



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

Numéro de dépôt: **90122300.8**

Int. Cl.⁵: **E21B 49/00, E21B 47/10, G01N 15/08**

Date de dépôt: **15.05.87**

Cette demande a été déposée le 22 - 11 - 1990 comme demande divisionnaire de la demande mentionnée sous le code INID 60.

Demandeur: **SOLETANCHE**
6, rue de Watford
F-92005 Nanterre(FR)

Priorité: **15.05.86 FR 8606992**

Inventeur: **Evers, Gérard**
12, rue du Chêne
F-78121 Crespières(FR)
Inventeur: **Hamelin, Jean-Pierre**
22, rue Escudier
F-92100 Boulogne(FR)

Date de publication de la demande:
29.05.91 Bulletin 91/22

Numéro de publication de la demande initiale en application de l'article 76 CBE : **0 250 279**

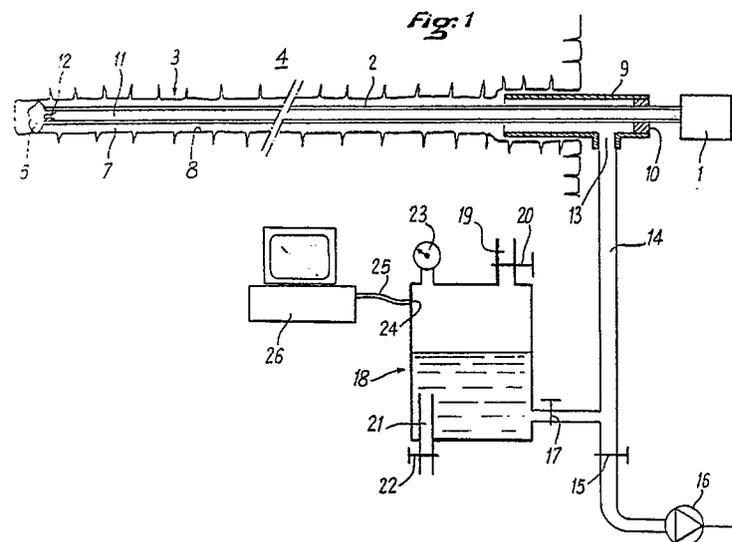
Etats contractants désignés:
AT BE DE ES FR GB IT

Mandataire: **Nony, Michel et al**
Cabinet NONY & CIE, 29, rue Cambacérès
F-75008 Paris(FR)

Procédé pour la mesure de la perméabilité d'un terrain.

Procédé pour la mesure de la perméabilité d'une tranche homogène d'un terrain.

Il se caractérise par le fait que, dans une première étape, on effectue un forage dans ledit terrain jusqu'au début de ladite tranche homogène, et l'on provoque dans ledit forage un écoulement de liquide en relevant, en tête de forage, la variation du débit en fonction de la pression, que, dans une deuxième étape, on poursuit ledit forage jusqu'à la fin de ladite tranche homogène, et l'on provoque un nouvel écoulement de liquide dans le forage, en relevant de nouveau, en tête de forage, la variation du débit en fonction de la pression, et que l'on déduit, des deux courbes ainsi obtenues, la perméabilité de ladite tranche de terrain.



PROCÉDÉ POUR LA MESURE DE LA PERMÉABILITÉ D'UN TERRAIN

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour la mesure de la perméabilité d'un terrain, suffisamment cohérent pour que l'on puisse y effectuer un forage sans soutènement de ses parois.

On rappellera tout d'abord que la perméabilité d'un terrain est définie à partir de la loi de Darcy, comme le rapport au gradient de pression, du débit traversant une tranche de ce terrain, de surface et
5 d'épaisseur unité.

La connaissance de la perméabilité d'un terrain est essentielle pour la réalisation de nombreux ouvrages de génie civil, et notamment à chaque fois que l'on souhaite imperméabiliser ce terrain à l'aide d'injections.

Ceci est le cas par exemple lorsque l'on souhaite réaliser un voile étanche sous l'assise d'un barrage.

10 On rencontre également ce problème lors du creusement à sec de tunnels. Dans ce dernier cas, on procède souvent à des injections en avant du front de taille pour étanchéifier la paroi de ce dernier.

Jusqu'à présent, pour connaître la perméabilité d'une tranche de terrain située à une distance comprise entre L et $L + l$ de la surface, on procède à un forage jusqu'à la distance $L + l$, on retire partiellement ou complètement le train de tiges, on équipe le forage avec des tiges d'injection d'eau munies d'un obturateur
15 que l'on positionne à la distance L , on injecte de l'eau sous une pression donnée en mesurant le débit correspondant, on extrait l'équipement d'essai, on remet en place le train de tiges de forage, et on procède au forage de la passe suivante. Un tel procédé est décrit dans le document US-A-3771360.

Une telle procédure ne peut pas être automatisée et exige beaucoup de temps pendant lequel l'outil de production, par exemple le tunnelier, est à l'arrêt. De ce fait, on limite souvent le nombre des essais un
20 strict minimum, ce qui conduit à une connaissance imparfaite de la perméabilité avec les risques ou inconvénients que cela comporte.

La présente invention vise à pallier ces inconvénients en fournissant un procédé et un dispositif pour la mesure de la perméabilité d'un terrain qui donnent des résultats en temps réel, qui soient faciles à mettre en oeuvre, qui ne nécessitent pas l'extraction du train de tiges à chaque passe, et qui puissent être
25 automatisés dans une large mesure.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé pour la mesure de la perméabilité d'une tranche homogène d'un terrain, caractérisé par le fait que, dans une première étape, on effectue un forage dans ledit terrain jusqu'au début de ladite tranche homogène, et on provoque dans ledit forage un écoulement de liquide en relevant, en tête du forage, la variation du débit en fonction de la pression, que, dans une
30 deuxième étape, on poursuit ledit forage jusqu'à la fin de ladite tranche homogène, et on provoque un nouvel écoulement de liquide dans le forage en relevant de nouveau, en tête du forage, la variation du débit en fonction de la pression, et que l'on déduit des deux courbes ainsi obtenues la perméabilité de ladite tranche de terrain.

