OPIC
Office de la propriété intellectuelle du Canada

CIPO
Canadian Intellectual Property Office

(12) (19) (CA) **Demande-Application**

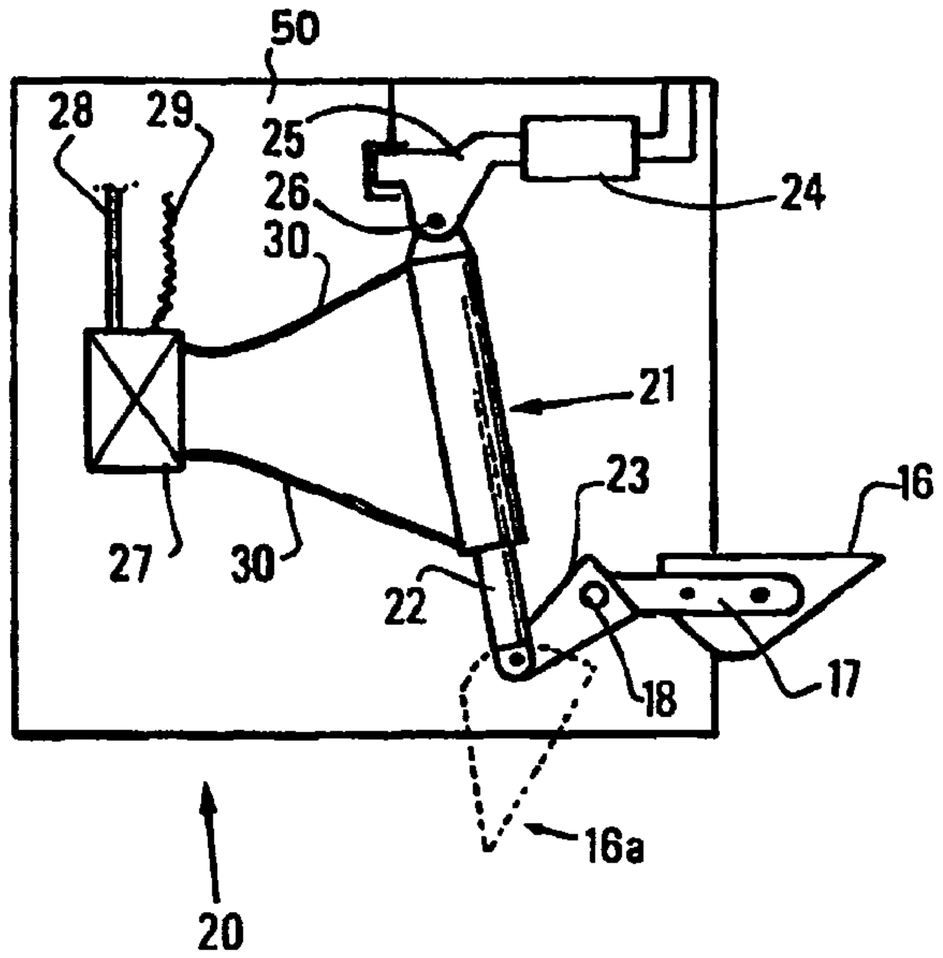
(21) (A1) **2,296,003**
(86) 1999/05/07
(87) 1999/11/11

(72) LECANN, JEAN-PAUL, FR
(71) GEOSERVICES S.A., FR

(51) Int.Cl.[7] E21B 45/00, E21B 21/06
(30) 1998/05/07 (98/05822) FR

(54) **DISPOSITIF ET METHODE DE MESURE DU DEBIT DE DEBLAIS DE FORAGE**

(54) **DEVICE AND METHOD FOR MEASURING THE FLOW RATE OF DRILL CUTTINGS**



(57) La présente invention concerne un dispositif de mesure du débit de déblais d'un forage remontés à la surface par l'intermédiaire d'un fluide de forage. Le dispositif comporte des moyens pour recueillir les déblais et des moyens de mesure en continu du poids des déblais recueillis. Les moyens pour recueillir les déblais comportent un réceptacle en forme de godet (16) articulé sur un axe et des moyens de basculement (20) du réceptacle de façon à vidanger le godet. Les moyens de mesure comportent une cellule de mesure (24) liée aux moyens de basculement pour mesurer une contrainte proportionnelle au poids des déblais recueillis. L'invention concerne également une méthode pour l'application d'une mesure du débit de déblais d'un forage.

(57) The invention concerns a device for measuring the flow rate of drill cuttings brought up to the surface by means of a drilling fluid, comprising means for collecting the cuttings and means for continuously weighing the collected cuttings. The means for collecting the cuttings comprise a container in the shape of a bucket (16) articulated on a shaft and means for tipping (20) the container so as to empty the bucket. The measuring means comprise a measuring cell (24) connected to the tilting means for measuring a load proportional to the weight of the collected cuttings. The invention also concerns a method for measuring drill cuttings.

PCT ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) **Classification internationale des brevets** 6 : **E21B 21/06**

A1

(11) **Numéro de publication internationale:** **WO 99/57415**

(43) **Date de publication internationale:** 11 novembre 1999 (11.11.99)

(21) **Numéro de la demande internationale:** PCT/FR99/01090

(22) **Date de dépôt international:** 7 mai 1999 (07.05.99)

(30) **Données relatives à la priorité:**
98/05822 7 mai 1998 (07.05.98) FR

(71) **Déposant** *(pour tous les Etats désignés sauf US)*: GEOSERVICES S.A. [FR/FR]; 7, rue Isaac Newton, Boîte postale 20, F–93151 Le Blanc–Mesnil Cedex (FR).

(72) **Inventeur; et**
(75) **Inventeur/Déposant** *(US seulement)*: LECANN, Jean–Paul [FR/FR]; 18, avenue du Drap d'Or, F–77230 Dammartin en Goëlle (FR).

(74) **Mandataire:** ILGART, Jean–Christophe; Société de Protection des Inventions, 25, rue de Ponthieu, F–75008 Paris (FR).

(81) **Etats désignés:** BR, CA, GB, NO, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée
Avec rapport de recherche internationale.

