

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 586 484**

②1 N° d'enregistrement national :

**86 11641**

⑤1 Int Cl\* : G 01 V 5/12; E 21 B 47/00, 49/00.

①2

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 12 août 1986.

③0 Priorité : US, 20 août 1985, n° 767.462.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 9 du 27 février 1987.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : NL INDUSTRIES, INC. — US.

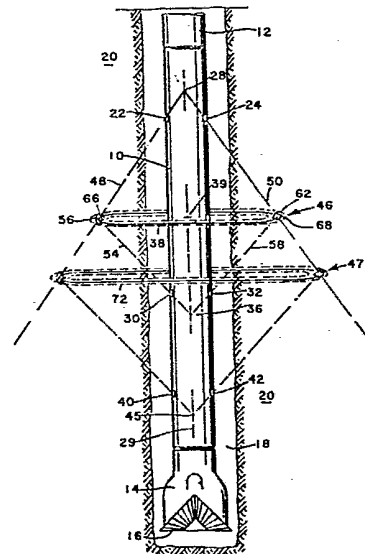
⑦2 Inventeur(s) : Daniel F. Coope.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Harlé et Phélip.

⑤4 Appareil de diagrapie de densité de formations souterraines utilisant deux détecteurs et sources.

⑤7 Dans un appareil selon l'invention on utilise une paire de sources de rayons gamma 22, 24 et une paire de détecteurs 30, 32, disposées symétriquement par rapport à l'axe des tiges de forage, et l'on calcule les produits des comptages obtenus par les deux détecteurs 30, 32 pour indiquer la densité moyenne d'un échantillon de formation 46 qui entoure un trou de sondage traversant une formation terrestre. L'appareil permet de mesurer la densité de l'échantillon indépendamment de son emplacement dans le trou de sondage et de la composition chimique des matériaux se trouvant entre la formation et les détecteurs.



FR 2 586 484 - A1

La présente invention concerne la diagraphie de formations souterraines pour la détermination de densités en utilisant des rayons gamma. Plus particulièrement, la présente invention concerne la détermination de la densité d'une formation sans positionner la sonde de diagraphie contre la paroi du trou de sondage traversant la formation terrestre. Plus particulièrement, la présente invention est utile pour mesurer des densités tandis que l'on fore.

Des sondes de densité à rayons gamma à conducteur électrique sont des dispositifs comprenant une source de rayons gamma et un détecteur de rayons gamma, écrantées l'un par rapport à l'autre pour empêcher le comptage du rayonnement émis directement à partir de la source. Pendant le fonctionnement de la sonde, des rayons gamma (ou photons) émis à partir de la source entrent dans la formation pour être étudiés et interagissent avec les électrons des atomes du matériau de la formation par absorption photo-électrique, par diffusion Compton, ou par production de paires. Dans les phénomènes d'absorption photo-électrique et de production de paires, les photons particuliers impliqués dans l'interaction sont enlevés du faisceau de rayons gamma.

Dans le processus diffusion Compton, le photon impliqué perd une partie de son énergie en modifiant sa direction de parcours initial, la perte étant une fonction de l'angle de diffusion. Certains des photons émis à partir de la source vers l'échantillon sont en conséquence diffusés vers le détecteur. Beaucoup d'entre eux n'atteignent jamais le détecteur, puisque leur direction est modifiée par une seconde diffusion Compton où qu'ils sont absorbés par le processus d'absorption photo-électrique ou le processus de production de paires. Les photons diffusés qui atteignent le détecteur et interagissent avec lui sont comptés par l'équipement électronique associé au détecteur.

Les difficultés principales que l'on rencontre dans les mesures de densité classiques par rayons gamma comprennent la

définition de la dimension de l'échantillon, la profondeur effective limitée et l'échantillonnage, des effets perturbateurs de matériaux indésirés produisant des interférences situés entre la sonde de densité et l'échantillon, et l'exigence que la sonde soit placée contre la paroi du trou de sondage. La composition chimique de l'échantillon affecte également la lecture des sondes de densité classiques à rayons gamma.

Une sonde de densité à conducteur électrique de l'art antérieur décrite dans le brevet américain n° 3 202 822 comprend deux détecteurs de rayons gamma, une source de rayons gamma collimatés et des circuits électroniques d'élaboration de rapport, et est utile tant que les matériaux interférant, situés entre les détecteurs de la sonde et l'échantillon de formation, sont identiques en épaisseur et en composition chimique le long des trajectoires des rayons gamma émis et reçus. Des non-uniformités de la paroi des trous de sondage interféreront avec le fonctionnement convenable de la sonde. De telles non-uniformités peuvent être provoquées par des trous courbes, par des éboulements, et par des variations d'épaisseur de la boue de forage sur la paroi du trou.