De préférence, après avoir effectué ledit forage jusqu'au début de la tranche homogène, et après avoir
35 poursuivi ledit forage jusqu'à la fin de la tranche homogène, on relie la tête du forage à un système d'acquisition de données et de contrôle de la pression ou du débit, et on provoque les écoulements de liquide à partir dudit système.

On verra ci-après que la courbe du débit Q_s en tête du forage en fonction de la pression P_s en tête de forage caractérise la perméabilité du terrain traversé par le forage.

40 Le débit Q_s peut être mesuré par tout moyen convenable tel qu'un débitmètre placé en tête du forage, mais on peut aussi le déduire de la variation en fonction du temps, de la pression dans un réservoir pressurisé relié à la tête du forage.

On entend ici par réservoir pressurisé, un réservoir étanche muni d'une arrivée de liquide et rempli partiellement de liquide et partiellement d'un fluide gazeux sous pression. Par ailleurs, lorsqu'il est question
45 d'un écoulement de liquide "à partir" de ce réservoir, ceci peut aussi bien correspondre à une arrivée de liquide dans le réservoir, ce qui est le cas d'un pompage avec un débit positif, qu'une sortie du liquide vers le forage, ce qui est le cas de l'injection avec un débit négatif.

On comprend que, suivant la pression qui règne dans le réservoir, l'écoulement s'effectuera dans un sens ou dans l'autre de manière à tendre à équilibrer la pression dans le réservoir et dans le forage.

50 Par conséquent, dans le cas de l'utilisation d'un tel réservoir, on conçoit que, connaissant la quantité de gaz contenue dans le réservoir et sa pression, il est facile d'en déduire son volume et ainsi, le volume du liquide contenu dans ce même réservoir. Le débit volumique du liquide dans le réservoir n'est autre que la variation en fonction du temps de ce volume, sous réserve de l'hypothèse de l'incompressibilité du liquide qui peut, bien entendu, être admise dans le cas présent.

On peut donc ainsi mesurer la perméabilité du terrain en relevant uniquement la pression dans le

réservoir pressurisé en fonction du temps.

L'écoulement du liquide dans le forage s'effectue dans un sens ou dans l'autre en fonction de la pression en tête du forage. Il est donc possible de choisir ce sens d'écoulement, en particulier en fonction de la pression d'eau dans le terrain. Toutefois, les essais s'effectueront de préférence en pompage, de manière à éviter le colmatage de la paroi du forage qui se produit généralement en injection, et qui conduit à sous-estimer la perméabilité du terrain.

Dans le cas du pompage, c'est-à-dire lorsque l'on provoque l'écoulement du liquide du fond du forage vers la tête du forage, on peut avantageusement représenter la variation du débit en fonction de la pression en traçant la droite obtenue en portant les couples (Q_S, P_S) dans le plan

10

$$(W_S, \text{Arctg} \frac{Q_S}{SW_S}) \text{ avec :}$$

15

$$W_S = \sqrt{2 \frac{P_0 - P_S}{d_w} - v_S^2} \quad \text{et}$$

$$Q_S = s v_S$$

20

P_0 étant la pression de la nappe d'eau au niveau où est effectuée la mesure, d_w étant la densité de l'eau, s étant la section libre en tête du forage, et S la section libre du forage.

Lorsqu'au contraire on provoque l'écoulement du liquide de la tête du forage vers le fond du forage, on représente avantageusement la variation du débit en fonction de la pression en traçant la droite obtenue en portant les couples

30

$$(Q_S, P_S) \text{ dans le plan } (W_S, \text{Argth} \frac{|Q_S|}{SW_S}) \text{ avec :}$$

35

$$W_S = \sqrt{2 \frac{P_S - P_0}{d_w} + v_S^2} \quad \text{et}$$

$$Q_S = s v_S$$

40

En toute rigueur, la courbe ainsi obtenue n'est une droite que sous les hypothèses suivantes, généralement admises en matière d'interprétation d'essais d'eau :

- 45 - L'eau est supposée incompressible et de densité d_w .
- L'écoulement autour du forage entraîne uniquement un drainage radial, c'est-à-dire perpendiculaire à l'axe du forage, et vérifie la loi de Darcy. On remarquera que le fait de supposer le drainage radial revient à négliger les cheminements d'eau qui ont lieu à partir du fond du forage, ce qui conduit, dans le cas d'un pompage, à sous-estimer très légèrement le débit.
- 50 - Les rayons d'actions R du drainage sont suffisamment faibles par rapport à la profondeur à laquelle est effectuée la mesure pour que la pression de l'eau à la distance R du forage soit indépendante de la direction dans laquelle on la mesure.
- Les lignes de courant dans le forage sont toutes parallèles à l'axe du forage et la vitesse de l'écoulement dans chaque section est uniforme et égale à V_z . La pression correspondante P_z est également uniforme dans toute la section du forage. Cette hypothèse conduit toujours dans le cas du pompage, à surestimer les débits. En particulier, l'aspect laminaire de l'écoulement dans le forage est négligé, le liquide étant supposé non visqueux.
- 55 - L'écoulement dans le terrain et dans le forage est supposé quasi permanent. Autrement dit, aucune des

grandeurs physiques concernées ne dépend du temps.

De toutes manières, un calibrage des appareils utilisés permet de corriger les résultats obtenus lorsque les hypothèses ci-dessus ne sont pas admissibles.

