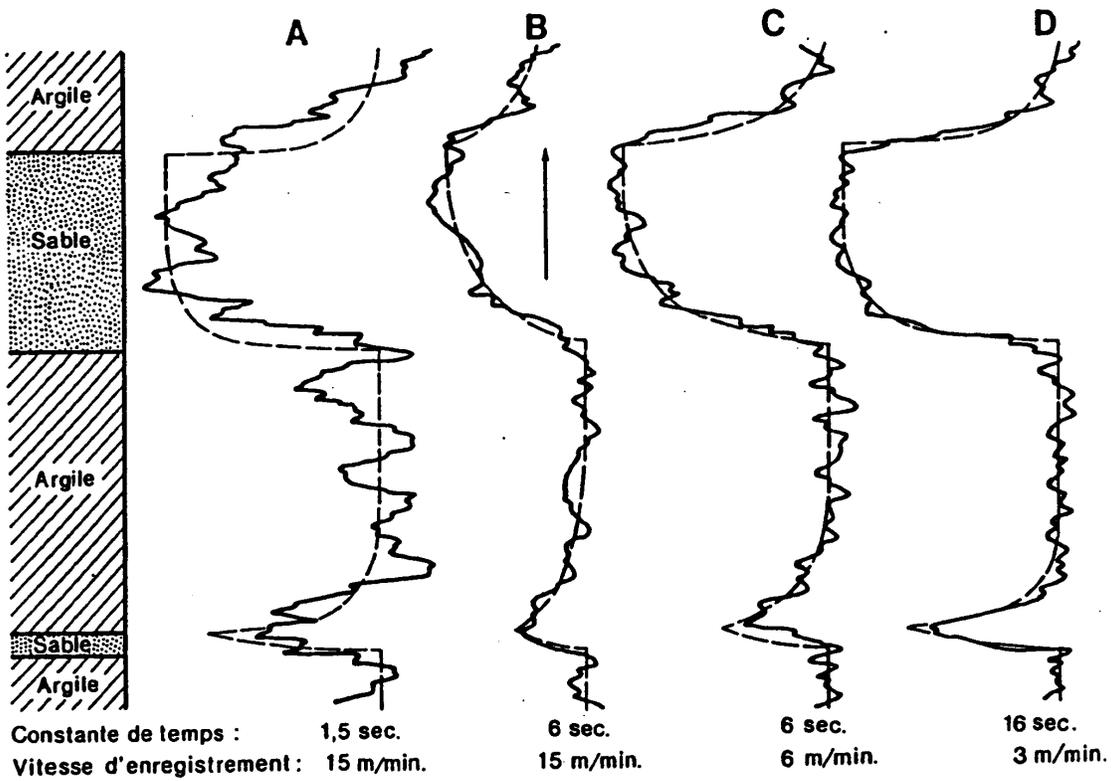
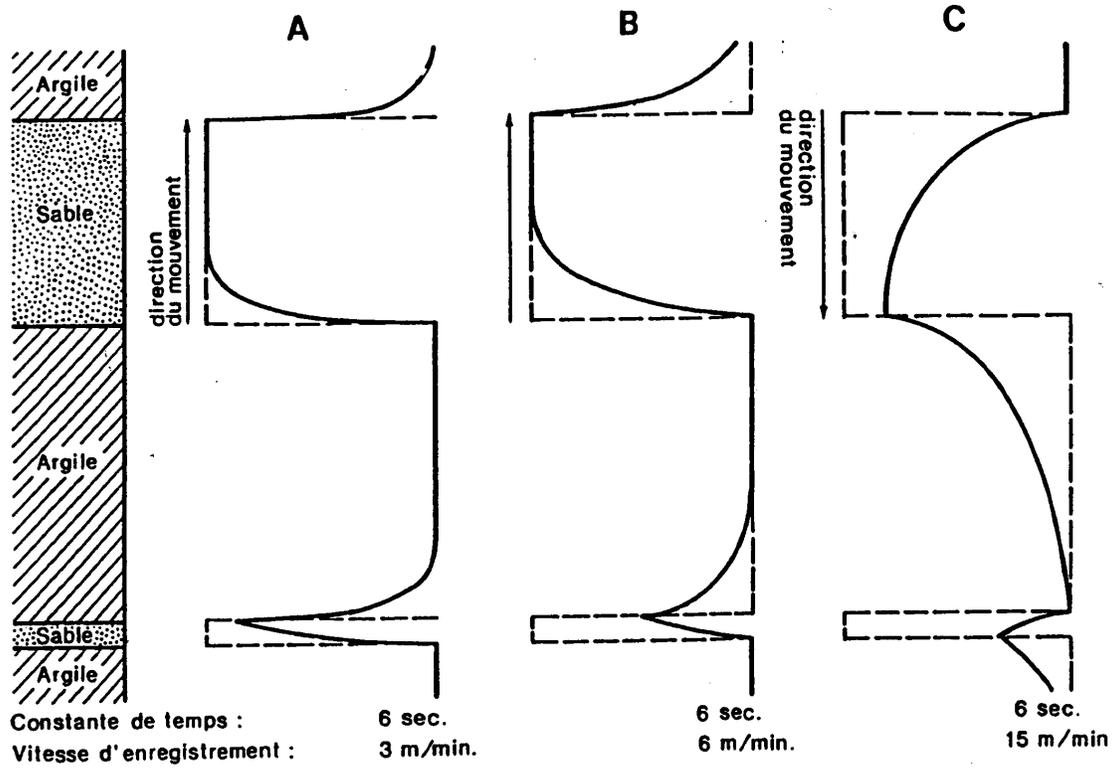


Figure 5.6 : Effets de la vitesse d'enregistrement et de la constante de temps.