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR MEASURING THE FLOW RATE OF DRILL CUTTINGS

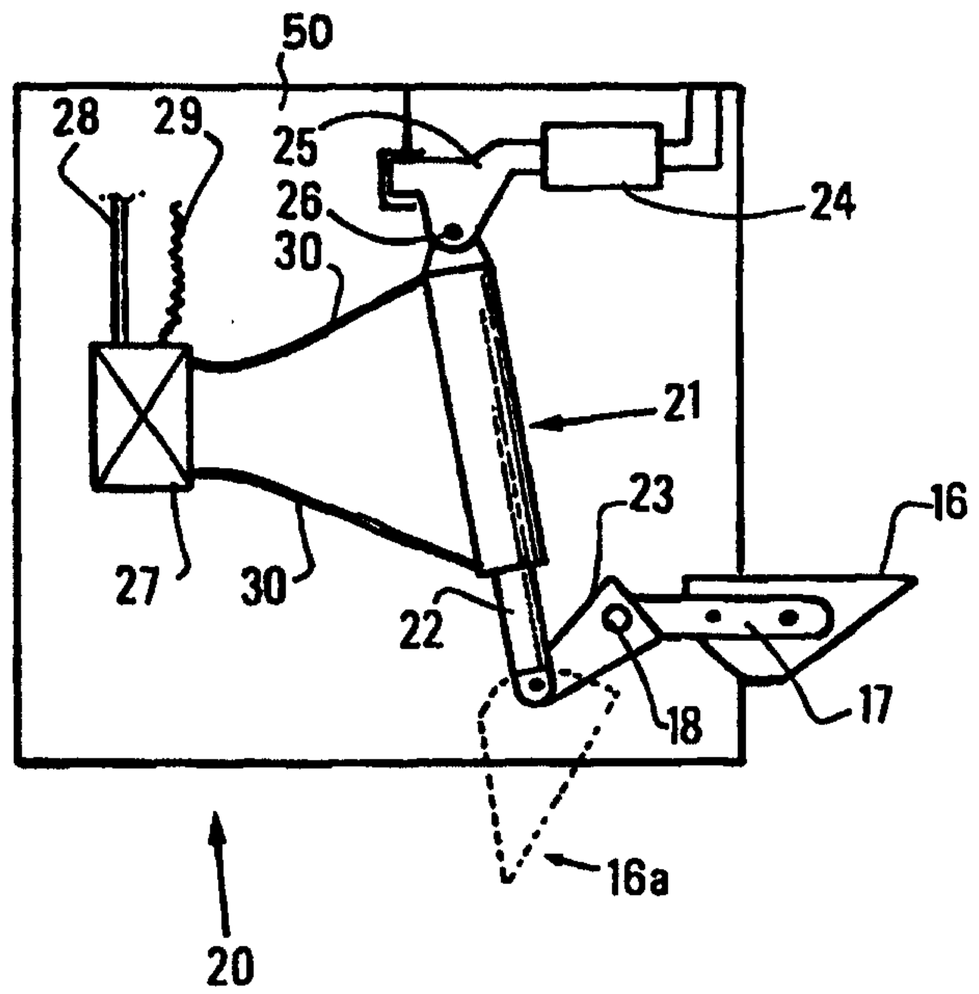
(54) **Titre:** DISPOSITIF ET METHODE DE MESURE DU DEBIT DE DEBLAIS DE FORAGE

(57) **Abstract**

The invention concerns a device for measuring the flow rate of drill cuttings brought up to the surface by means of a drilling fluid, comprising means for collecting the cuttings and means for continuously weighing the collected cuttings. The means for collecting the cuttings comprise a container in the shape of a bucket (16) articulated on a shaft and means for tipping (20) the container so as to empty the bucket. The measuring means comprise a measuring cell (24) connected to the tilting means for measuring a load proportional to the weight of the collected cuttings. The invention also concerns a method for measuring drill cuttings.

(57) **Abrégé**

La présente invention concerne un dispositif de mesure du débit de déblais d'un forage remontés à la surface par l'intermédiaire d'un fluide de forage. Le dispositif comporte des moyens pour recueillir les déblais et des moyens de mesure en continu du poids des déblais recueillis. Les moyens pour recueillir les déblais comportent un réceptacle en forme de godet (16) articulé sur un axe et des moyens de basculement (20) du réceptacle de façon à vidanger le godet. Les moyens de mesure comportent une cellule de mesure (24) liée aux moyens de basculement pour mesurer une contrainte proportionnelle au poids des déblais recueillis. L'invention concerne également une méthode pour l'application d'une mesure du débit de déblais d'un forage.



WO 99/57415 PCT/FR99/01090

DISPOSITIF ET METHODE DE MESURE DU DEBIT DE DEBLAIS DE FORAGE

La présente invention concerne un dispositif et une méthode pour effectuer des mesures sur des débris de forage ou « cuttings », en particulier pour mesurer en continu par le principe d'une pesée, le débit des débris remontés du fond d'un puits foré par l'intermédiaire d'un outil entraîné en rotation et à l'aide d'un fluide de nettoyage.

Jusqu'à maintenant, dans le métier de « mud logger » ou de fournisseur de services de surveillances des informations remontées par le moyen du fluide de circulation en cours de forage, les données concernant les déblais se limitent à une observation ponctuelle et approximative des morceaux de roche qui remontent à la surface et que le géologue de chantier recueille à intervalle régulier à la sortie d'un tamis vibrant. Il est donc impossible d'examiner des tendances concernant le débit de déblais : le débit peut diminuer si le nettoyage du puits n'est pas suffisant, le débit peut augmenter si les parois du puits s'écroulent ou si le diamètre du forage est agrandi.

L'objet de la présente invention concerne un système capable de nous renseigner, en surface, sur le débit massique et/ou volumique instantané de roches forées par un outil de forage.

On connaît le document US-4413511 qui décrit un système de mesure en continu du volume de déblais de forage et de la quantité de fluide de forage entraînée avec ces mêmes déblais. Ce système n'a pas le même objectif que la présente invention et est différent structurellement, notamment par les moyens de mesures qui utilisent des bacs remplis d'un fluide dont la variation du niveau est mesurée en continu.

Ainsi, la présente invention concerne un dispositif pour mesurer le débit de déblais d'un forage

remontés à la surface par l'intermédiaire d'un fluide de forage. Le dispositif comporte des moyens pour recueillir les déblais et des moyens de mesure en continu du poids des déblais recueillis. Dans l'invention, les moyens pour recueillir les déblais comportent en réceptacle en forme de godet pivotant sur un axe et des moyens de basculement du réceptacle de façon à vidanger ledit godet, et les moyens de mesure comportent une cellule de mesure liée auxdits moyens de basculement pour mesurer une contrainte sensiblement proportionnelle au poids des déblais recueillis.

Les moyens de basculement peuvent comporter un arbre rotatif sur deux paliers, un vérin pneumatique lié audit arbre, et une pièce de liaison dudit vérin avec un bâti fixe.

Ladite cellule de mesure peut être disposée sur ladite pièce de liaison.

La cellule peut mesurer une contrainte de flexion de la pièce de liaison, ladite contrainte étant sensiblement proportionnelle au poids des déblais recueilli.

Les moyens de basculement peuvent comprendre des composants pneumatiques de logique de commande des séquences de fonctionnement desdits moyens de basculement.

L'invention concerne également une méthode de mesure du débit de déblais de forage remontés à la surface par l'intermédiaire d'un fluide de forage dans laquelle on effectue les étapes suivantes :

a) on recueille les déblais en continu pendant une durée déterminée dans un réceptacle,

b) on pèse en continu lesdits déblais accumulés pendant ladite durée ,

c) on vidange ledit réceptacle à la fin de ladite durée,

d) on répète les opérations a) et b),

e) on cumule les poids des déblais par des moyens de traitement de la mesure,

f) on effectue un calcul du débit de déblais,

g) on traite la mesure de débit des déblais pour calculer et/ou enregistrer au moins un des paramètres suivants : le débit des déblais en fonction du temps, le rapport du débit des déblais sur la vitesse d'avancement, le rapport du débit mesuré des déblais sur le débit théorique de déblais forés, la différence entre le débit mesuré des déblais et le débit théorique de déblais foré.

Dans la méthode de mesure les paramètres peuvent être exprimés en fonction du débit massique.

Dans une variante, on peut mesurer la densité des déblais recueillis.