De même, ce qui précède suppose un écoulement dans le forage sans perte de charge. Un étalonnage est en outre également nécessaire dans le cas d'un forage incliné ou vertical.

Dans le cas où les hypothèses ci-dessus sont satisfaites, on "soustrait" la droite obtenue lors de la première étape de la droite obtenue lors de la deuxième étape, c'est-à-dire que l'on construit la droite dont chaque point a une ordonnée égale à la différence des ordonnées correspondantes des deux premières droites.

On mesure alors la pente de la droite obtenue et on déduit la perméabilité du terrain de ladite pente, dans le cas le plus simple en multipliant cette pente par une constante.

Si l'on néglige la viscosité du liquide, cette constante est, sous réserve d'étalonnage, égale à :

$$\omega = \frac{S \ln (R/r_o)}{\pi} \frac{g}{l}$$

où R est le rayon d'action de l'écoulement dans le terrain, r_o est le rayon du forage, g est l'attraction de la pesanteur, et l est l'épaisseur de la tranche de terrain dans laquelle on mesure la perméabilité.

En fait, ce qui précède peut s'écrire :

$$\omega l = p$$

où p est la pente de la droite, et

$$\omega = \frac{\pi}{S \ln(R/r_o)} \frac{k}{g}$$

k étant la perméabilité cherchée.

Dans le cas où la viscosité du liquide ne pourra être négligée, on procèdera de façon similaire en remplaçant ω par :

$$\omega = \frac{l}{2 \nu + \frac{S}{\pi} \ln (R/r_o) \frac{g}{k}}$$

où ν est la viscosité cinématique du fluide.

La présente invention a également pour objet un dispositif pour la mesure de la perméabilité d'un terrain, caractérisé par le fait qu'il comprend un appareil de forage comportant un train de tiges supportant à son extrémité un outil de forage pour réaliser un forage délimitant un espace annulaire entre le train de tiges et la paroi du forage, un système de contrôle de débit ou de pression, un conduit permettant de mettre en communication l'espace annulaire et ledit système, des moyens pour mesurer au moins la pression ou le débit en tête du forage et un calculateur électronique agencé pour recevoir en entrée les signaux issus desdits moyens de mesure et pour en déduire la perméabilité du terrain.

Le procédé décrit ci-dessus peut donc être mis en oeuvre avec ce dispositif sans qu'il soit nécessaire de retirer le train de tiges, l'écoulement de liquide s'effectuant vers la tête du forage dans l'espace annulaire formé entre le train de tiges et la paroi du forage. On peut donc procéder pas à pas, et effectuer par exemple une mesure lors de chaque ajout de tige au train de tiges, et donc sans aucune perte de temps.

Le dispositif peut en outre comprendre un avant-tube d'ancrage scellé au terrain et concentrique audit train de tiges, pour reprendre la poussée hydrostatique du liquide.

Un presse-étoupe gonflable peut être prévu entre le train de tiges et l'avant-tube d'ancrage, ce presse-étoupe étant dégonflé pendant le forage et gonflé pendant les mesures.

Un clapet anti-retour est de préférence prévu à l'extrémité du train de tiges, de manière à pouvoir injecter un liquide de forage par l'intérieur du train de tiges pendant le forage.

Ledit système de contrôle peut comprendre, dans un premier mode de réalisation un réservoir pressurisé pouvant comporter une vanne de mise à l'air libre et une vanne de vidange, cette dernière étant de préférence à niveau réglable.

Dans un second mode de réalisation, le système de contrôle comprend une vanne asservie sur la pression ou le débit mesuré en tête de forage.

Il est alors possible d'asservir la vanne soit de façon à simuler le premier mode de réalisation, soit de façon à obtenir toute variation souhaitée du débit ou de la pression. On peut alors être amené à ajouter au système une pompe d'injection éventuellement régulée.

Le dispositif peut en outre également comprendre un ensemble de mesure des paramètres de forage permettant de déterminer automatiquement les tranches homogènes de terrain pour chacune desquelles un essai de perméabilité doit être réalisé.

On décrira maintenant un mode de réalisation particulier de l'invention en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un dispositif selon un premier mode de réalisation de l'invention,
- la figure 2 est une représentation schématique d'un dispositif selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.
- la figure 3 est un diagramme d'un forage effectué conformément à l'invention,
- la figure 4 représente un tracé de courbes conforme à un procédé selon l'invention, et
- les figures 5a à 5h sont des courbes de pression en fonction du débit obtenues avec le dispositif selon le deuxième mode de réalisation, pour différents types d'écoulements.

Le dispositif de la figure 1 comporte un appareil de forage schématisé en 1 susceptible d'entraîner un train de tiges 2 pour réaliser un forage 3 dans un terrain 4 dont on souhaite connaître la perméabilité aux différents points du forage.

La tige 2 porte à son extrémité un outil de forage 5 d'un diamètre supérieur à celui de la tige de manière à former un espace annulaire 7 entre la paroi 8 du forage et la tige 2. La pression hydrostatique, qui s'exerce lors de l'essai, en tête de forage, est reprise par un avant-tube d'ancrage 9 scellé au terrain 4 et concentrique au train de tiges 2.

Le train de tiges 2 traverse l'avant-tube 9 à sa partie postérieure par l'intermédiaire d'un joint 10 constitué par exemple par un presse-étoupe hydraulique.

Le train de tige 2 forme un conduit intérieur 11 pour le passage d'un fluide de forage, et un clapet anti-retour 12 à l'extrémité du train de tiges permet, lors des mesures, d'éviter un écoulement inverse.

Un trou 13 est percé dans l'avant-tube 9 pour permettre de relier l'espace annulaire 7 à un conduit d'évacuation 14 qui, pendant le forage, est relié, par l'intermédiaire d'une vanne ouverte 15, à une pompe 16. La pompe 16 permet de créer une dépression dans l'avant-tube 9 permettant de forer avec le presse-étoupe 10 dégonflé.