L'art antérieur comprend aussi le brevet américain 3 846 131 qui décrit une sonde de densité à conducteur électrique qui fonctionne indépendamment de l'épaisseur et de la composition chimique des matériaux situés entre la sonde de densité et l'échantillon. Le procédé consiste à faire passer deux faisceaux de rayons gamma à partir de deux sources de rayons gamma actionnées par intermittence dans l'échantillon, à recevoir le rayonnement rétrodiffusé à partir de chacune des deux sources par deux détecteurs séparés, et à élaborer les rapports des produits des quatre taux de comptage distincts de sorte que le résultat numérique soit une indication de la densité de l'échantillon.

La dimension critique de la sonde à deux détecteurs réside dans l'espacement entre les détecteurs. Si les matériaux interposés ne sont pas uniformes sur des distances comparables à l'écart entre les deux détecteurs, la densité mesurée sera erronée.

Aucune des sondes à conducteur électrique décrites ci-

dessus n'est indiquée comme étant utile pour la mesure pendant le forage et l'incorporation dans une tige de forage tournante.

Un premier objet de la présente invention est de prévoir un procédé et un appareil pour mesurer la densité d'une formation souterraine tandis que l'on fore un trou de sondage traversant la formation.

Cet objet ainsi que d'autres sont atteints et les limitations de l'art antérieur sont palliées dans l'appareil selon l'invention qui comprend un dispositif destiné à être utilisé dans un trou de sondage traversant une formation terrestre comprenant deux moyens émettant des rayons gamma disposés à  $180^\circ$  autour du dispositif, ces moyens émettant des faisceaux de rayons gamma collimatés selon deux trajectoires, les trajectoires se projetant selon un motif symétrique en azimut par rapport à l'axe du dispositif, se coupant en un premier point sur l'axe du dispositif et coupant un premier cercle situé dans un échantillon de la formation à mesurer ; un premier moyen de détection de rayons gamma orienté pour recevoir les rayons gamma émis diffusés à partir de deux emplacements dans l'échantillon de formation le long de deux premières trajectoires, les trajectoires se projetant selon un motif symétrique en azimut par rapport à l'axe du dispositif, se coupant en un second point sur l'axe du dispositif et coupant le premier cercle ; et un moyen pour déterminer le produit du comptage des rayons gamma reçus par les moyens de détection à partir de chacune des deux trajectoires tandis qu'ils sont diffusés à partir des deux emplacements dans l'échantillon de formation, ce produit étant indicatif de la densité moyenne de l'échantillon de formation.

Les objets de la présente invention sont en outre atteints par le procédé de détermination de la densité moyenne d'un échantillon de formation terrestre entourant un trou de sondage comprenant les étapes consistant : à descendre un dispositif dans le trou de sondage à un emplacement adjacent à l'échantillon ; à émettre des rayons gamma dans la formation à partir du dispositif selon deux trajectoires se projetant selon un motif symétrique en azimut par rapport à l'axe du dispositif, se coupant

en un premier point sur l'axe du dispositif et coupant un premier cercle situé dans l'échantillon de formation ; à compter les rayons gamma émis diffusés par l'échantillon de formation vers l'arrière vers le dispositif selon un premier ensemble de deux  
5 trajectoires se projetant selon un motif symétrique en azimut par rapport à l'axe du dispositif, se coupant en un second point sur l'axe du dispositif et coupant le premier cercle ; et à déterminer le produit des deux mesures de comptage, ce produit étant indicatif de la densité moyenne de l'échantillon de formation.

10 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention seront plus clairs à partir d'une lecture de la description détaillée ci-après faite en relation avec les dessins joints parmi lesquels :

la figure 1 est une vue en coupe d'un dispositif selon  
15 la présente invention pour réaliser une diagraphie de densité dans une formation traversée par une machine de forage en rotation, dans laquelle le dispositif peut être disposé, et

la figure 2 est une représentation schématique du circuit électronique requis pour détecter, compter et traiter les  
20 photons diffusés.