Dans la variante précédente, on peut mesurer la densité des déblais secs, c'est-à-dire après élimination du fluide de forage.

On peut exprimer les paramètres en débit volumique en utilisant au moins l'une des mesures de la densité : avant ou après élimination du fluide de forage.

Dans le but d'exploiter la mesure de débit des déblais, on a développé le présent dispositif à partir de la recherche de deux applications principales :

a) Pouvoir visualiser :

- une image provisoire du profil du puits,
- la tendance à « l'excédent » ou au « déficit » par rapport au volume théorique foré.

b) Pouvoir corréler cette image au contexte réel des opérations de forage en cours, pour connaître l'influence de certaines actions de forage sur le

comportement de la mesure de débit massique ou volumique des déblais.

Par cette nouvelle mesure de débit volumique ou massique des déblais, on dispose désormais d'une observation de l'historique des retours de déblais replacée dans son contexte de forage (comportement et tendances de la mesure, répétitivité des phénomènes observés).

On donne ainsi au foreur les moyens d'optimiser le nettoyage du puits ou de diagnostiquer les instabilités des parois.

La présente invention sera mieux comprise et ses avantages apparaîtront plus clairement à la lecture qui suit des exemples de réalisation, nullement limitatifs, illustrés par les figures ci-annexées, parmi lesquelles :

♦ La figure 1 décrit le principe général de la surveillance en cours de forage.

♦ La figure 2A décrit en vue de dessus une réalisation du dispositif selon l'invention.

♦ La figure 2B montre une vue de côté du dispositif.

♦ La figure 3 montre un exemple de courbe d'enregistrement du poids des déblais.

♦ La figure 4 montre un exemple d'enregistrement en continu du débit de déblais en corrélation avec une opération de forage.

La figure 1 montre un puits 1 foré à l'aide d'un outil de forage 2 entraîné en rotation par une installation de surface 3 (table de rotation). Une tour de forage 4 conventionnelle contrôle le poids sur l'outil 2 grâce aux moyens de levage auxquels est liée une tête d'injection 5. Cette tête d'injection 5 est vissée sur la partie supérieure d'une garniture de

forage 7 composée d'un ensemble de tubes ou tiges de forage.

Le principe de forage comprend une installation de pompage 6 qui refoule un fluide dit « de forage » dans l'espace intérieur 8 de la garniture par l'intermédiaire d'une pompe, d'une conduite 9 et de la tête d'injection 5.

Le fluide de forage descend vers le fond du puits pour jaillir hors de la garniture au niveau de l'outil de forage équipé de jets destinés à nettoyer les débris de roche, à la fois des taillants et du front de taille.

Le fluide en remontant vers la surface dans l'espace annulaire 10 défini par le puits 1 et l'extérieur des tubes 7, entraîne également vers la surface les déblais de forage.

En surface, sous le plancher de forage, une goulotte 11 déverse le fluide de forage et les débris entraînés sur un tamis vibrant 12. Un tamis vibrant comporte une ou deux toiles constituées de mailles plus ou moins grosses en fonction de la taille des débris. Les toiles sont agitées d'un mouvement vibratoire pour effectuer une séparation mécanique entre les débris et le fluide de forage. Le fluide tombe dans un bac 13 pour être recyclé directement ou après un autre traitement de séparation des particules plus fines. Les débris glissent sur la toile pour tomber dans le dispositif 14 selon l'invention où le débit massique est mesuré.

Ensuite, les débris pesés sont déchargés par le moyen du présent dispositif dans une fosse de rejet 15.

La figure 2A décrit une réalisation du dispositif selon l'invention. Elle représente en vue de dessus les moyens pour recueillir les débris et les

moyens pour peser lesdits débris. La référence 16 désigne un réceptacle en forme de godet destiné à être placé sous la verse du tamis vibrant (référence 12, figure 1). La largeur du godet 16 est au moins égale à la largeur du tamis vibrant de façon à recueillir la totalité des déblais qui sont retenus par la toile.

De part et d'autre du godet, des bras 17 relient le godet à un arbre 18 fixé par au moins deux paliers 19. Le godet est ainsi lié en rotation avec l'arbre 18. Ainsi, la rotation dudit arbre 18 fait basculer le godet entre au moins une position de réception de déblais et une position de vidange des déblais. La présence des deux paliers 19 et de l'arbre 18 rigidement fixe au godet 16 permet d'obtenir une très grande rigidité de l'ensemble et de résister ainsi aux chocs, vibrations et surcharges couramment rencontrées dans la zone qui entoure les tamis vibrants.

A une extrémité de l'arbre, une prolongation pénètre dans un boîtier 20 étanche aux fluides extérieurs. Ce boîtier contient les différents moyens pour effectuer la rotation d'au moins un quart de tour de l'arbre 18 et les moyens de pesage des matériaux recueillis par le godet 16. On ne décrira pas ici les moyens pour fixer et disposer le dispositif à proximité du tamis vibrant car ils sont à la portée de l'homme du métier de la mécanique générale.

La figure 2B décrit plus précisément une réalisation particulière pour les moyens de mécanisation et de basculement dudit godet.

Cette figure est une vue de côté, schématique, du dispositif selon l'invention. Le godet 16 est lié en rotation avec l'arbre 18 par l'intermédiaire des bras 17. Un autre bras 23 est également lié en rotation avec l'arbre 18. Sur

l'extrémité du bras 23, la tige 22 du vérin 21 pneumatique, hydraulique ou mécanique est attachée.

L'extrémité 26 du corps du vérin 21 coopère avec une pièce 25 qui a la double fonction de tenir le vérin pour qu'il puisse actionner le godet et de transmettre l'effort dû au poids de la charge contenue dans le godet à une cellule 24 de mesure de ladite contrainte, par exemple du type jauge de contraintes. Une butée haute et basse 50 permet d'éviter qu'une surcharge soit appliquée sur la cellule 24 en limitant le déplacement de l'extrémité libre de cette cellule. Ces butées sont ajustables de façon qu'en fonctionnement normal elles ne rentrent pas en contact avec l'extrémité libre de la cellule 24 mais que le contact se fasse avant que la cellule soit endommagée par une surcharge.

Le boîtier 20 contient de plus les moyens de commande 27, par exemple une servo valve pneumatique alimentée par un conduit d'air comprimé 28 et télécommandée par une ligne 29 de commande, pneumatique, hydraulique ou électrique. En particulier, on peut concevoir un système de commande du vérin 21 composé de deux temporisateurs pneumatiques commandant des valves pneumatiques. Un temporisateur sert à régler le temps pendant lequel le godet 16 est relevé et au cours duquel les déblais de forage s'y accumulent. Le deuxième temporisateur sert à régler le temps pendant lequel le godet est basculé de façon à permettre aux déblais qui s'y sont accumulés d'être déversés avant de reprendre un nouveau cycle de mesure. Chaque temporisateur est réglable séparément ce qui permet d'adapter le cycle du dispositif aux conditions de forage et de circulation. Des canalisations 30 alimentent le côté piston ou le côté tige pour déplacer la tige 22 dans un sens ou dans l'autre. Bien entendu,

*rB

on pourra utiliser également un vérin simple effet. Sur la figure 2B, la silhouette 16A représente la position du godet dans la position de vidange du godet. Avec ce dispositif, il n'est nécessaire d'amener qu'un seul conduit d'alimentation en air comprimé au dispositif de commande et un seul fil électrique pour la mesure de l'effort synonyme du poids des déblais s'accumulant dans le godet. On simplifie ainsi grandement la mise en conformité du système aux normes de sécurité électriques. De même la mise en œuvre, la maintenance et la fiabilité du système sont grandement améliorées.

