

JAUGES D'ÉTUDE DES LOIS DE TASSEMENT DES SÉDIMENTS FINS ET DE DENSITÉ DES CAROTTES PRÉLEVÉES

par A. Caillot *
G. Courtois *
C. Migniot **
et M. Ottmann ***

Ces appareils s'insèrent dans la série des dispositifs permettant, par des procédés non destructifs, de déterminer certaines caractéristiques physiques des carottes sédimentaires ou des suspensions de vase en cours de tassement.

Une analyse physique, même sommaire, est souvent précieuse si elle peut être obtenue rapidement, sur un nombre important d'échantillons, sans avoir recours à un procédé destructif. La mesure peut être continue ou discontinue et être réalisée au laboratoire ou — dans certaines conditions — sur le terrain.

Ces dispositifs de mesure sont équipés d'appareils électroniques standards de mesures radioactives, portatifs et robustes, fonctionnant avec leurs réglages habituels. Ces composants — que de nombreux laboratoires géologiques possèdent déjà — sont très souvent utilisés à d'autres mesures de radioactivité naturelle ou artificielle, en laboratoire ou en nature.

Enfin une bonne souplesse d'utilisation a été recherchée afin de s'adapter aux mesures particulières et aux moyens existants des laboratoires intéressés.

Principe

La méthode utilisée dans les deux dispositifs décrits ci-dessous repose sur l'absorption de rayons γ par la matière d'un échantillon interposé entre la source radioactive émettrice de rayons γ et le détecteur à scintillations.

Si n_0 photons pénètrent dans un échantillon d'épaisseur

x et de masse volumique ρ , il n'y a que n photons transmis. La relation liant n , n_0 , x et ρ étant :

$$n = n_0 e^{-(\mu/\rho)\rho x}$$

μ/ρ étant le coefficient massique d'atténuation en cm^2/g .

Étant donné qu'il est mal aisé de mesurer n_0 , nombre de photons incidents, une mesure de référence avec de l'eau pure permet de s'en affranchir.

On étalonne donc l'appareil avec une série d'échantillons de densité connue dans des conditions de mesure et de géométrie rigoureusement identiques.

La mesure de la densité d'un échantillon — dans les mêmes conditions — s'effectue ensuite par l'intermédiaire de la courbe d'étalonnage obtenue.

Appareil pour mesurer la densité des carottes prélevées par absorption des rayons γ

L'appareil est conçu pour mesurer la densité absolue des sédiments dans une carotte dont l'enveloppe est en matière plastique, avec une précision de l'ordre de 3 %, le diamètre des échantillons pouvant être compris entre 5 et 11 cm, et leur longueur entre 0,5 et 3 m.

L'ensemble se compose :

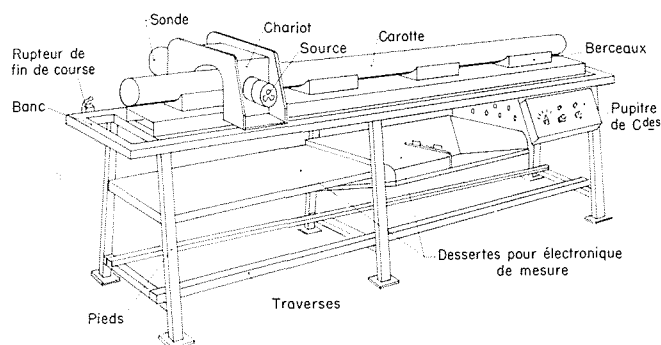
a) d'une tête de mesure comportant :

— un « collimateur-source » en plomb définissant la position géométrique d'une source radioactive émettant les rayons γ . Cette source est fixée à un porte-source servant à son introduction et à son extraction du collimateur;

— un « collimateur-détecteur », également en plomb, définissant la position géométrique du détecteur et servant à diaphragmer le rayonnement diffusé.

b) d'un banc de mesure sur lequel se déplace librement ou par entraînement électromécanique la tête de mesure glissant de part et d'autre de l'échantillon disposé horizontalement sur ce banc (fig. 1);

c) d'un ensemble électronique standard et portatif permettant de recueillir les informations soit sous forme analogique, soit sous forme digitale.