Le sous-ensemble 10 de mesure de densité par rayons gamma selon la présente invention est représenté en figure 1 comme interconnecté entre une tige de forage supérieure 12 et une tige de forage inférieure 14. Une rotation des tiges de forage 12, 14  
25 amène un foret 16 à former un trou de sondage 18 traversant une formation terrestre 20.

Le sous-ensemble 10 comprend une première source de rayons gamma 22 et une seconde source de rayons gamma 24. Les deux sources sont situées par rapport au sous-ensemble selon une configuration symétrique en azimut, c'est-à-dire à  $180^\circ$  l'une de  
30 l'autre. Les sources sont collimatées pour former des trajectoires qui sont également symétriques en azimut. Les trajectoires sont orientées pour passer par un premier point 28 situé sur l'axe 29 du sous-ensemble 10. Le terme trajectoire, tel qu'il est utilisé  
35 ici, indique non seulement le trajet réel des rayons gamma mais également une ligne se prolongeant au delà de la source ainsi

qu'au delà du détecteur.

La pluralité de sources peut être une source primaire unique à partir de laquelle les rayons gamma émis sont collimatés pour former les deux faisceaux de rayons gamma symétriques.

5 Le sous-ensemble 10 comprend en outre un premier ensemble de détecteurs comprenant un premier détecteur de rayons gamma 30 et un second détecteur de rayons gamma 32. Les détecteurs sont situés autour du sous-ensemble 10 selon une configuration symétrique en azimut qui est en alignement axial et azimutal avec  
10 les première et seconde sources 22 et 24. Les détecteurs sont collimatés pour recevoir les rayons gamma diffusés à partir de la formation selon des trajectoires qui sont également symétriques en azimut. Les trajectoires sont orientées pour couper l'axe 29 du sous-ensemble 10 en un second point 36.

15 Les trajectoires en provenance des sources couperont le premier ensemble de trajectoires des détecteurs selon un premier cercle 38 par rapport au sous-ensemble 10. Le premier cercle se trouve dans un plan qui est perpendiculaire à l'axe du sous-ensemble 10, ce plan coupant l'axe 29 en un troisième point 39.  
20 Le second point 36 est disposé à une distance axiale par rapport au premier point 28 et les premier et second points 28 et 36 sont de préférence de part et d'autre du troisième point 39.

Le sous-ensemble 10 comprend un second ensemble de détecteurs comprenant un troisième détecteur de rayons gamma 40 et  
25 un quatrième détecteur de rayons gamma 42. Ce second ensemble de détecteurs est situé autour du sous-ensemble 10 selon une configuration symétrique en azimut qui est également en alignement axial et azimutal avec les première et seconde sources 22 et 24 et le premier ensemble de détecteurs 30 et 32.

30 Le second ensemble de détecteurs recevra les rayons gamma selon un troisième ensemble de deux trajectoires qui sont symétriques en azimut par rapport au sous-ensemble 10 et sont orientées pour couper l'axe 29 en un quatrième point 45 et pour couper un second cercle 72. De préférence, le quatrième point 45  
35 et le premier point 28 sont disposés de part du troisième point 39. Chaque trajectoire du troisième ensemble doit être parallèle à

une trajectoire correspondante du second ensemble.

Les premier et second ensembles de détecteurs sont écrantés par rapport aux sources pour empêcher les rayons gamma émis d'atteindre les détecteurs directement à partir des sources.

5 Le premier cercle 38 et le second cercle 72 formés dans la formation 20 seront le centre des échantillons de formation 46 et 47, respectivement, dont on veut mesurer la densité.

10 Dans le procédé selon l'invention, le sous-ensemble 10 tourne autour de son axe 29 tandis que des rayons gamma 48 sont émis dans l'échantillon par la source 22 et des rayons gamma 50 par la seconde source 24. Les faisceaux collimatés émis de rayons gamma forment une première région conique de la formation qui est irradiée.

15 Dans la formation 20, une partie des rayons gamma 48 et 50 est diffusée par l'échantillon de formation 46 vers le premier ensemble de détecteurs. Des rayons gamma 54 sont diffusés à l'emplacement 56 dans l'échantillon de formation 46 et reçus par le premier détecteur 30. Des rayons gamma 58 sont diffusés à l'emplacement 62 dans l'échantillon de formation 46 vers le second  
20 détecteur 32 par lequel ils sont reçus. Puisque les deux sources collimatées 22 et 24 sont situées de façon symétrique, il existe seulement une région conique droite irradiée pendant la rotation du sous-ensemble. Les deux détecteurs collimatés 30, 32, reçoivent des rayons gamma émis diffusés à partir de l'échantillon de for-  
25 mation 46 en retour vers le sous-ensemble 10 selon la trajectoire formant un second cône inversé par rapport au premier.