Il est clair que la présente invention n'est pas limitée à la réalisation décrite par la figure 2B. En effet, la cellule de mesure 24 peut être placée dans un autre endroit sur les moyens de basculement, par exemple au niveau des paliers 19, sur l'arbre 18, au niveau de la tige de piston 22, ou autre.

Le fonctionnement de la mesure de pesée est le suivant :

- Au point de départ, le godet est dans la position horizontale (selon la figure 2B) pour recueillir les déblais.
- Par l'intermédiaire mécanique des bras 17, de l'arbre 18, du bras de levier 23, du vérin 21 et de la pièce 25, la force correspondante au poids des déblais accumulés dans le godet, se traduit par une contrainte proportionnelle à ladite force mesurée par la cellule 24.
- La cellule 24 transmet, de préférence électriquement, la mesure de contrainte à une installation d'enregistrement et de traitement.
- L'installation d'enregistrement et de traitement enregistre en fonction du temps l'évolution

en temps réel de la contrainte, c'est-à-dire du poids de déblais.

□ Au bout d'un certain temps, fonction par exemple du débit de fluide de forage en retour du fond de puits, il faut vider le godet. Par exemple, le temps de remplissage peut être réglé entre 0 et 16 minutes et le temps de basculement entre 0 et 30 secondes par des temporisations pneumatiques. Les systèmes de commande envoient l'ordre de rentrée de la tige de vérin, ce qui effectue le basculement du godet dans la position 16A (figure2B). Les déblais sont déversés dans une fosse ou sur un tapis qui entraîne les déblais vers le rejet. On peut adjoindre un jet d'eau qui se déclenche lorsque le godet est dans la position de vidange, pour rincer le godet et effectuer une vidange aussi complète que possible.

□ Dans une variante, l'opération peut décider de fonctionner en tenant compte d'un poids admissible dans le godet. Lorsque la mesure de poids atteint une valeur déterminée, l'ordre de vidange du godet est alors envoyé.

Bien entendu, des dispositions équivalentes des différents moyens mécaniques, peuvent être utilisés dans sortir du domaine de la présente invention.

La figure 3 représente un exemple d'enregistrement des poids P de déblais (abscisse) en fonction du temps t (ordonnées).

La courbe 31 représente l'augmentation de poids des déblais dans le godet. La calibration de la cellule de mesure est effectuée régulièrement avec la pesée d'au moins deux poids connus. On peut observer sur cet enregistrement réel des anomalies 32 causées par des instabilités de signal. Le logiciel de traitement efface ces anomalies, comme on peut l'observer en 33.

Les anomalies de mesure peuvent être de plusieurs ordres. On peut ainsi citer, à titre d'exemple, la génération de bruits de mesure dus aux vibrations en provenance des tamis vibrants ou des variations anormales comme une baisse due à des interventions extérieures (manipulation par le personnel de chantier, prise d'un échantillon de déblais). Le bruit peut être filtré analogiquement en amont du système d'acquisition de données ou logiquement par le logiciel d'acquisition de données. Les baisses anormales sont traitées au niveau du logiciel d'acquisition en fixant le signal 31 constant à la dernière donnée acquise dès qu'une diminution du signal est détectée.

La courbe 34 est le résultat du cumul des poids mesurés après plusieurs séquences de remplissage et de vidange.

Au temps tv, l'ordre de basculement du godet en envoyé, en fonction d'un intervalle de temps donné ou d'une valeur atteinte du poids de déblais (par exemple la moitié du poids maximum que peut recueillir le godet).

A la vidange, la courbe de poids 31 diminue rapidement consécutivement à la vidange. Les pics parasites que l'on observe sont dus à la dynamique des déplacements. L'intervalle de temps V correspond au temps de vidange. Au point 35, le godet a repris la position horizontale et le poids des déblais recueillis augmente. La courbe 34 cumule le poids en train d'être mesuré avec la valeur de poids cumulée au moment de la phase de vidange. On constate ainsi sur la figure 3 que la mesure 31 n'est pas exploitable pendant l'intervalle de temps V. Cependant on peut estimer les variations de cette mesure pendant cet intervalle en exploitant les variations du signal 31 avant que le signal de

basculement ait été donné au temps tv. A titre d'exemple on peut calculer la droite des moindres carrés sur une période avant le temps tv et estimer l'évolution pendant l'intervalle de temps V d'après la pente de cette droite des moindres carrés. D'autres méthodes peuvent aussi être envisagées, soit utilisant l'évolution du signal 31 avant le temps tv mais aussi utilisant son évolution une fois le godet revenu en position de mesure au temps tr.

La vidange du godet pendant l'intervalle de temps V n'est pas obligatoire. En effet au temps tr le godet revient en position horizontale et le signal 31 indique une certaine valeur qui dépend en particulier de la quantité de déblais qui ont pu rester collés dans le godet 16. Le logiciel d'acquisition utilise cette valeur au temps tr comme nouveau zéro de mesure et ne prend donc en compte l'évolution du signal 31 que par rapport à ce nouveau zéro. Ainsi, le signal résultant 34 représente exactement le poids des déblais tombés dans le godet au cours du temps.

Cette méthodologie permet aussi le suivi de la qualité de la mesure. Si le zéro du signal 31 au temps tr a tendance à augmenter avec le temps cela signifie que le nettoyage du godet s'effectue de moins en moins bien et qu'il faut intervenir pour le nettoyer. On évite ainsi une perte de qualité consécutive à un débordement du godet 16 parce qu'au cours du temps il s'est vidé de moins en moins bien des déblais y tombant.

A partir de la mesure du poids cumulé, on calcule le volume équivalent selon la formule : Volume=poids/densité.

La mesure de la densité du mélange tombant dans le godet est faite par un opérateur selon le pas d'échantillonnage géologique déterminé pour une phase

de forage, ou dans le cas d'un changement de faciès lithologique. De nombreuses méthodologies sont possibles pour mesurer la densité du mélange tombant dans le godet. Une des plus simples et des plus fiables consiste à remplir un récipient de volume connu avec le mélange et de peser le récipient sur une balance de précision. Il faut éviter que de l'air soit emprisonné dans le récipient quand on le remplit du mélange qui est composé de particules solides de tailles variables (les déblais) et de liquide (le fluide de forage). Une des méthodes les plus éprouvées est de mettre le récipient sur un support vibrant et de continuer à le remplir jusqu'au niveau requis.

La conversion nécessite aussi de connaître la densité du fluide de forage et celle des déblais nettoyés et séchés. Des méthodes éprouvées existent pour mesurer ces deux densités. Pour le fluide de forage on peut citer la balance à boue ou le densimètre gamma ou coriolis. Pour les déblais nettoyés et séchés on peut utiliser par exemple la méthode constituant à peser un volume déterminé de déblais et à mesurer ce volume en mesurant l'augmentation de volume d'un fluide adapté après y avoir plongé les déblais.