Le conduit 14 est par ailleurs relié par l'intermédiaire d'une vanne 17, à la partie inférieure d'un réservoir étanche 18. Le réservoir 18 comprend également à sa partie supérieure un évent 19 susceptible d'être fermé par une vanne 20 et, à sa partie inférieure, un conduit de vidange 21 fermé par une vanne 22. Le conduit 21 est réglable en hauteur de manière à régler le niveau de vidange.

Le réservoir 18 est équipé à sa partie supérieure d'un manomètre visuel 23 et d'un capteur de pression 24 dont le signal de sortie est appliqué par l'intermédiaire d'une ligne 25 à un calculateur 26.

La figure 3 est similaire à la figure 1, mais par souci de simplification, on n'a pas représenté l'appareil de forage et le train de tiges. Par contre, on a montré une zone imperméable 27 qui peut correspondre soit à la zone imperméable de l'avant-tube, soit à une zone de terrain imperméable naturellement ou imperméabilisée lors d'une phase antérieure.

Le dispositif qui vient d'être décrit est utilisé de la manière suivante.

Le forage s'effectue par passes ou tranches de terrain successives, une mesure étant effectuée entre chaque passe.

Au début de chaque passe, la vanne 17 étant fermée, on ouvre les vannes 20 et 22 de manière à vidanger le réservoir 18. Le conduit 21 est réglé de manière qu'après la vidange le réservoir contienne une quantité d'air telle que, au cours de l'essai qui suivra, la pression varie de manière significative dans le temps souhaité pour la durée de l'essai.

A la fin de chaque passe, par exemple de la passe n à la figure 3, l'appareil de forage 1 est arrêté ainsi que la pompe 16, le presse-étoupe 10 est gonflé, la vanne 15 est fermée de même que les vannes 20 et 22, et la vanne 17 est ouverte.

Si la pression dans le réservoir 18 est inférieure à la pression P_0 de la nappe d'eau dans le terrain 4, l'eau commence alors à s'écouler dans le forage, et de la tête du forage vers le réservoir 18 dans lequel le

niveau de liquide monte.

La figure 3 montre le drainage radial qui s'effectue dans le terrain 4 entre les plans de cotes z et z + dz. A ce niveau, l'eau qui filtre dans le terrain pénètre avec la vitesse u_z dans le forage en un point où la pression est égale à P_z et la vitesse d'écoulement axiale V_z .

5 Le calculateur 26 enregistre pour chaque passe, par l'intermédiaire du capteur de pression 24, l'évolution de la pression $P_S(n)$ dans le réservoir 18 en fonction du temps, et en déduit de façon évidente la courbe représentant le débit $Q_S^{(n)}$ en fonction de $P_S^{(n)}$.

Le calculateur 26 est programmé de manière à établir le diagramme de la figure 4 représentant la variation de Arctg

10

$$\frac{Q_S}{SW_S}$$

15

en fonction de W_S avec les définitions données ci-dessus de Q_S et W_S .

On peut alors montrer que, sous réserve des hypothèses énoncées ci-dessus, et notamment de la non viscosité de l'eau, ces courbes sont des droites passant par l'origine des axes.

On peut également montrer que :

20

$$\omega^{(n)} l^{(n)} = \frac{l}{W_S^{(n)}} \operatorname{Arctg} \frac{Q_S^{(n)}}{SW_S^{(n)}} - \frac{l}{W_S^{(n-1)}} \operatorname{Arctg} \frac{Q_S^{(n-1)}}{SW_S^{(n-1)}}$$

25

où l est la longueur de la passe n, où les exposant (n) indiquent que les quantités se rapportent à la passe n, et où les exposants (n-1) indiquent que les quantités se rapportent à la passe n-1.

On peut également montrer que pour la première passe :

30

$$\omega^{(1)} l^{(1)} = \frac{l}{W_S^{(1)}} \operatorname{Arctg} \frac{Q_S^{(1)}}{SQ_S^{(1)}}$$

35

On en déduit que la droite correspondante à la première passe a pour pente $w^{(1)} l^{(1)}$ et que, pour l'étape n, la droite 30 obtenue par différence entre les ordonnées de la droite construite à l'étape n et les ordonnées de la droite construites à l'étape n-1 a pour pente $w^{(n)} l^{(n)}$.

40

Le calculateur 26 déduit alors la perméabilité de la tranche correspondante à l'étape n de la formule suivante :

45

$$k^{(n)} = \frac{S \ln (R_z^{(n)} / r_o)}{\pi} g \omega^{(n)}$$

L'invention permet par conséquent de déterminer pas à pas la perméabilité du terrain traversé par le forage 7.

50 Si l'on se réfère maintenant à la figure 2 on voit que les mêmes éléments que ceux de la figure 1 ont reçu les mêmes références.

Dans ce cas toutefois le conduit 14 est relié à la pompe 16 par l'intermédiaire d'un débitmètre 40, d'un capteur de pression 41, et d'une vanne asservie 42. Les données captées par le débitmètre 40 et le capteur de pression 41 sont transmises au calculateur 26 qui à son tour commande la vanne 42.

55

On a en outre représenté sur la figure 2 un ensemble 43 de mesure des paramètres de forage qui, pendant les phases de forage, transmettent au calculateur 26 les données telles que la vitesse de rotation du train du tige, la réaction exercée sur ce dernier et la vitesse d'avancement.

Le calculateur 26 peut être programmé pour déterminer automatiquement les tranches homogènes de terrain et par conséquent les emplacements où une nouvelle mesure de perméabilité doit être effectuée.

Le calculateur 26 peut par exemple commander la vanne 42 de manière à simuler l'essai réalisé avec le dispositif de la figure 1.