L'épaisseur des cônes est déterminée par le diamètre des collimateurs. Le cercle 38 formé par l'intersection des cônes a son point central 39 sur l'axe 29 du sous-ensemble 10. A un  
30 instant donné, deux petits secteurs 66 et 68 de l'échantillon de formation, placés de  $180^\circ$  l'un par rapport à l'autre, seront analysés.

Les rayons gamma reçus 54, 58, réagiront avec le premier ensemble de détecteurs 30, 32, et provoqueront des impulsions  
35 électriques. Les amplitudes des impulsions sont proportionnelles à l'énergie des rayons gamma reçus. Si l'on souhaite fournir des

taux de comptage indicatifs seulement des rayons qui ont été diffusés une seule fois dans l'échantillon 46, ces impulsions seront amplifiées par des pré-amplificateurs et des amplificateurs et fournis à des discriminateurs (non représentés) qui sont réglés  
5 pour laisser passer seulement des impulsions ayant des niveaux d'énergie de rayons gamma qui sont diffusés à l'emplacement 56 vers le détecteur 30 et à l'emplacement 62 vers le détecteur 32. Les rayons gamma qui subissent des diffusions multiples avant d'entrer dans les détecteurs 30 et 32 seront rejetés par les  
10 discriminateurs. La sortie du détecteur et, si l'on en utilise, des discriminateurs, conduit à des portes qui fournissent des taux de comptage individuels des rayons gamma reçus à partir des deux détecteurs 30, 32. Cet agencement est représenté de façon générale en figure 2.

15 Le produit des comptage dans les détecteurs proches 30, 32 et dans les détecteurs lointains 40 et 42, et le rapport des produits est fourni en utilisant le circuit électronique représenté schématiquement en figure 2. Des compteurs 80-83 convertissent les impulsions de courant produites dans les détecteurs  
20 en impulsions de tension numériques au moyen d'amplificateurs et de discriminateurs de tension (non représentés) et mémorisent alors les comptages. Les comptages en provenance des détecteurs proches 30, 32, sont mémorisés dans les compteurs 80 et 81 ; les comptages en provenance des détecteurs lointains 40, 42, sont  
25 mémorisés dans les compteurs 82, 83. Les entrées vers les compteurs sont des comptages de tension en provenance des détecteurs et des niveaux de tension en provenance d'une horloge 75.

L'horloge 75 est préréglée pour produire des impulsions à intervalles réguliers, par exemple une impulsion toutes les  
30 trente secondes. Quand on envoie une impulsion au compteur 80-83 et aux multiplieurs 84 et 85, les comptages dans les compteurs 80-81 et les comptages dans les compteurs 82-83 sont multipliés l'un par l'autre par des multiplieurs 84 et 85, respectivement. Le dispositif multiplieur 84 calcule le produit des comptages dans les  
35 compteurs 80, 81 ; le dispositif multiplieur 85 calcule le produit des comptages dans les compteurs 82, 83. Le dispositif diviseur 86

calculé le rapport des produits fournis par les dispositifs 84 et 85 une fois pour chaque impulsion de l'horloge 75. La sortie du diviseur 86, c'est-à-dire le rapport des sorties des multiplieurs 84 à 85 peut être tracée en fonction du temps par un dispositif 5 traceur approprié 87.

Les comptages individuels en provenance des détecteurs 30, 32, 40 et 42 peuvent varier en fonction du temps par suite de l'emplacement du sous-ensemble dans le trou de sondage tel que provoqué par la rotation de la tige de forage de façon désaxée par 10 rapport à l'axe du trou de sondage.

Dans le procédé selon l'invention, les deux comptages instantanés en provenance du premier ensemble de détecteurs 30, 32 sont multipliés dans le multiplieur 84, d'où il résulte une valeur constante indiquant ainsi l'élimination des variables fonction du 15 temps, telles que l'épaisseur de boue à travers laquelle les rayons gamma émis doivent passer pour être reçus au niveau des détecteurs et le mouvement du sous-ensemble par rapport à la paroi du trou de sondage.