Ces trois mesures faites on peut alors convertir la mesure de poids de déblais en mesure de volume de déblais en utilisant la formule suivante :

$$Volume = Mass * \frac{1}{D_{mel}} * \frac{D_{mel} - D_{fl}}{D_{roc} - D_{fl}}$$

avec :

D_{mel} : Densité du mélange

D_{fl} : Densité du fluide de forage

D_{roc} : Densité des déblais nettoyés et séchés.

On remarque que la mesure de densité du mélange est la seule mesure nouvelle, les autres étant

couramment et régulièrement faites sur les chantiers de forage. Mais cette mesure de densité du mélange apporte une information nouvelle sur l'efficacité des tamis vibrants. En effet on peut aussi mesurer le débit de fluide de forage tombant dans le godet avec les déblais. Si ce débit devient trop important cela est signe que soit les tamis vibrants ne fonctionnent pas correctement, soit la boue a perdu certaines de ses propriétés. Ces mesures seront utilisées pour de multiples calculs de comparaison et/ou d'estimation du débit volumique (du mélange ou sec) de déblais par rapport à l'opération de forage en cours.

Mis à part la visualisation du contrôle de fonctionnement des machines à peser les déblais, le système d'acquisition en temps réel offre la possibilité d'observer plusieurs paramètres essentiels, en affichage numérique comme en représentation graphique en fonction du temps ou de la profondeur forée.

Ces paramètres, en exemple peuvent être :

1. **Débit des déblais en unité volume/unité temps (en litre/minute).**

Ceci est fait à partir d'un calcul de pente de la variation de poids cumulé des déblais (ou du volume) par unité de temps.

2. **Débit des déblais en unité volume/longueur forée (en litre/mètre).**

Ceci est fait du cumul des mesures du volume de déblais pour un intervalle de profondeur. Ce paramètre peut être corrigé par le logiciel de traitement du temps estimé pour la remontée d'un déblais entre le fond du puits et la surface (« lag time »).

3. **Ratio du débit des déblais en unité volume/débit nominal.**

*rB

Ceci est fait à partir d'un calcul de pente de la variation du volume de déblais par unité de temps divisé par la vitesse d'avancement instantanée (ROP) multipliée par la section théorique du puits foré. Ce paramètre est tracé en fonction du temps.

4. Cumul du débit des déblais en unité volume-volume foré.

Ceci est fait à partir du cumul des mesures du volume de déblais auquel on soustrait le volume foré. Ce cumul est mis à zéro par l'opérateur.

Bien entendu, il est possible d'obtenir des paramètres similaires en débit massique au lieu de débit volumique.

Ces différents paramètres permettent de savoir si les opérations de forage ont tendance à :

- ❖ avoir un manque de retours de déblais,
- ❖ avoir des retours de déblais normaux,
- ❖ avoir un excédent de retour de déblais.

Le paramètre 1) de débit des déblais en unité volume/unité temps (en litre/minute) permet d'analyser si certaines actions de forage sont suffisamment efficaces pour le nettoyage du puits.

En effet pour certains types de puits, les déblais ne remontent pas facilement à la surface. On est alors obligé régulièrement d'entreprendre des actions spécifiques pour nettoyer le puits. On peut ainsi citer le ramonage (reaming) ou la circulation temporaire de fluide forage de haute viscosité (viscous pills). Le suivi du débit volumique ou massique au cours du temps permet de quantifier l'efficacité de ces actions et de prendre la décision de les continuer ou de les reprendre.

Le paramètre 2) de débit des déblais en unité/longueur forée (en litre/mètre) permet d'analyser si certaines actions de forage ont tendance à faire

ébouler les parois du trou par action de déstabilisation hydraulique ou mécanique. Ces actions déstabilisantes peuvent en effet casser les roches aux parois du puits par les chocs et les vibrations du train de tiges. On note alors en surface une arrivée de déblais si on est en reforage ou une augmentation du débit de déblais si on est en forage. Le suivi de l'évolution de ce paramètre avec la profondeur permet de signaler les zones du puits particulièrement fragiles. On peut ainsi au cours des manœuvres ou en forage choisir des procédures ou des paramètres de forage qui éviteront la déstabilisation des parois du puits.

Ce paramètre a aussi un autre intérêt : dans certains cas, les parois du puits s'éboulent naturellement provoquant des caves où les déblais vont avoir tendance à s'accumuler. Le suivi de ce paramètre peut permettre de repérer ces zones de cavage, d'estimer les déblais s'y accumulant et de signaler des événements remettant en circulation les déblais accumulés dans les caves. On voit ainsi que ce paramètre apporte une aide précieuse en cas de forage dans des formations instables.

Le paramètre 3) de ratio de débit des déblais en unité volume/débit nominal permet de donner une indication instantanée de la qualité du nettoyage du puits. En condition idéale, ce ratio doit être égal à 1. S'il devient inférieur à 1 cela signifie que des déblais s'accumulent dans le puits et qu'à la longue il y a risque de coincement du train de tiges par les déblais. S'il devient supérieur à 1 cela signifie que soit des déblais sont remis en circulation, soit le trou s'élargit par l'action abrasive ou chimique du fluide de forage ou mécanique du train de tiges.

Le paramètre 4) de cumul du débit des déblais en unité volume-volume foré permet de quantifier l'évolution du degré d'encrassement du puits, c'est-à-dire du niveau d'encombrement du puits par des déblais, ce qui donne une évaluation du niveau de risque de coincement ultérieur de la garniture dans le puits.

Outre ces paramètres, la mesure obtenue par le dispositif selon l'invention, contient beaucoup d'autres informations, par exemple :

♦ La décroissance de la quantité de déblais quand on arrête la rotation, qui pourrait être reliée à une quantité de transport du fluide de forage, par exemple dans le cas de puits fortement déviés pour lesquels les déblais sont mécaniquement dégagés du fond et mis en suspension par la rotation des tiges.

♦ Un phénomène de « pompage » des déblais dans certains cas, c'est-à-dire l'entraînement des déblais par le déplacement vers la surface de la garniture de forage qui joue alors pratiquement le rôle d'un piston.

La figure 4 illustre un des enregistrements que l'opérateur peut obtenir dans l'installation de traitement de surface. La colonne A représente la position du moufle de la tour de forage, ce qui représente l'approfondissement du forage. La graduation en abscisse est en mètre (m), en heure en ordonnée. La pente des pics donne la vitesse de pénétration de l'outil (ROP). La colonne B représente la vitesse de rotation de la garniture de forage en tours par minute. La colonne C donne le débit de fluide de forage injecté dans puits, en litre/minute. La colonne D représente le débit des déblais pendant l'opération de forage.

On remarque que le débit de déblais diminue lentement pendant la phase de forage référencée 40,

mais que les deux aller et retour 41 et 42 de la garniture sur environ 30 mètres permettent de faire remonter une quantité importante de déblais.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour mesurer le débit de déblais d'un forage remontés à la surface par l'intermédiaire d'un fluide de forage, ledit dispositif comportant des moyens pour recueillir (11 à 15) lesdits déblais, des moyens de mesure en continu du poids des déblais recueillis, caractérisé en ce que les moyens pour recueillir les déblais comportent un réceptacle en forme de godet (16) pivotant sur un axe (18) et des moyens de basculement (20) dudit réceptacle de façon à vidanger ledit godet, et en ce que les moyens de mesure comportent une cellule de mesure (24) liée aux dits moyens de basculement pour mesurer une contrainte sensiblement proportionnelle au poids des déblais recueillis.