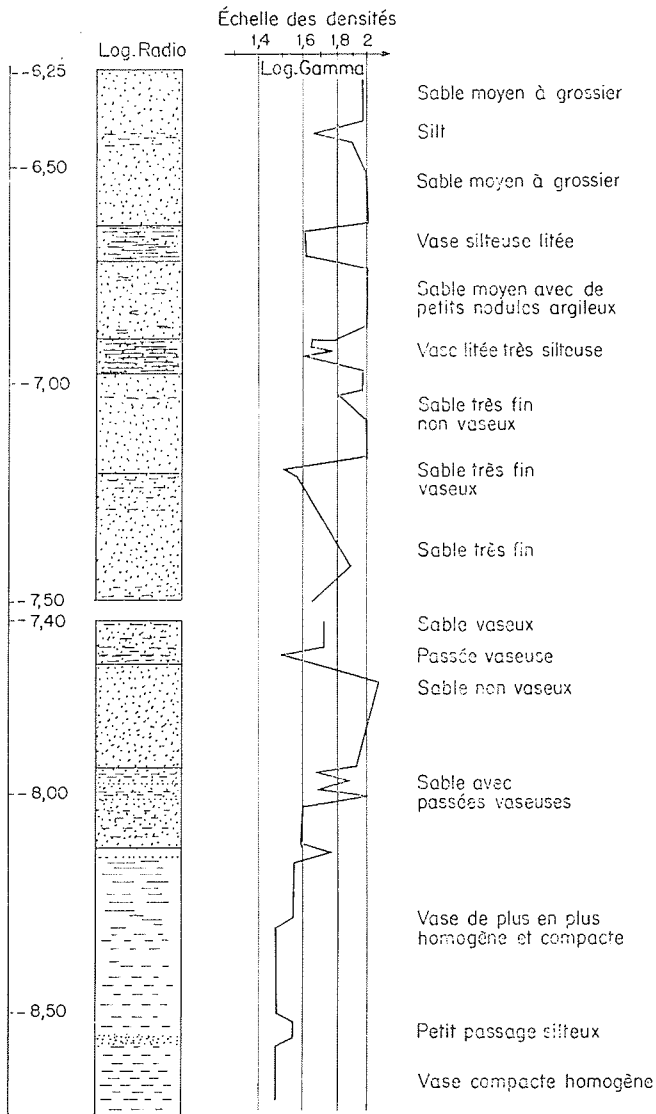


1/ Banc de gammadensimétrie.

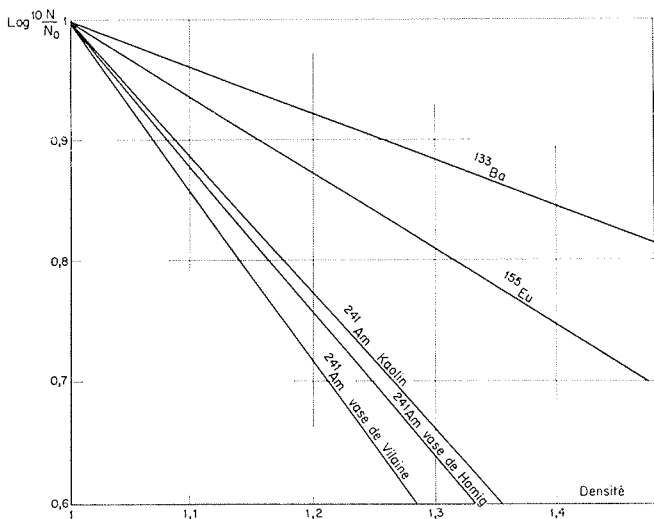
* Commissariat à l'Énergie Atomique, Section d'applications des Radioéléments, Saclay.