Le sous-ensemble, dans une position désaxée, recevra les 20 rayons gamma 48 qui ont diffusé à partir de l'échantillon de formation 46 au niveau du détecteur 30. Ces rayons 48 seront passés à travers une quantité différente de boue et de formation par rapport aux rayons gamma 50 de la source 24. Toutefois, la somme des longueurs des trajets à travers la boue et la somme des longueurs 25 de trajets à travers la formation sont constantes pourvu que le diamètre du sous-ensemble 10 soit sensiblement similaire au diamètre du trou de sondage 18.

Une diagraphie de densité pour effectuer une mesure dans des applications en cours de forage doit être effectuée avec une 30 précision meilleure qu'environ 0,1 g/cm<sup>3</sup>. Puisque la densité d'une formation est typiquement de 2,5 g/cm<sup>3</sup>, la précision requise est d'environ 4%. Si la résolution verticale requise pour le forage est d'environ 15 cm, un taux de comptage requis peut être estimé de la façon suivante :

$$35 \quad \text{Sigma}/N_1 N_2 \leq 0,04$$

où

Sigma est la variation statistique du produit  $N_1 N_2$

$N_1$  est le nombre total de comptages au niveau du détecteur 30, et

5  $N_2$  est le nombre total de comptages au niveau du détecteur 32.

En supposant que  $N_1 \approx N_2 = N$

alors, d'après la théorie des statistiques :

$$\text{Sigma} = (2 N^3)^{1/2}$$

10 et  $\text{Sigma}/N_1 N_2 \approx \text{Sigma}/N^2 = (2/N)^{1/2} \leq 0,04$

En résolvant pour N :

$$N \geq 1250 \text{ comptages.}$$

Chaque mesure de diagraphie de densité doit détecter une moyenne de 1 250 comptages par mesure et il doit y avoir une  
15 mesure environ tous les 15 cm. Pour une vitesse de forage d'environ 9 mètres à l'heure, chaque mesure devra être en conséquence effectuée en 30 secondes.

En conséquence, chacun des détecteurs 30, 32, 40, 42 doit avoir une sensibilité suffisante pour qu'environ 43 comptages  
20 par seconde soient enregistrés. D'autre part, chaque source doit être réglée pour émettre à une intensité telle que les détecteurs reçoivent le nombre requis de 43 comptages par seconde.

Pour compenser les effets du trou de sondage sur la mesure de la densité moyenne pour les échantillons de formation 46  
25 et 47, la présente invention comprend l'utilisation des comptages en provenance du second ensemble de détecteurs 40, 42. Le produit de ces deux comptages (sortie du multiplieur 85) sera utilisé pour former un rapport (sortie du diviseur 86) entre le produit du premier ensemble de détecteurs et le produit du second ensemble de  
30 détecteurs. A titre de variante, le produit des deux rapports pour un détecteur du premier ensemble et pour un détecteur correspondant d'un second ensemble peut être utilisé pour déterminer la densité moyenne. Ceci est représenté de façon générale en figure 2.

35 Un agencement similaire pour le second ensemble de détecteurs 40, 42 peut être inclus dans le sous-ensemble 10 pour

recevoir, discriminer, compter, mémoriser et utiliser les rayons gamma reçus par le second ensemble, comme cela est représenté en figure 2.

5 Le type de sources de rayons gamma ne constitue pas un objet de la présente invention puisque différents types peuvent être préférés pour diverses applications. Des sources du type capsule contenant des isotopes radio-actifs tels que du cobalt 60 et du césium 137 sont les types de sources de rayons gamma les plus fréquemment utilisées dans les sondes de densité à rayons gamma.

10 Les diamètres du trou de sondage 18 et du sous-ensemble 10 doivent être sensiblement équivalents. Ceci peut être obtenu en utilisant des stabilisateurs à l'extérieur du sous-ensemble qui font alors partie de la détermination des diamètres relatifs.