5 Il est également possible, grâce à la vanne asservie 42, d'effectuer des essais complets incluant des paliers de débit ou de pression. L'asservissement est alors destiné à faire varier dans un cas le débit pour obtenir une pression donnée, ou la pression pour obtenir un débit donné. Les paliers de débit ou de pression permettent donc d'obtenir des valeurs de Q_S et P_S stabilisées et d'éliminer ainsi les phénomènes transitoires de l'écoulement.

10 Quel que soit le programme utilisé, les valeurs de Q_S et P_S sont exploitées comme décrit précédemment en référence aux figures 3 et 4.

Il est également possible de programmer l'asservissement de manière à former un cycle, ce qui permet, outre la détermination de la perméabilité du terrain, l'analyse des phénomènes de colmatage et décolmatage du terrain ou de la nature laminaire ou turbulente de l'écoulement.

15 La figure 5a représente la courbe $P_S = f(Q_S)$ obtenue pour un écoulement laminaire sans colmatage.

Au contraire, les figures 5b et 5c montrent des courbes caractéristiques d'un écoulement laminaire avec respectivement colmatage à haute pression et décolmatage.

20 La courbe de la figure 5d est obtenue dans un terrain présentant des caractéristiques de colmatage à basse pression tandis que la figure 5e est obtenue avec un terrain présentant des caractéristiques de colmatage à basse pression et également à haute pression.

La figure 5f représente un colmatage à basse pression et un décolmatage à haute pression.

La figure 5g est caractéristique d'un écoulement turbulent et enfin la figure 5h représente un décolmatage progressif.

25 Diverses variantes et modifications peuvent bien entendu être apportées à la description qui précède sans sortir pour autant du cadre ni de l'esprit de l'invention.

Revendications

30 1. Procédé pour la mesure de la perméabilité d'une tranche homogène d'un terrain, caractérisé par le fait que, dans une première étape, on effectue un forage dans ledit terrain jusqu'au début de ladite tranche homogène, et l'on provoque dans ledit forage un écoulement de liquide en relevant, en tête de forage, la variation du débit en fonction de la pression, que, dans une deuxième étape, on poursuit ledit forage jusqu'à la fin de ladite tranche homogène, et l'on provoque un nouvel écoulement de liquide dans le forage, en relevant de nouveau, en tête de forage, la variation du débit en fonction de la pression, et que l'on déduit, des deux courbes ainsi obtenues, la perméabilité de ladite tranche de terrain.

35 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'après avoir effectué ledit forage jusqu'au début de la tranche homogène, et après avoir poursuivi ledit forage jusqu'à la fin de la tranche homogène, on relie la tête du forage à un système d'acquisition et de contrôle de la pression ou du débit et on provoque les écoulements de liquidité à partir dudit système.

40 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que l'on déduit ledit débit en tête du forage de la variation, en fonction du temps, de la pression dans un réservoir pressurisé relié à la tête du forage.

45 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que l'on provoque l'écoulement du liquide du fond du forage vers la tête du forage, et que, pour relever la variation du débit en fonction de la pression, on trace une droite en portant les couples

50 (Q_S, P_S) dans le plan $(W_S, \text{Arctg } \frac{Q_S}{SW_S})$ avec :

55
$$W_S = \sqrt{2 \frac{P_0 - P_S}{d_w} - v_S^2} \quad \text{et}$$

$$Q_S = s v_S$$

P_0 étant la pression de la nappe d'eau au niveau où est effectuée la mesure, d_w étant la densité de l'eau, s étant la section libre en tête du forage, et S la section libre du forage.

5 Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que l'on provoque l'écoulement du liquide de la tête du forage vers le fond du forage, et que pour relever la variation du débit en fonction de la pression, on trace une droite en portant les couples (Q_S, P_S) dans le plan

10

avec :

$$(W_S, \operatorname{Argth} \frac{|Q_S|}{SW_S})$$

15

$$W_S = \sqrt{2 \frac{P_S - P_0}{d_w} + v_S^2} \quad \text{et}$$

$$Q_S = s v_S$$

20 P_0 étant la pression de la nappe d'eau au niveau où est effectuée la mesure, d_w étant la densité de l'eau, s étant la section libre en tête du forage, et S la section libre du forage.

6. Procédé selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé par le fait que l'on soustrait la droite obtenue lors de la première étape de la droite obtenue lors de la deuxième étape.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé par le fait que l'on mesure la pente de la droite ainsi obtenue et que l'on déduit la perméabilité de ladite pente.

25 8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé par le fait que l'on déduit la perméabilité de ladite pente par multiplication par une constante.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé par le fait que ladite constante est :

30

$$\frac{S \ln (R/r_0)}{\pi} \frac{g}{l}$$

35 où R est le rayon d'action de l'écoulement dans le terrain, r_0 est le rayon du forage, g est l'attraction de la pesanteur, et l est l'épaisseur de la tranche de terrain dans laquelle on mesure la perméabilité.