** Laboratoire Central d'Hydraulique de France, Maisons-Alfort.

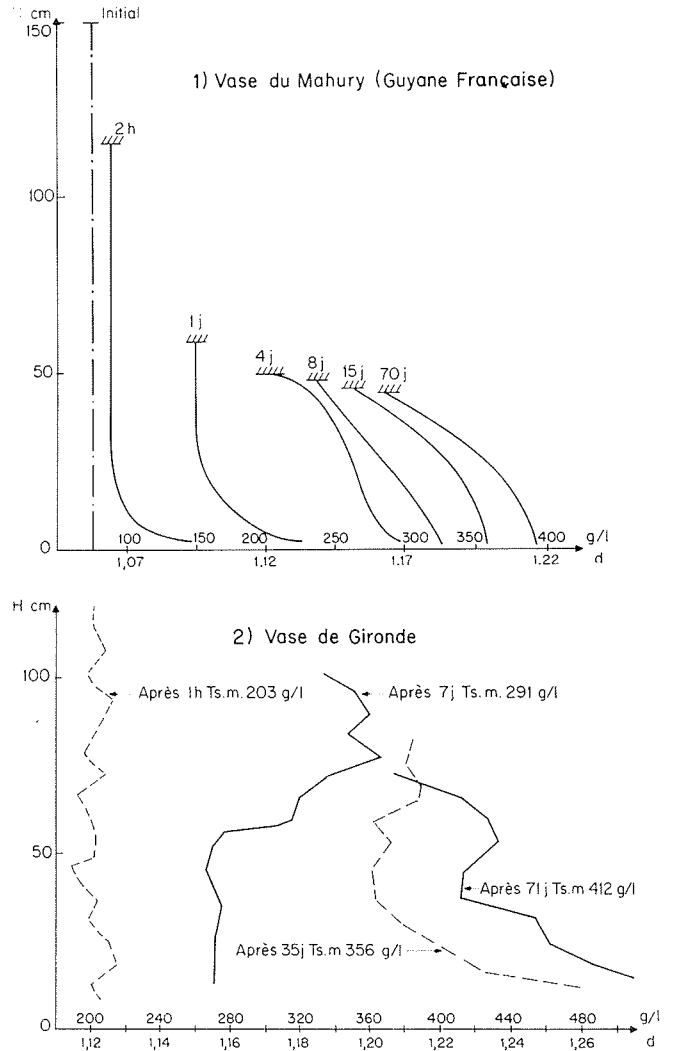
*** Faculté des Sciences de Nantes, Laboratoire de Géologie Marine.



2/ Détermination de densité de carottes.



3/ Exemples de courbes d'étalonnage (diamètre des carottes 9 cm).



4/ Variation de la concentration dans la vase en cours de tassement.

La source radioactive, du type source scellée, est dans ce cas du baryum 133, émettant des rayons γ dont l'énergie moyenne est de l'ordre de 300 KeV. La période du baryum 133 est de 7,5 ans et l'activité des sources employées est comprise entre 0,5 et 1,5 m Ci.

A titre d'exemple, sur la figure 2 le lecteur peut voir la mesure et l'interprétation de la densité d'une carotte.

Appareil pour étudier les lois de tassement des sédiments fins

Parmi les paramètres systématiquement étudiés, le tassement naturel d'un dépôt de sédiment pélicite (vases - limons - argiles) en fonction du temps, permet de caractériser ce sédiment. Après un temps de tassement prolongé, on met également en évidence un gradient de concentration entre la surface et le fond du culot de tassement.

L'observation, la mesure et l'interprétation de ces états sont essentiels aux sédimentologues.

Jusqu'à maintenant, la technique consistait à suivre la diminution de la hauteur du culot, la détermination du gradient de concentration ne pouvant s'effectuer qu'en fin d'expérience par destruction de l'échantillon.

Cet appareil est composé des mêmes éléments que

ceux décrits ci-dessus, mais conçu pour travailler dans un plan vertical afin d'explorer le culot en cours de tassement.

La gamme des densités à mesurer — comprises entre 1 et 1,6 — et la nécessité de disposer d'un contraste suffisant pour apprécier les faibles variations de densité, font que l'on doit utiliser des rayons γ de faible énergie tout en n'étant pas sensible à la composition élémentaire des échantillons.