15 D'autres variantes des détails constitutionnels et de la succession de calculs peuvent être effectuées sans sortir du domaine de l'invention telle que revendiquée ci-après.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif destiné à être utilisé dans un trou de sondage traversant une formation terrestre, caractérisé en ce qu'il comprend :

des moyens émetteurs de rayons gamma (22, 24), ces  
5 moyens émettant des faisceaux de rayons gamma collimatés selon un premier ensemble de deux trajectoires (48, 50), ces trajectoires se projetant selon un motif symétrique en azimut selon l'axe longitudinal du dispositif, se coupant en un premier point (28) sur l'axe du dispositif, et coupant un premier cercle (38) situé  
10 dans un échantillon de la formation à mesurer ;

des premiers moyens détecteurs de rayons gamma (30, 32) orientés pour recevoir les rayons gamma émis, diffusés à partir de deux emplacements (56, 62) dans l'échantillon de formation (46) selon un second ensemble de deux trajectoires (54, 58), ces tra-  
15 jectaires se projetant selon une configuration symétrique en azimut par rapport à l'axe du dispositif, se coupant en un second point (36) sur l'axe du dispositif et coupant le premier cercle ;  
et

des moyens (84) pour déterminer un premier produit des  
20 comptages des rayons gamma reçus par les premiers moyens détecteurs à partir de chacune des deux trajectoires, tels que diffusés à partir de chacun des deux emplacements dans l'échantillon de formation, ce produit étant indicatif de la densité moyenne de l'échantillon de formation.

25 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier cercle se trouve dans un premier plan perpendiculaire à l'axe du dispositif et coupant cet axe en un troisième point (39).

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en  
30 ce qu'il est adapté à être utilisé dans une chaîne de tiges de forage.

4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens émetteurs de rayons gamma comprennent des sour-

ces de rayons gamma, chaque source étant collimatée pour émettre des rayons gamma selon l'une des deux trajectoires du premier ensemble.

5           5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les sources sont placées selon une configuration symétrique en azimut par rapport au dispositif et se trouvent dans un second plan perpendiculaire à l'axe du dispositif.

10           6. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les premiers moyens détecteurs comprennent deux détecteurs (30, 32), chacun de ces détecteurs étant collimaté pour recevoir des rayons gamma selon l'une des deux trajectoires du second ensemble.

15           7. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il peut fonctionner indépendamment de son emplacement dans le trou de sondage.

            8. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

20           des seconds moyens détecteurs (40, 42) orientés pour recevoir des rayons gamma diffusés à partir de deux emplacements dans l'échantillon de formation selon un troisième ensemble de deux trajectoires, ces trajectoires se coupant en un quatrième point (45) sur l'axe du dispositif et coupant un second cercle (72) autour de cet axe, ce second cercle étant coupé par le premier ensemble de deux trajectoires ;

25           des moyens (85) pour déterminer un second produit de comptages de rayons gamma reçus par les seconds moyens détecteurs à partir de chacune des deux trajectoires, tels qu'ils sont diffusés à partir de chacun des deux emplacements dans l'échantillon de formation ; et

30           un moyen diviseur (86) pour diviser le premier produit par le second produit pour fournir un rapport indicatif d'une densité moyenne compensée de l'échantillon de formation.

            9. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier point (28) est éloigné du second point (36).

35           10. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les premier (28) et second (36) points sont éloignés du quatrième point (45).

11. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que le premier point (28) est d'un côté du troisième point (39) et que le second point (36) est de l'autre côté du troisième point.

5 12. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que le premier point (28) est d'un côté du troisième point (39) et que le quatrième point (45) est du côté opposé du troisième point.

10 13. Procédé pour déterminer la densité moyenne d'un échantillon de formation entourant un trou de sondage consistant à descendre un dispositif dans le trou de sondage jusqu'à un emplacement adjacent audit échantillon, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :

15 émettre des rayons gamma dans la formation à partir du dispositif selon un premier ensemble de deux trajectoires (48, 50) se projetant selon une configuration symétrique en azimut par rapport à l'axe du dispositif, ce premier ensemble de deux trajectoires se coupant un premier point (28) sur l'axe du dispositif et coupant également un premier cercle (38) situé dans l'échantillon  
20 de formation ;

compter des rayons gamma diffusés à partir de l'échantillon de formation en retour vers le dispositif selon un second ensemble de deux trajectoires (54, 58) se projetant selon une configuration symétrique en azimut par rapport à l'axe du  
25 dispositif, ce second ensemble de deux trajectoires se coupant en un second point (36) sur l'axe du dispositif et coupant également le premier cercle ; et

déterminer un premier produit des deux comptages, ce premier produit étant indicatif de la densité moyenne de  
30 l'échantillon de formation.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :

compter les rayons gamma émis diffusés à partir de l'échantillon de formation en retour vers le dispositif selon un  
35 troisième ensemble de deux trajectoires se projetant selon une configuration symétrique en azimut par rapport à l'axe du disposi-

tif, ce troisième ensemble de deux trajectoires se coupant en un troisième point (45) espacé du second point (36) sur l'axe du dispositif, et coupant également un second cercle (47) autour de l'axe, ce second cercle étant également coupé par le premier ensemble (48, 50) de deux trajectoires ;

déterminer un second produit d'au moins deux comptages ; et

déterminer le rapport entre les premier et second produits, ce rapport étant indicatif d'une densité moyenne compensée de l'échantillon de formation.