40

45

50

55

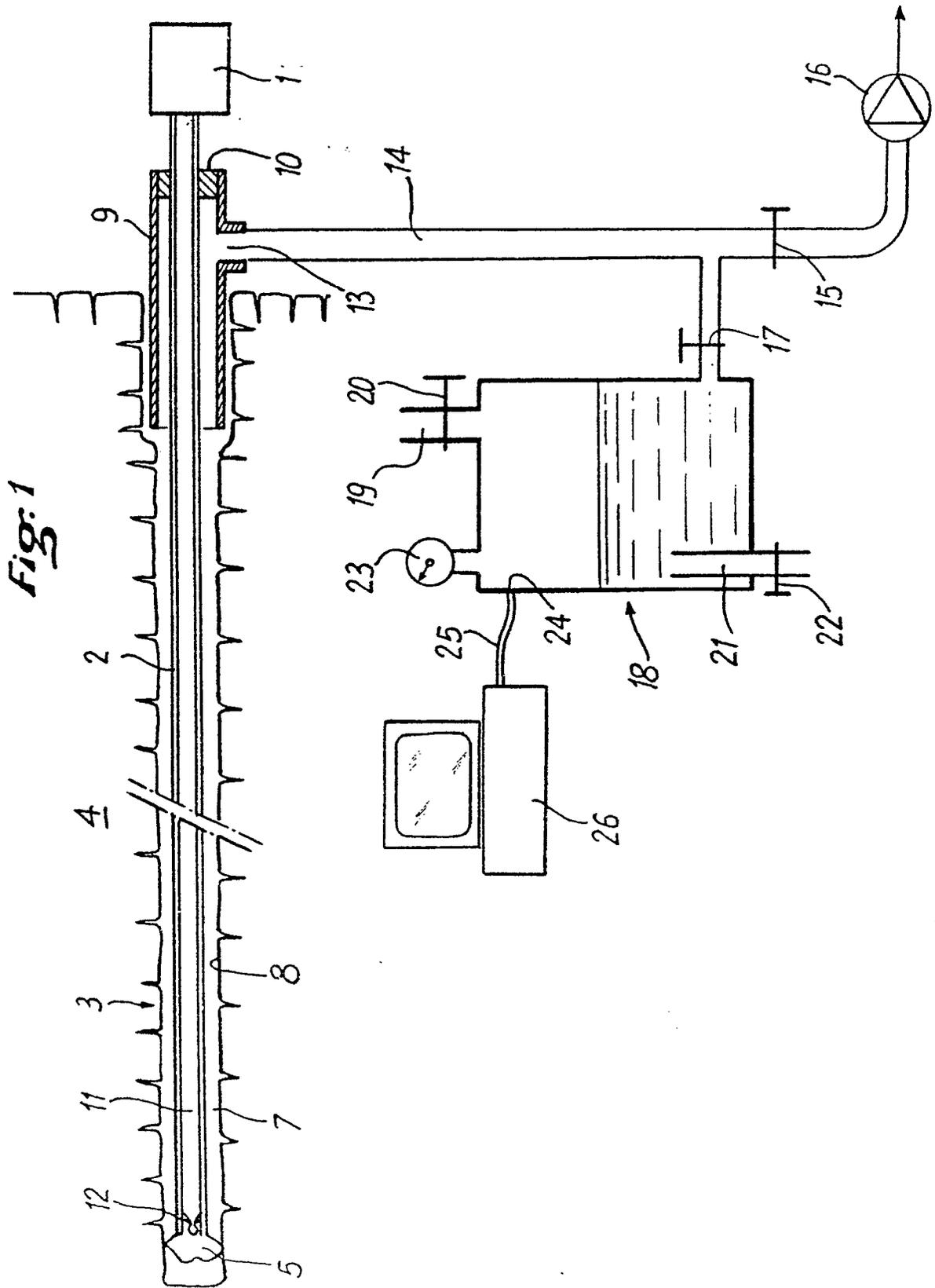
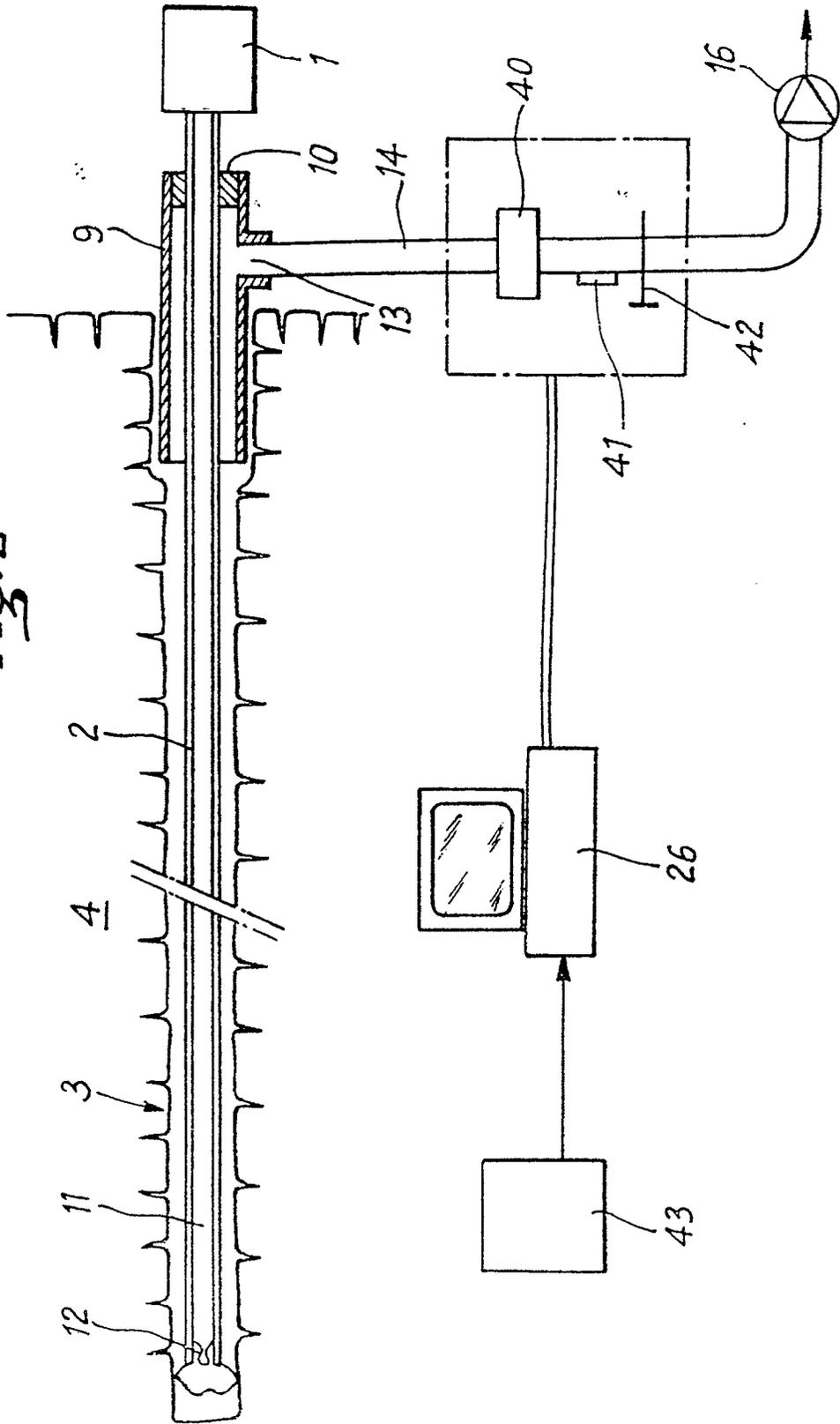