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel lesdits moyens de basculement comportent un arbre (18) rotatif sur deux paliers (19), un vérin pneumatique (21) lié audit arbre, et une pièce de liaison (25) dudit vérin avec un bâti fixe (20).

3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel ladite cellule de mesure (24) est disposée sur ladite pièce de liaison (25).

4. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel ladite cellule mesure une contrainte de flexion de ladite pièce de liaison, ladite contrainte étant sensiblement proportionnelle au poids des déblais recueilli.

5. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel lesdits moyens de basculement comprennent

*rB

des composants pneumatiques de logique de commande (27,28,29) des séquences de fonctionnement desdits moyens de basculement.

6. Méthode de mesure du débit de déblais de forage remontés à la surface par l'intermédiaire d'un fluide de forage dans laquelle on effectue les étapes suivantes :

a) on recueille les déblais en continu pendant une durée déterminée dans un réceptacle (16),

b) on pèse en continu lesdits déblais accumulés pendant ladite durée,

c) on vidange ledit réceptacle à la fin de ladite durée,

d) on répète les opérations a) et b),

e) on cumule les poids des déblais par des moyens de traitement de la mesure,

f) on effectue un calcul du débit de déblais,

g) on traite la mesure de débit des déblais pour calculer et/ou enregistrer au moins un des paramètres suivants : le débit des déblais en fonction du temps, le rapport du débit des déblais sur la vitesse d'avancement, le rapport du débit mesuré des déblais sur le débit théorique de déblais forés, la différence entre le débit mesuré des déblais et le débit théorique de déblais foré.

7. Méthode de mesure selon la revendication 6, dans laquelle on utilise le débit massique pour calculer lesdits paramètres.

8. Méthode selon la revendication 6, dans laquelle on mesure la densité des déblais recueillis.

9. Méthode selon la revendication 6, dans laquelle on mesure la densité des déblais secs, c'est à dire après élimination du fluide de forage.

10. Méthode selon la revendication 8, dans laquelle on utilise pour calculer lesdits paramètres le débit volumique utilisant lesdites mesures de densité.