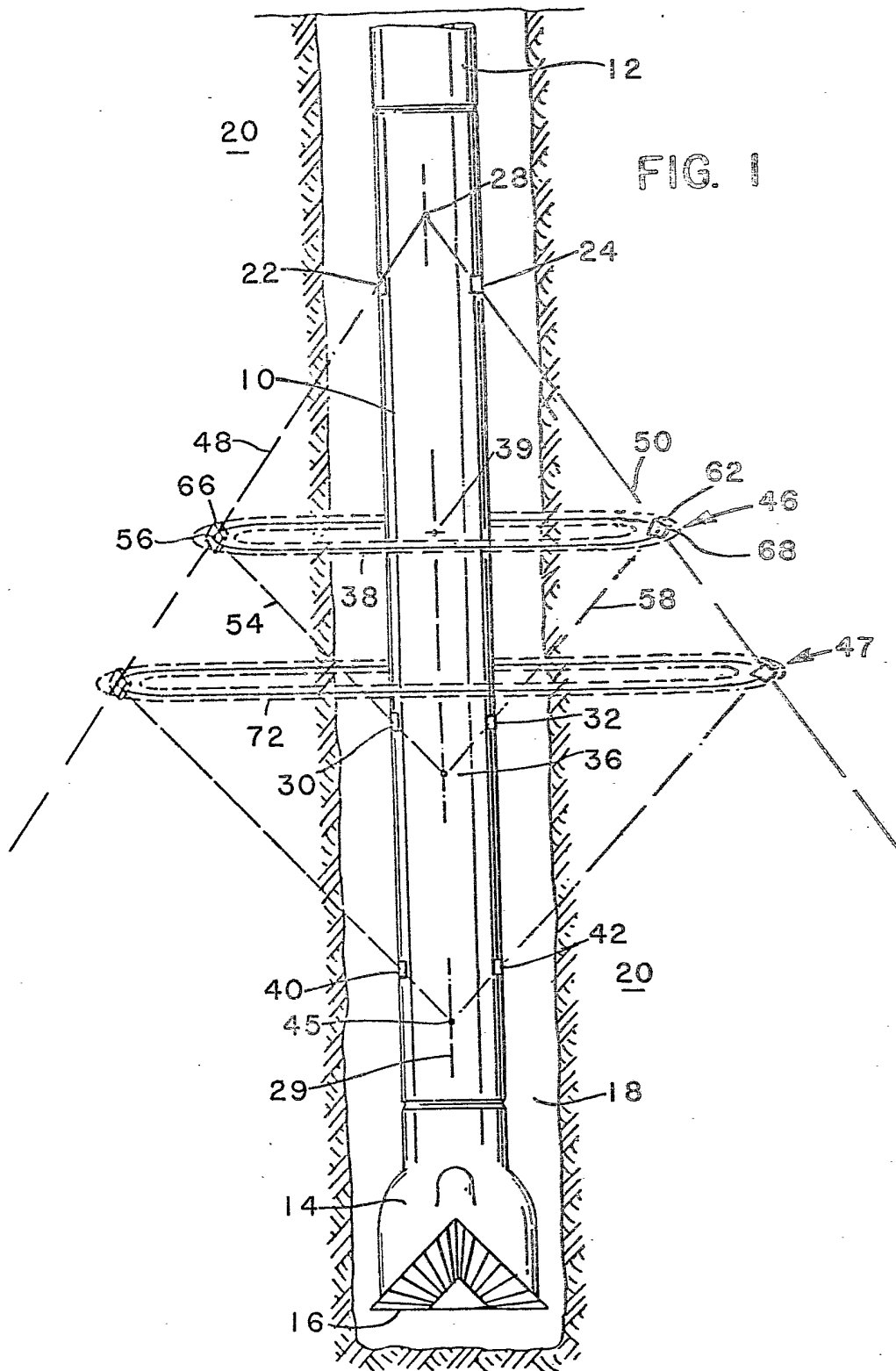


FIG. 2