Fig. 2



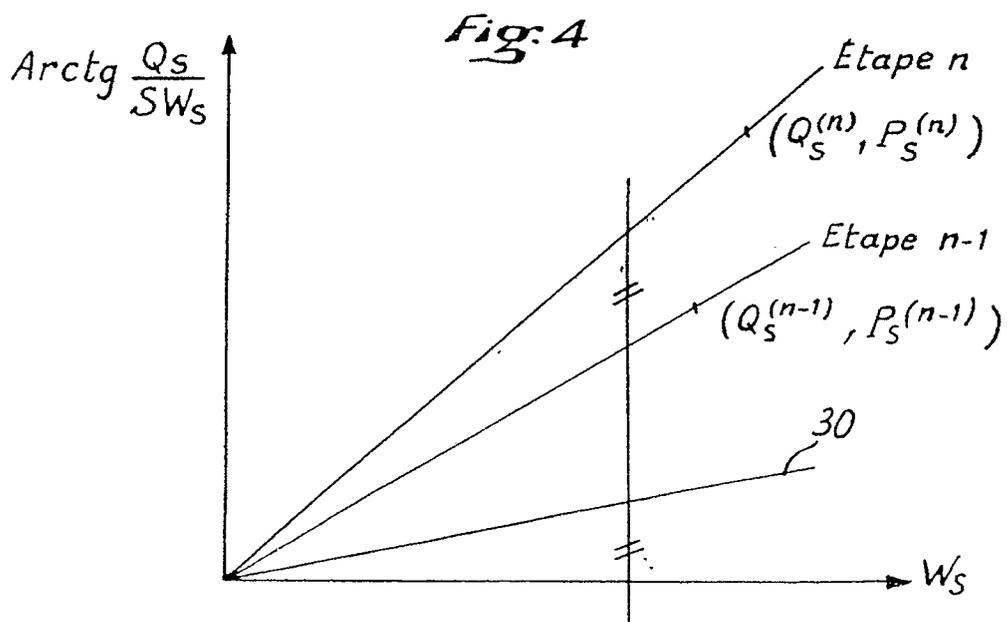
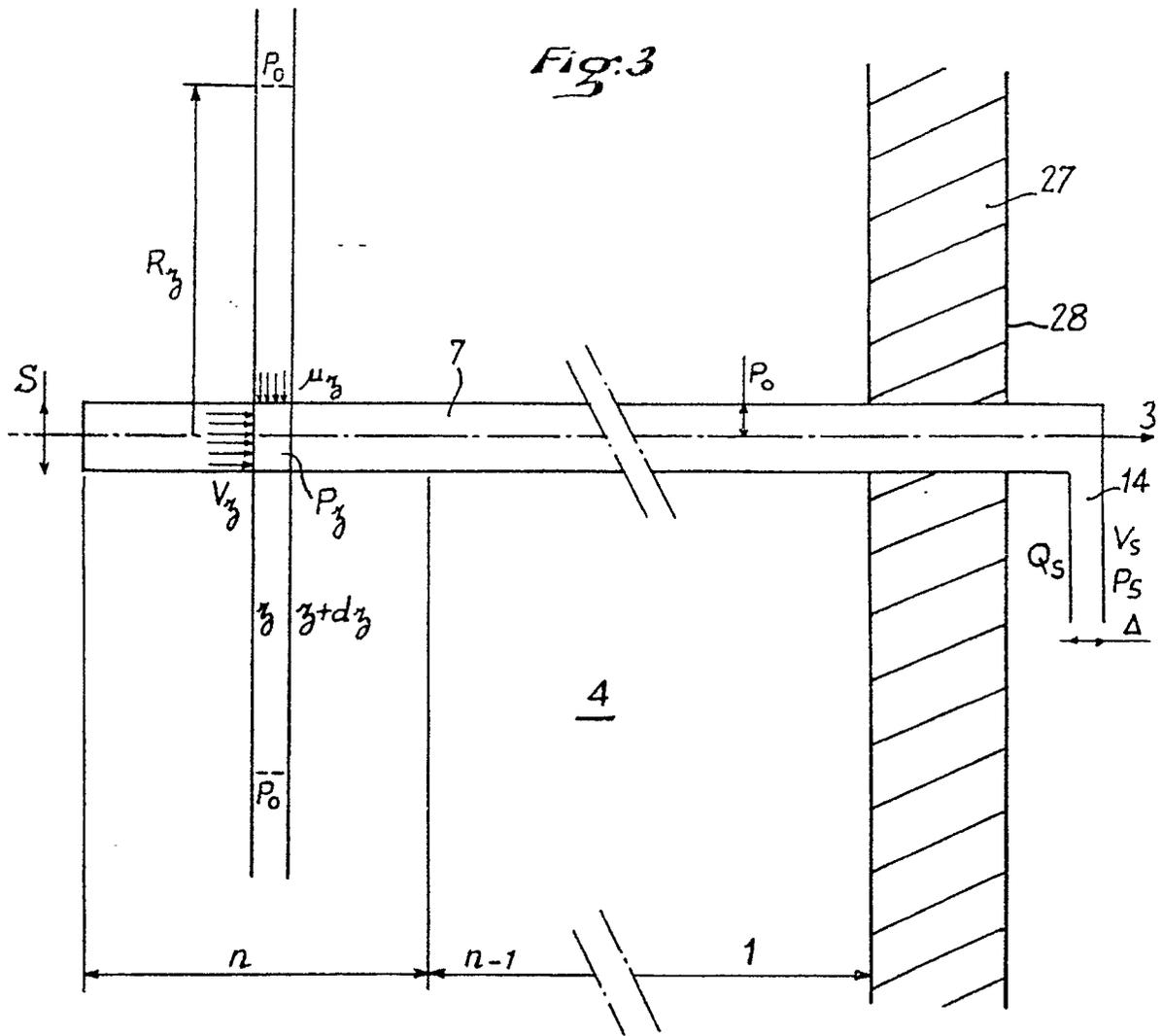