FIG.1

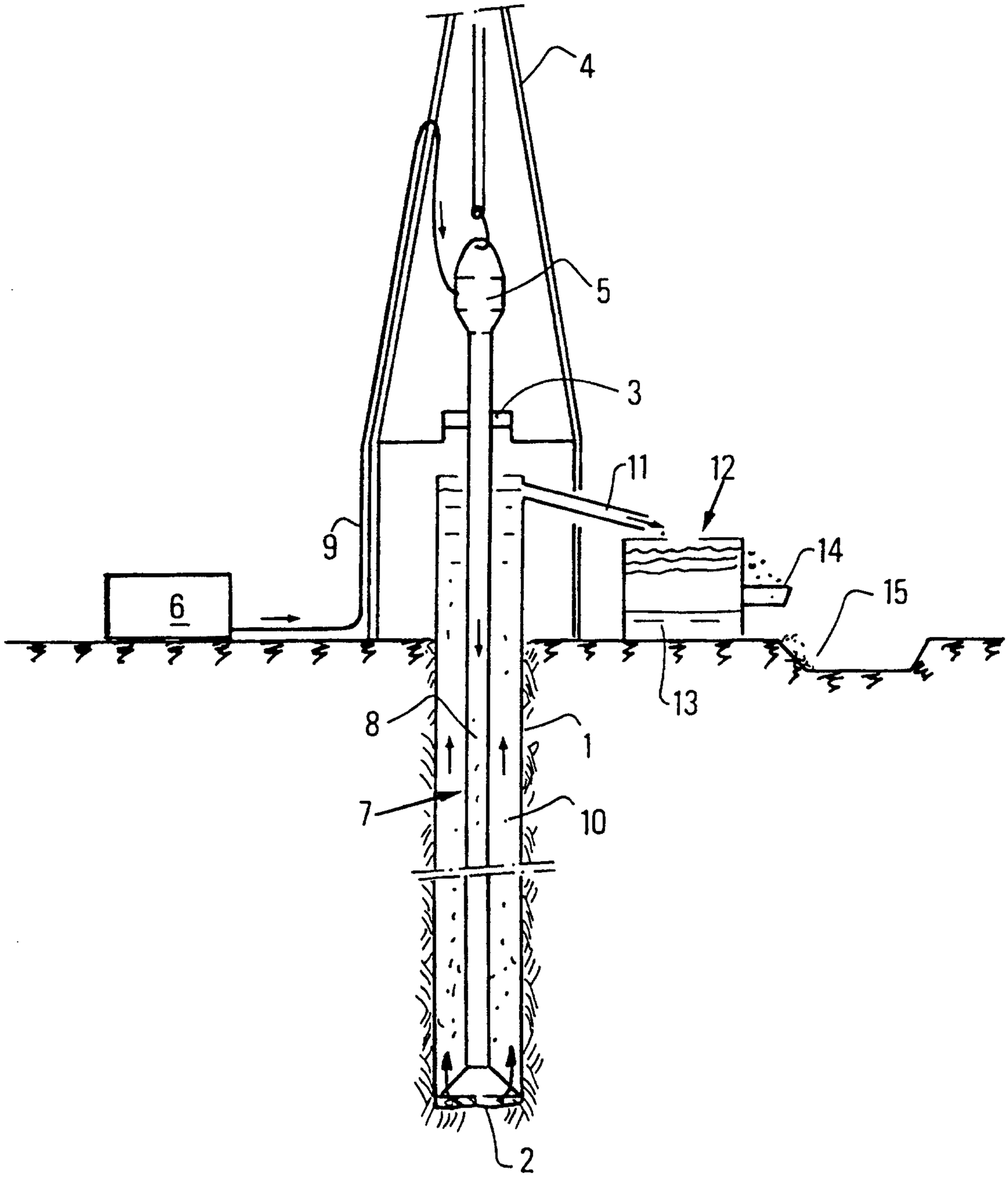


FIG.2A

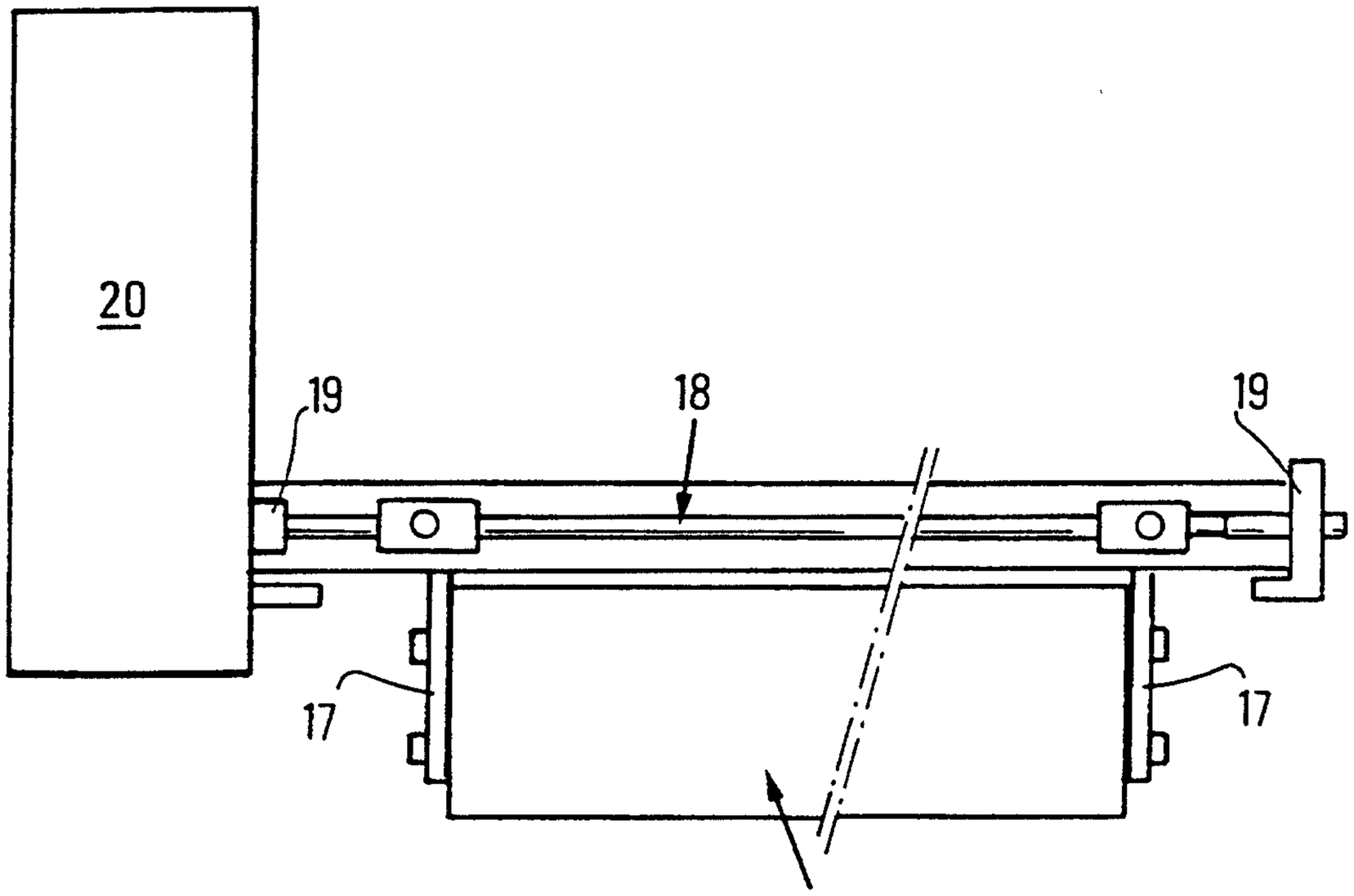


FIG.2B

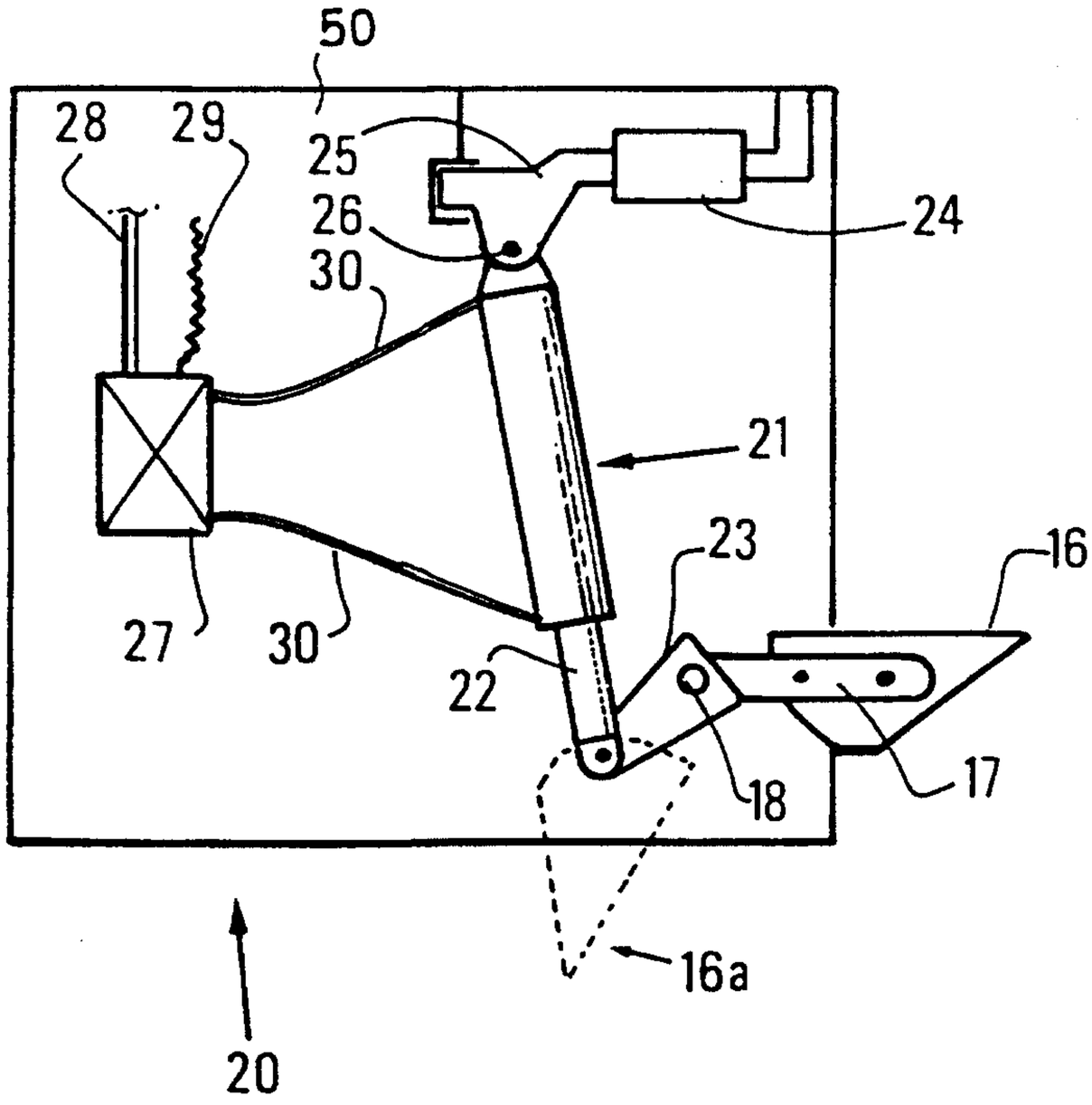


FIG.3

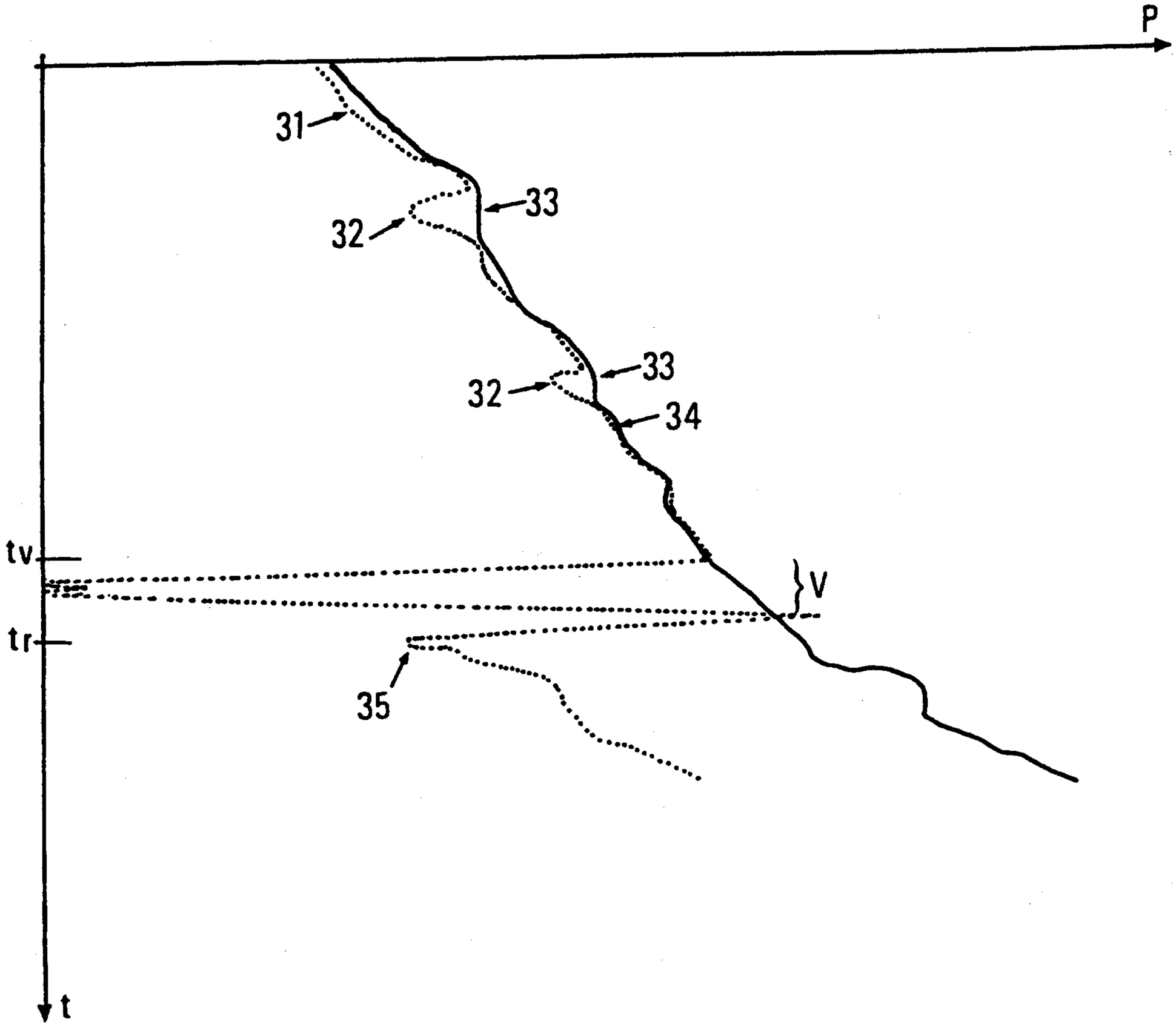