Ce dispositif est donc équipé d'une source d'Europium

155 dont seuls les rayons γ de 87 et 105 KeV sont utilisés. La période de ce radioélément est de 1,7 ans. L'activité de la source employée est de 1,5 m Ci, ce qui permet de l'utiliser pendant trois à quatre ans.

Le baryum 133, séduisant par sa longue période, ne donne pas un contraste suffisant au contraire de l'américium 241 qui est, par contre, trop sensible à la composition élémentaire des échantillons (fig. 3).

Ces appareils vont être prochainement commercialisés.

Discussion

Président : M. BOURGOIN

M. le Président : « Je remercie M. COURTOIS pour son intéressante communication qui a passé en revue rapidement mais complètement les jauges et leurs applications. Je donne maintenant la parole aux personnes qui ont des questions à poser. »

M. X. : « Je voulais savoir quel était le prix de revient d'une analyse par activation neutronique. »

M. COURTOIS : « Je ne suis pas très fort sur cette question. Je peux néanmoins vous dire ceci : le prix dépend de ce que vous recherchez et dans quoi vous le recherchez et du nombre d'éléments que vous voulez analyser. M. ROBIN va vous donner des explications plus détaillées à ce sujet. »

M. ROBIN (l'Atome industriel) : « M. COURTOIS a très bien répondu à cette question. On ne peut pas donner un prix d'analyse sans délimiter exactement les données du problème, c'est-à-dire la nature de l'échantillon, le nombre d'échantillons, les éléments que l'on veut doser. Il est certain que c'est une méthode qui, dans certains cas, est relativement chère, mais il faut voir qu'elle permet d'atteindre des performances exceptionnelles surtout dans le domaine des analyses de traces qui sont difficiles à effectuer par d'autres moyens. Pour vous donner une « fourchette » de prix, disons que certaines analyses coûtent 5 F par détermination et que certaines coûtent 200 F avec un prix moyen qui peut osciller autour de 60 à 80 F par analyse. Ceci est un ordre de grandeur. Il est certain que s'il y a de grandes séries, pour des problèmes industriels par exemple, où on a fait des séries d'analyses de plusieurs centaines d'échantillons, les prix unitaires descendent à 10 à 15 F. »

M. X. (E.D.F.) : « Je ne veux pas poser une question mais citer une application d'un des dispositifs que vous avez évoqué tout à l'heure dans un cas de sédimentation un peu particulier puisqu'il s'agit des chutes de neige. Au fond, une chute de neige ce n'est pas autre chose qu'une sédimentation atmosphérique et alors là le principe d'un mouvement parallèle du détecteur et de la source est appliqué. Le détecteur de la source se déplace dans deux tubes en matière plastique et mesure tous les 10 cm la densité de la couche de neige. On peut faire l'intégration. Lorsque la délivrance des signaux devient brusquement très rapide c'est qu'on est sorti de la couche de neige et l'intégration donne l'équivalent en eau de la couche de neige. Maintenant, en ce qui concerne la sédimentation des barrages, je dois dire que nous utilisons plutôt un simple sondage par ultrasons qui donne des résultats sans doute plus rapides et qui permet de cuber aussi bien. J'ai entendu parler tout récemment d'un détecteur tout à fait nouveau qui aurait vu le jour évidemment aux Etats-Unis et qui serait constitué par une diode à semi-conducteur qui permettrait des sensibilités beaucoup plus grandes qu'un détecteur à scintillation et je serais content de savoir si vous avez entendu parler d'un tel dispositif. »

M. COURTOIS : « Je pense que nous connaissons les détecteurs à semi-conducteur. On ne peut pas dire qu'ils soient beaucoup plus sensibles : ils permettent une résolution des énergies reçues beaucoup plus importante. Mais ces utilisations de semi-conducteurs ne sont sûrement pas, pour l'instant, suffisamment au point pour une utilisation sur chantier. Dans toutes les applications que je vous ai citées, j'ai surtout essayé de vous montrer quelle pouvait être leur utilisation pratique dans des cas concrets sur des barrages ou en mer. »

Les appareils à diodes ou à semi-conducteurs sont utilisés essentiellement par des spécialistes, en laboratoire, car ils nécessitent une infrastructure locale, par exemple des infrastructures de refroidissement qui sont importantes et qui ne peuvent sûrement pas être utilisées en tous cas pour l'instant sur le chantier. »