Fig. 5a

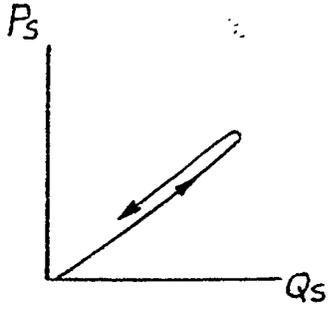


Fig. 5b

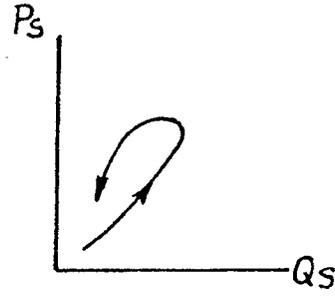


Fig. 5c

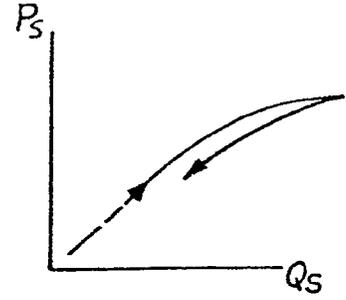


Fig. 5d

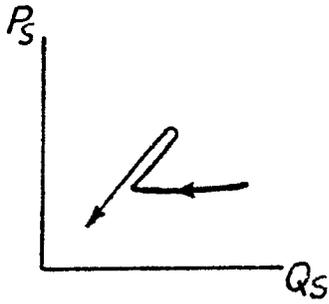


Fig. 5e

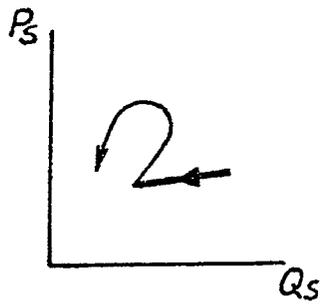


Fig. 5f

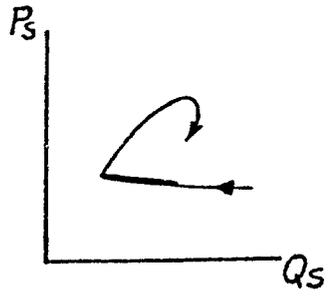


Fig. 5g

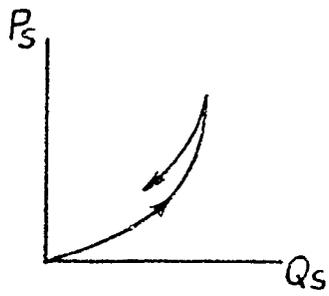
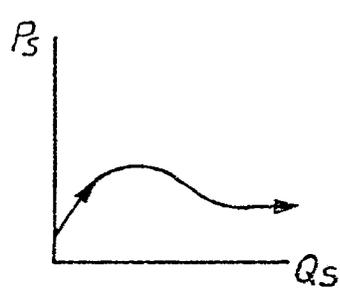


Fig. 5h





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
Y	DE-A-3 309 031 (TURKMENSKIJ NAUCHNO- ISSLEDOVATELSKIJ) * Résumé * - - -	1	E 21 B 49/00 E 21 B 47/10 G 01 N 15/08
Y	FR-A-2 434 923 (SCHLUMBERGER) * Revendication 1 * - - -	1	
A	EP-A-0 176 410 (SCHLUMBERGER) * Résumé * - - -	1-3	
A,D	US-A-3 771 360 (PRATS) * Résumé * - - -	1-3	
A	US-A-4 192 182 (SYLVESTER) * Colonne 3, lignes 7-15; résumé * - - -	1-3	
A	FR-A-2 576 415 (B.R.G.M.) * Résumé * - - -	1-3	
A	FR-A-2 585 404 (FLOPETROL) * En entier * - - -	1-3	
A	US-A-4 531 403 (DE KOROMPAY) * En entier * - - -	1-3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
A	US-A-4 597 290 (BOURDET) * En entier * - - -	1-3	E 21 B G 01 N E 02 D
A	US-A-3 604 256 (PRATS) * En entier * - - -	1-3	
A	US-A-4 328 705 (GRINGARTEN) * En entier * - - - - -	1-3	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 17 décembre 90	Examineur SOGNO M.G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X: particulièrement pertinent à lui seul Y: particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention		E: document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D: cité dans la demande L: cité pour d'autres raisons &: membre de la même famille, document correspondant	