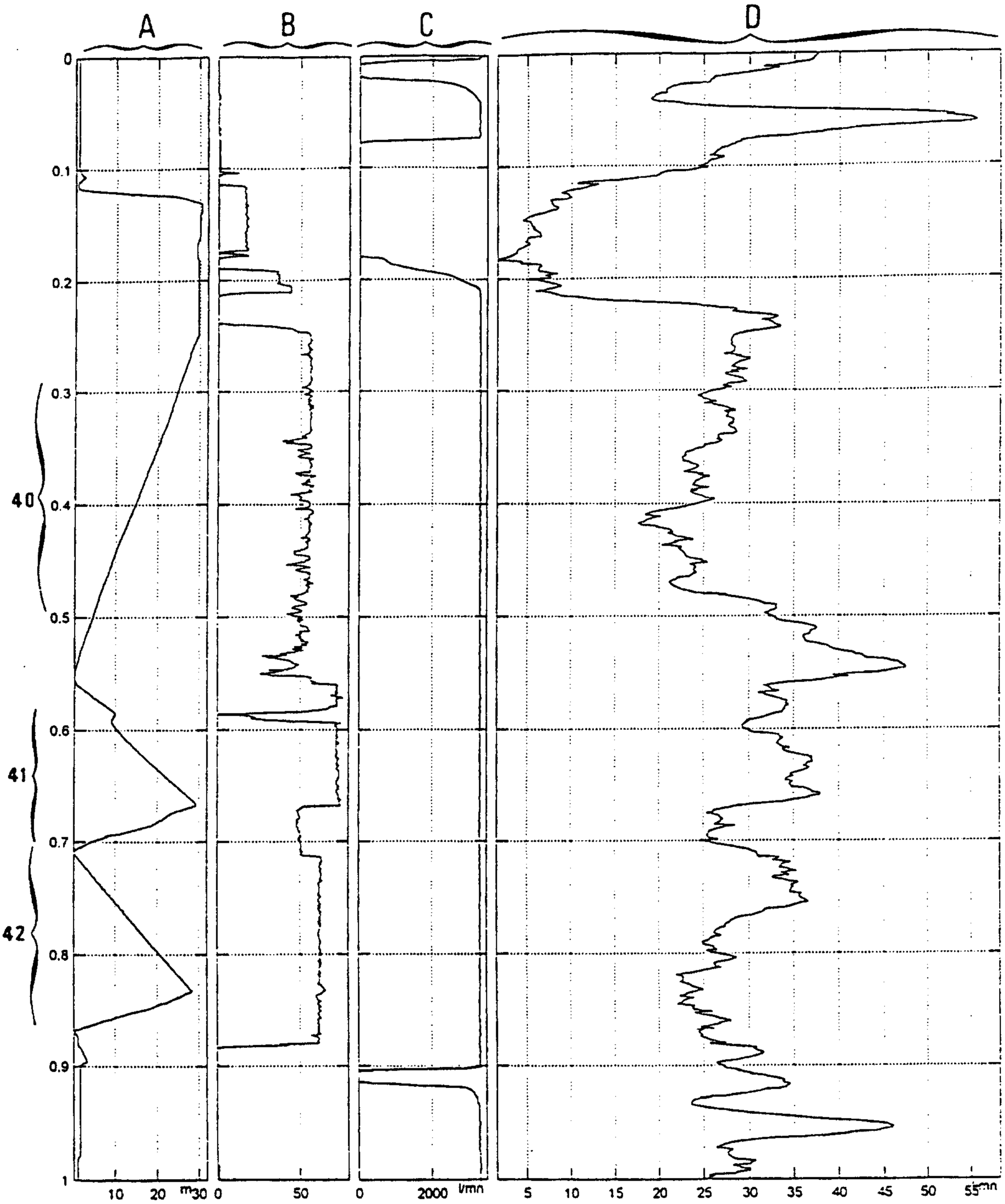


FIG.4


A
B
C
D
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
40
41
42
10
20
m3
0
50
0
2000
l/mn
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
mn