M. X. (E.D.F.) : « Je voudrais citer un cas où ces méthodes auraient été utiles. J'ai eu l'occasion de faire sur des barrages, en Afrique du Nord, des évacuations de sédiments par courant de densité. Elles ont donné d'ailleurs d'excellents résultats puisqu'on évacuait, dans un certain barrage, la moitié de l'apport solide annuel qui variait entre 1 million et 5 à 6 millions de m³ par an pour un bassin de versant de 650 km². Nous évacuions des vases, des courants de densité au fur et à mesure de leur arrivée au barrage (la retenue avait 5 à 6 km de longueur), par l'ouverture de vannettes de fond. Il s'agissait de détecter quel était le moment exact où il fallait évacuer ces courants de densité. Nous avons mis au point un procédé par cellules photoélectriques qui donnait le moment où la turbidité dans la retenue était correcte pour pouvoir évacuer. Nous nous sommes rendu compte que les courants de densité s'évacuaient correctement jusqu'à une densité de l'ordre de 1,100 à peu près. Certainement que vos méthodes auraient été intéressantes. Je voudrais rappeler aussi un autre cas. Est-ce que nous pouvons joindre à ces méthodes dont vous avez parlé, certains types de jauges qui ont été mis au point au Laboratoire de Mécanique des Sols de l'Université de Grenoble par M. WACK, et qui ont été utilisés en particulier pour les mesures de compactage au barrage du Mont-Cenis (teneur en eau et densité de compactage). Les utilisateurs, collègues de l'équipement à l'époque, étaient au début assez sceptiques sur les possibilités de cette méthode, mais rapidement il s'est avéré qu'elle donnait d'excellents résultats. Il ne fallait cependant pas lui demander une précision exagérée. Elle ne remplace pas les mesures de densité et de teneur en eau qu'on peut faire sur des échantillons prélevés sur le terrain et examinés en laboratoire, mais elle permet de recouper ce type d'examen. D'autre part, M. WACK a fait aussi des mesures de densité par ces méthodes (densité et teneur en eau des échantillons en cours d'expérimentation dans des appareils triaxiaux). Cela lui a permis de voir quelle était la répartition des densités et teneurs en eau suivant trois axes. »

M. COURTOIS : « J'ai évoqué cette question dans ma conférence quand je disais que les méthodes de mesure de densité *in situ* doivent le jour au développement qui en a été fait par les pédologues. Quand je parle des pédologues, je n'ai pas voulu citer un certain nombre de gens, M. WACK en fait partie J'ai cité les travaux du laboratoire des Ponts et Chaussées en France. Il faudrait citer plusieurs travaux qui ont été faits avec les jauges d'humidité dans les services d'agronomie, par exemple au C.E.N. de Cadarache, et les travaux qui ont été menés également à Grenoble par notre Section; mais tout ceci est limitrophe de la sédimentologie. Mais je crois l'avoir dit assez clairement dans ma conférence, il est bien certain que toute personne intéressée par ces études de densité et d'humidité *in situ* doivent d'abord faire la bibliographie de tout ce qui a été fait dans le domaine pédologie, dans le domaine de compactage des sols et dans le domaine routier. »

M. le Président : « M. COURTOIS, vous avez parlé de la difficulté de la mesure des densités *in situ* et du fait que les Américains n'ont pas encore commercialisé ce matériel. Est-ce que vous en connaissez vraiment les raisons? Il semble que cette application est très intéressante. »

M. COURTOIS : « Je ne pourrai pas vous donner les raisons profondes de la non-commercialisation de ce type de jauges. Je vois simplement dans la littérature que les jauges « fleurissent », si je puis dire. Vous savez que les recherches sont très compartimentées aux Etats-Unis et qu'il y a peut-être une certaine lutte d'influence pour imposer une jauge à une autre. Toujours est-il que, actuellement, ce n'est pas commercialisé. C'est tout ce que je peux vous dire : je n'en connais pas les raisons profondes. »

